

GIULIANO FERREIRA PEREIRA

POTENCIAL DA MADEIRA DE *Eucalyptus badjensis* PARA PRODUÇÃO DE PAINÉIS AGLOMERADOS

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-graduação em Engenharia Florestal do Centro de Ciências Agroveterinárias, da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Florestal.

Orientadora: Prof. Dra. Polliana D'Angelo Rios

Coorientador: Prof. Dr. Alexsandro Bayestorff da Cunha

Coorientador: Prof. Dr. Ugo Leandro Belini

**LAGES, SC
2016**

Ficha catalográfica elaborada pelo autor, com
auxílio do programa de geração automática da
Biblioteca Setorial do CAV/UDESC

Pereira, Giuliano Ferreira
Potencial da madeira de *Eucalyptus badjensis*
para a produção de painéis aglomerados /
Giuliano Ferreira Pereira. Lages - 2016.
211 p.

Orientadora: Polliana D'angelo Rios
Co-orientadores: Alessandro Bayerstorff da Cunha, Ugo
Leandro Belini
Dissertação (Mestrado) - Universidade do Estado
de Santa Catarina, Centro de Ciências
Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Florestal, Lages, 2016.

1. Espécie não-convencional. 2. Teor de adesivo.
3. Mistura de espécies. I. D'angelo Rios, Polliana
. II. Bayerstorff da Cunha, Alessandro . III.
Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa
de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. IV. Título.

GIULIANO FERREIRA PEREIRA

**POTENCIAL DA MADEIRA DE *Eucalyptus badjensis*
PARA A PRODUÇÃO DE PAINÉIS AGLOMERADOS**

Dissertação apresentada ao curso de Mestrado em Engenharia Florestal do Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para a obtenção do grau de mestre em Engenharia Florestal.

Banca examinadora

Orientador: _____

Prof. Dra. Polliana D'angelo Rios
Universidade do Estado de Santa Catarina

Membro: _____

Prof. Dr. Rafael Farinassi Mendes
Universidade Federal de Lavras

Membro: _____

Prof. Dra. Amélia Guimarães Carvalho
Universidade do Estado de Santa Catarina

Lages-SC, 26/02/2016

Dedico

Com carinho e gratidão,
a minha mãe Maria de Fátima
e a minha namorada Maria Luiza.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me possibilitar alcançar mais uma etapa da minha vida, pela saúde e perseverança em buscar meus objetivos.

A minha mãe Maria de Fátima, por todo apoio e dedicação que tornaram possível a realização desse trabalho.

A minha namorada Maria Luiza Calomeno, pelo companheirismo, amor e dedicação em todos os momentos.

A todos os meus familiares, em especial a minha irmã Francielle.

A Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC pela oportunidade de aprimorar meus estudos em Tecnologia da Madeira.

À minha orientadora prof. Dra. Polliana D'angelo Rios por todos os ensinamentos, dicas e auxílio durante esse período.

Aos meus coorientadores Dr. Alexsandro Bayerstorff da Cunha e Dr. Ugo Leandro Belini por todo o auxílio durante a execução desse trabalho.

A Banca Examinadora, Dr. Rafael Farinassi Mendes, Dra. Amélia Guimarães Carvalho, Dra. Martha Andrea Brand pela disponibilidade de avaliação deste trabalho.

Aos docentes do PPGEF da UDESC pelo auxílio direto e indireto nesse trabalho principalmente ao Dr. Márcio Carlos Navroski, pelo auxílio durante as análises estatísticas.

Aos meus colegas do grupo de pesquisa de Tecnologia da Madeira do CAV – UDESC, em especial ao Willian, Helena, Daniella, Caio, Eliana, Morgana, Rodrigo, Ângela Maria, Camilla e Alana pelo auxílio e companheirismo.

As pessoas da JUCE pelos diversos momentos de companheirismo e ensinamentos que me ajudaram a ser uma pessoa melhor.

Aos meus amigos Rafael, Maicon e Luis Fernando, por todos os momentos de diversão e alegria que me proporcionaram.

Aos funcionários da Usinagem de madeira pelo auxílio em diversos momentos durante o período de realização desse trabalho.

As empresas Bonet e Klabin pelo fornecimento dos materiais que possibilitaram a realização desse trabalho.

A Secretaria de Educação (SED – SC) pela concessão de bolsa de estudos por meio do programa UNIEDU.

“A humildade é a chave que abre todas as portas”
São Francisco de Assis

RESUMO

PEREIRA, G. F. **Potencial da madeira de *Eucalyptus badjensis* para a produção de painéis de madeira aglomerada.** 2016. 211p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Lages, SC. 2016.

O presente estudo teve como objetivo avaliar o potencial da madeira de *Eucalyptus badjensis* para a produção de painéis de madeira aglomerada, bem como de sua mistura com a madeira de *Pinus* spp. e ainda comparar o efeito da utilizando diferentes teores do adesivo ureia-formaldeído (UF) nas propriedades dos painéis produzidos. Desse modo foram confeccionados painéis utilizando partículas de *E. badjensis* e de *Pinus* spp., bem como com a mistura das duas espécies em painéis de composição homogênea e painéis multicamada nas proporções 25%/50%/25 % utilizando os teores de 8%, 10% e 12% do adesivo ureia-formaldeído. Foram realizadas as análises de densidade aparente, razão de compactação, absorção de água e inchamento em espessura em 2 e 24h de imersão em água, taxa de não retorno em espessura (TNRE), modulo de elasticidade (MOE), modulo de ruptura (MOR), tração perpendicular à superfície (ligação interna) e arrancamento de parafuso com o objetivo de aprimorar a discussão dos resultados também foram realizadas análises químicas da madeira, da geometria de partículas e da densidade básica da madeira. Com o presente trabalho foi possível concluir que a madeira de *Eucalyptus badjensis* apresenta

potencial para a confecção de painéis do tipo aglomerado, uma vez que apresentou valores médios melhores ou iguais ao *Pinus spp.* em todas as propriedades analisadas, do mesmo modo foi observado que o aumento nos teores de adesivo ocasiona uma melhora nas propriedades dos painéis.

Palavras-chave: Espécie não-convencional, teor de adesivo, mistura de espécies.

ABSTRACT

PEREIRA, G. F. **Potential of *Eucalyptus badjensis* for the particleboard production.** 2016. 211p. Dissertation (MSc of Forestry Engineering) – Santa Catarina State University. Post Graduate Program in Forestry Engineering, Lages, SC, 2016.

This study aimed to evaluate the potential of *Eucalyptus badjensis* wood for the production of particleboard, as well as mixing it with the wood of *Pinus* spp. and further compare the effect of using different amounts of urea-formaldehyde adhesive (UF) on the properties of the produced panels. Thus particles were made using panels of *E. badjensis* and *Pinus* spp., As well as the mixture of two species in homogeneous composition and multilayer panels panels in proportions 25%/50%/25% using the levels of 8%, 10% and 12% of the urea formaldehyde adhesive. Were realized the analyzes of compression ratio, thickness swelling and water absorption in 2 and 24 hours of immersion in water, not return rate in thickness, modulus of elasticity (MOE) and modulus of rupture (MOR) , Traction perpendicular to the surface (Internalbond) and screw pullout , aiming to enhance discussion of the results were also conducted chemical analyzes of wood , particle geometry and basic wood density. With this study it was concluded that the *Eucalyptus badjensis* has the potential for making particleboards, as average values presented statistically better or equal to *Pinus* spp. all properties examined in

the same manner was observed that the increase in adhesive, content causes an improvement in the properties of the panels.

Keywords: Species unconventional, resin content, mixture of species.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Características da espécie <i>E. badjensis</i>	46
Figura 2. Indicação da ocorrência natural do <i>E. badjensis</i> no território australiano.....	47
Figura 3. Esquema representativo dos produtos compostos de madeira	50
Figura 4. Localização das indústrias de painéis de madeira reconstituída no Brasil.	51
Figura 5. Produção mundial de painéis de madeira reconstituída e m ⁻³	52
Figura 6. Evolução da produção nacional de painéis de madeira reconstituída	53
Figura 7. Processo produtivo de painéis de madeira aglomerada.	55
Figura 8. Principais configurações para os painéis de madeira aglomerada.....	58
Figura 9. Madeira de <i>E. badjensis</i> utilizada no estudo.	71
Figura 10. Localização dos municípios de coleta do material.....	72
Figura 11. Discos de madeira utilizados para a determinação da densidade básica	74
Figura 12. Método da balança hidrostática para determinação do volume	75
Figura 13. Tambor rotatório do tipo encoladeira utilizado no experimento.....	80
Figura 14. Etapa de prensagem dos painéis.	81
Figura 15. Layout utilizado na confecção para dos corpos de prova.....	83
Figura 16. Composição química da madeira de <i>E. badjensis</i> e de <i>Pinus</i> spp.....	87
Figura 17. Médias de densidade aparente para as diferentes composições de painel	102

Figura 18. Valores de densidade aparente para os diferentes teores de adesivo.....	103
Figura 19. Valores de razão de compactação para os diferentes teores de adesivo.....	104
Figura 20. Valores de razão de compactação para as diferentes composições de painel.	105
Figura 21. Médias de teor de umidade obtidas para os diferentes teores de adesivo.....	106
Figura 22. Médias obtidas de teor de umidade obtidas para as diferentes composições de painel.....	107
Figura 23. Análise de regressão para as variáveis AA2h e AA24h.....	109
Figura 24. Médias de absorção de água em 2 e 24 horas para as diferentes espécies.....	113
Figura 25. Médias de absorção de água em 2 e 24 horas para as diferentes composições de painel.....	115
Figura 26. Análise de regressão para os ensaio de inchamento em espessura em 2 e 24 horas.....	117
Figura 27. Médias de inchamento em espessura para as diferentes espécies.....	120
Figura 28. Médias de inchamento em espessura para as diferentes composições de painel	122
Figura 29. Análise de regressão para taxa de não retorno em espessura.	124
Figura 30. Médias de taxa de não retorno em espessura para as diferentes espécies.....	125
Figura 31. Médias de taxa de não retorno em espessura para as diferentes composições de painel.....	126
Figura 32. Análise de regressão para as variáveis MOE e MOR para os diferentes teores de adesivo.	128
Figura 33. Médias de MOE e MOR para as diferentes composições de painel.	131

Figura 34. Médias de MOE e MOR para as diferentes espécies.	132
Figura 35. Médias de MOE e MOR para as diferentes composições de painel	134
Figura 36. Análise de regressão para arrancamento de parafuso.....	136
Figura 37. Valores médios obtidos para as diferentes espécies utilizando diferentes teores de adesivo.	138
Figura 38. Médias de resistência ao arrancamento de parafuso para as diferentes composições e teores de adesivo.	139
Figura 39. Análise de regressão para os diferentes teores de adesivo para a variável resistência ao arrancamento de parafuso.....	140
Figura 40. Valores médios de resistência ao arrancamento de parafuso para as diferentes composições.....	141
Figura 41. Médias obtidas para o ensaio de arrancamento de parafuso (Topo).	143
Figura 42. Análise de regressão para o ensaio de tração perpendicular à superfície.	145
Figura 43. Médias de tração perpendicular à superfície para as diferentes espécies.....	147
Figura 44. Médias de tração perpendicular à superfície para as diferentes composições.	148

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Normas utilizadas para a realização das análises químicas	73
Tabela 2. Valores de densidade básica para <i>Pinus taeda</i> e <i>Pinus elliottii</i>	76
Tabela 3. Plano experimental para a confecção dos painéis de madeira aglomerada.	78
Tabela 4. Normas utilizadas na condução dos ensaios físicos e mecânicos	84
Tabela 5. Valores de holocelulose encontrados na literatura para o gênero <i>Eucalyptus</i>	88
Tabela 6. Valores de holocelulose encontrados na literatura para o gênero <i>Pinus</i>	89
Tabela 7. Valores de lignina encontrados na literatura para o gênero <i>Eucalyptus</i>	90
Tabela 8. Valores de lignina encontrados na literatura para o gênero <i>Pinus</i>	90
Tabela 9. Valores de extrativos totais encontrados na literatura para o gênero <i>Eucalyptus</i>	92
Tabela 10. Valores de teor de cinzas encontrados na literatura para o gênero <i>Eucalyptus</i>	94
Tabela 11. Valores de teor de cinzas encontrados na literatura para o gênero <i>Pinus</i>	95
Tabela 12. Densidade básica das árvores de <i>E. badjensis</i>	96
Tabela 13. Valores da literatura para densidade básica da madeira de <i>Eucalyptus</i>	97
Tabela 14. Dimensões médias das partículas utilizadas no experimento.....	98

Tabela 15. Índice de esbeltez, razão de planicidade e área superficial.	99
Tabela 16. Valores de probabilidade dos fatores para as propriedades físicas dos painéis.	101
Tabela 17. Valores da literatura para o ensaio de Absorção de água	111
Tabela 18. Valores da literatura para o ensaio de Inchamento em espessura.	118
Tabela 19. Valores da literatura para taxa de Não Retorno em Espessura.	123
Tabela 20. Valores de probabilidade dos fatores para o ensaio de flexão estática.	127
Tabela 21. Valores da literatura para o ensaio de flexão estática	129
Tabela 22. Valores da literatura para o ensaio de arrancamento de parafuso.....	137
Tabela 23. Valores da literatura para o ensaio de tração perpendicular.....	146
Tabela 24. Resumo das médias propriedades físicas dos painéis.	149
Tabela 25. Resumo das médias das propriedades mecânicas dos painéis.	150

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AA2 – Ensaio de absorção de água em 2 horas de imersão em água

AA24 – Ensaio de absorção de água em 24 horas de imersão em água

APT – Arrancamento de parafuso – Topo

APS – Arrancamento de parafuso - Superfície

ABIMCI – Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente.

ABIPA - Associação Brasileira da Indústria de Painéis de Madeira.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.

BP – Revestimento aplicado com baixa pressão

CAV – Centro de Ciências Agroveterinárias

DB - Densidade básica da madeira

E. badjensis – *Eucalyptus badjensis*

IE2 – Ensaio de Inchamento em espessura em 2 horas

IE24 – Ensaio de Inchamento em espessura em 24 horas

UDESC – Universidade do Estado de Santa Catarina

FF – Revestimento do tipo *Finish Foil*

IBÁ – Industria Brasileira de Árvores.

MDF – *Medium Density Fiberboard* / Painel de fibras de média densidade.

MDP – *Medium Density Particleboard* / Painel de partículas de média densidade.

MOE - Módulo de elasticidade

MOR - Módulo de ruptura

RC – Razão de compactação

TU – Teor de umidade

TNRE – Taxa de não retorno em espessura

TP – Tração perpendicular à superfície

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	41
1.2 OBJETIVOS	43
1.2.1 Objetivo geral	43
1.2.2 Objetivos específicos	43
2 REVISÃO DE LITERATURA	45
2.1.1 <i>Eucalyptus badjensis</i> Beuzev & Welch	45
2.3 PAINÉIS DE MADEIRA.....	48
2.4 PAINÉIS DE MADEIRA AGLOMERADA.....	53
2.4.1 Processo produtivo de painéis de madeira aglomerada	55
2.5. FATORES INERENTES A MATÉRIA-PRIMA QUE INFLUENCIAM NA QUALIDADE DE PAINÉIS DE MADEIRA AGLOMERADA.....	60
2.5.1 Matéria-prima	60
2.5.1.1 Espécie	61
2.5.1.2 Densidade da madeira	62
2.5.1.3 Composição química da madeira.....	64
2.5.2 Adesivos	67
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	71
3.2 ANÁLISE QUÍMICA	73
3.2 DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE BÁSICA.....	74
3.3 GERAÇÃO DE PARTÍCULAS	77
3.3.1 Geometria das partículas	77

3.4 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	78
3.5 DETERMINAÇÃO DO GRAU DE UMIDADE DAS PARTÍCULAS.....	79
3.6 PREPARO DOS PAINÉIS	79
3.6.1 Aplicação de adesivo	79
3.6.2 Pré-prensagem	80
3.6.3 Prensagem	81
3.6.4 Climatização	82
3.6.5 Confecção dos corpos de prova	82
3.6.9 Determinação das propriedades físicas e mecânicas dos painéis	84
3.6.10 Análise estatística	85
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	87
4.1 ANÁLISE QUÍMICA QUANTITATIVA DA MADEIRA	87
4.1.1 Holocelulose	88
4.1.2 Lignina	89
4.1.3 Extrativos totais	92
4.1.4 Teor de cinzas	94
4.2 DENSIDADE BÁSICA DA MADEIRA	95
4.3 GEOMETRIA DAS PARTÍCULAS	98
4.4 PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS DOS PAINÉIS	100
4.4.1 Densidade aparente dos painéis	100
4.4.2 Razão de compactação	103

4.4.3 Teor de umidade	106
4.4.4 Absorção de água	108
4.4.5 Inchamento em espessura	116
4.4.7 Taxa de Não Retorno em Espessura (TNRE)	123
4.4.8 Módulo de elasticidade (MOE) e Módulo de ruptura (MOR).....	126
4.4.9 Arrancamento de parafuso	135
4.4.10 Tração perpendicular à superfície (Ligação interna).....	144
4.4.11 Resumo das propriedades físicas e mecânicas dos painéis.....	149
5 CONCLUSÕES	153
6. RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	155
REFERÊNCIAS	155
APÊNDICES.....	185

1 INTRODUÇÃO

O aglomerado é um tipo de painel de madeira produzido com partículas aglutinadas utilizando adesivos e consolidadas com o emprego de calor e pressão. Em decorrência de seus fatores de produção esse tipo de painel de madeira apresenta algumas vantagens em relação a madeira serrada e painéis compensados, como menor custo de produção, eliminação de efeitos de anisotropia da madeira, possibilidade de adequação das propriedades físico-mecânicas do painel através do controle das variáveis do processo, entre outras (IWAKIRI *et al.*, 2005a).

Uma das variáveis de maior importância para a produção de painéis de madeira aglomerada é a espécie, uma vez que interfere significativamente na qualidade dos mesmos. Em geral madeiras de baixa densidade são mais adequadas, pois aumentam a razão de compactação e desse modo concedem melhores características mecânicas aos painéis produzidos (IWAKIRI *et al.*, 2002).

Por apresentarem baixa densidade e crescimento rápido, as espécies mais utilizadas no Brasil para a confecção de painéis de madeira aglomerada são as do gênero *Pinus* (IWAKIRI *et al.*, 2000), contudo Trianoski (2010) cita que para atender a elevada demanda por matéria-prima, torna-se necessário não somente aumentar as áreas de plantio com espécies atualmente utilizadas, mas também buscar outras opções de espécies com rápido crescimento que possam contribuir de forma quantitativa e qualitativa para suprir as necessidades das indústrias.

Uma espécie não-convencional que apresenta rápido crescimento aliado a baixa densidade é o *Eucalyptus badjensis* Beuzev & Welch, a espécie é natural da Austrália e apresenta como diferencial a elevada resistência às geadas, sendo desse modo altamente indicada para regiões de elevada altitude como o Planalto catarinense.

Outra variável de extrema importância no processo de confecção de painéis de madeira aglomerada é o adesivo, tendo em vista que é um dos componentes que apresentam maior influência no custo total de produção. O adesivo mais utilizado para a produção de painéis de madeira aglomerada é o ureia-formaldeído (PIZZI, 1994; CARNEIRO, *et al.* 2004).

Por ser um dos componentes de maior custo, a definição da quantidade de adesivo a ser utilizada torna-se bastante relevante, no sentido de se buscar uma otimização na relação custo-benefício (MENDES *et al.*, 2012).

Em decorrência desses fatores, fica evidente a relevância de estudos que avaliem diferentes parâmetros envolvidos na produção de painéis de madeira aglomerada, como matérias-primas e sua correlação com as propriedades dos painéis. Concomitantemente, esses estudos podem incentivar a utilização de novas espécies e processos no meio industrial.

Nesse contexto, o presente estudo tem como objetivo avaliar o potencial da madeira de *E. badjensis*, bem como da sua mistura com a madeira de *Pinus spp.* para a produção de painéis de madeira aglomerada e ainda analisar o efeito da utilização de diferentes teores do adesivo ureia-formaldeído (UF) sobre as propriedades dos painéis.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Avaliar o potencial de utilização da espécie *Eucalyptus badjensis* para produção de painéis de madeira aglomerada.

1.2.2 Objetivos específicos

Estudar o efeito da utilização de diferentes teores de adesivo UF sobre as propriedades dos painéis;

Analisar o efeito da composição dos painéis sobre as propriedades tecnológicas;

Realizar a análise química das madeiras de *E. badjensis* e *Pinus* spp. visando a produção de painéis de madeira aglomerada.

2 REVISÃO DE LITERATURA

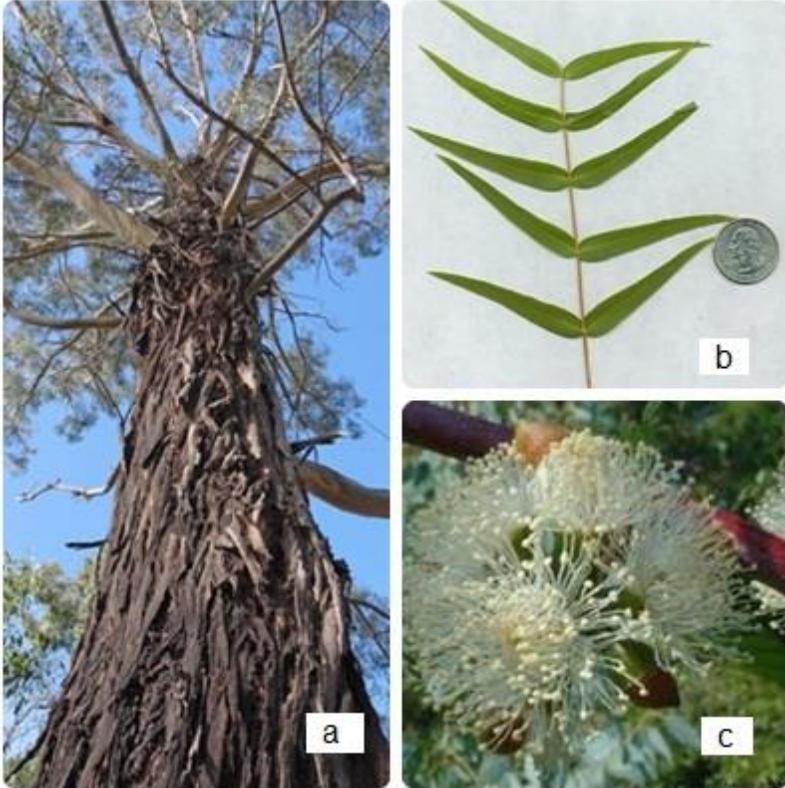
2.1 *Eucalyptus badjensis* Beuzev & Welch

O *Eucalyptus badjensis* Beuzev & Welch é uma espécie pertencente família Myrtaceae (USDA, 1997; BROOKER & KLEINING, 2006) que tem mostrado alto potencial para plantios no sul do Brasil (HIGA *et al.*, 2002).

A árvore de *E. badjensis* caracteriza-se como de grande porte (ver Figura 1a), podendo atingir até 45m de altura (BOLAND *et al.*, 1984), apresenta imperfeições nas cascas durante o tronco, sendo que essas são mais suaves na porção superior da árvore (PENFOLD, 1961). As folhas jovens apresentam aproximadamente 8 cm de comprimento e 2 mm de largura, são opostas, lanceoladas, em linha reta, inteiras, com coloração verde maçante, sésseis. Por sua vez as folhas adultas (ver figura 1b) apresentam de 8 a 20 cm de comprimento, 0,7 a 1,5 mm de largura, estreitas, falciformes, agudas com a base cônica, concolores, com pecíolos levemente achatados ou canalizados que apresentam de 6 a 12 mm de comprimento (RBGSYD, 2015).

As inflorescências da espécie apresentam de 2 a 5mm de comprimento (ver figura 1c), são simples com pedúnculos levemente achatados (RBGSYD, 2015). Por sua vez as flores são brancas apresentando de 3 a 6 mm de comprimento e de 2 a 3 mm de diâmetro (BOLAND *et al.* 1984).

A madeira da espécie apresenta grande quantidade de albúrnio com coloração creme, por sua vez o cerne apresenta cor vermelho pálido com anéis de crescimento distintos (BOLAND *et al.* 1984).

Figura 1. Características da espécie *E. badjensis*

A) Árvore adulta, B) Folhas. C) Inflorescência. Fonte: Plants database, 2015.

A espécie ocorre naturalmente em uma pequena área de Nova Gales do Sul na Austrália, entre 36° e 36°45' S (ver figura 2), em altitudes que variam de 800 a 1200 metros. Essa região é classificada como de clima temperado subúmido e apresenta no mês mais quente temperaturas máximas, entre 22° e 25°C, e na época mais fria temperaturas mínimas, de -4° a 0°C, sendo que na região é comum a ocorrência de geadas, chegando a

acontecer mais de 100 por ano (BOLAND *et al.*, 1984; CARPANEZZI, 1988, SOUSA *et al.*, 1995).

Figura 2. Indicação da ocorrência natural do *E. badjensis* no território australiano.



Fonte: Adaptado de Boland *et al.*, 1984.

No Brasil a espécie é altamente potencial para a introdução em povoadamentos no Sul do país (HIGA *et al.* 2002), sobretudo no Planalto Catarinense e na região Centro-Sul do Paraná (EMBRAPA, 1986; EMBRAPA, 1988) principalmente em função da grande resistência a geadas e da alta taxa de crescimento.

Higa *et al.* (2002) estudaram diferentes procedências de *E. badjensis* implementadas em Vargem Bonita (SC) e Ponta Grossa (PR) e relataram que mesmo com a ocorrência de geadas consideradas severas nos dois locais onde os experimentos foram instalados, não foram observados danos aparentes, mesmo os mais comuns como queima de folhas jovens e brotos.

Sobre o crescimento Higa *et al.* (2002) verificaram que o incremento médio anual da espécie nesses locais pode ser superior a 4 metros até o quarto ano de idade.

Segundo Mantero, Fernandes e Roz (2008), a espécie apresenta características anatômicas adequadas para a produção de papel, conferindo ao material boa ligação entre as fibras, boa formação da folha, alta resistência a tração e a ruptura e boa opacidade.

A espécie também apresenta potencial para a extração de óleos essenciais, Antônio (2011) estudou a presença de óleos essenciais na espécie e concluiu que as folhas secas de *E. badjensis* apresentam um bom rendimento, com alto teor de 1,8-cineol (81,17%), um dos mais procurados metabólitos em óleos essenciais de *Eucalyptus*. Contudo não foram encontrados na literatura estudos sobre a utilização da espécie para a produção de painéis de madeira.

2.2 PAINÉIS DE MADEIRA

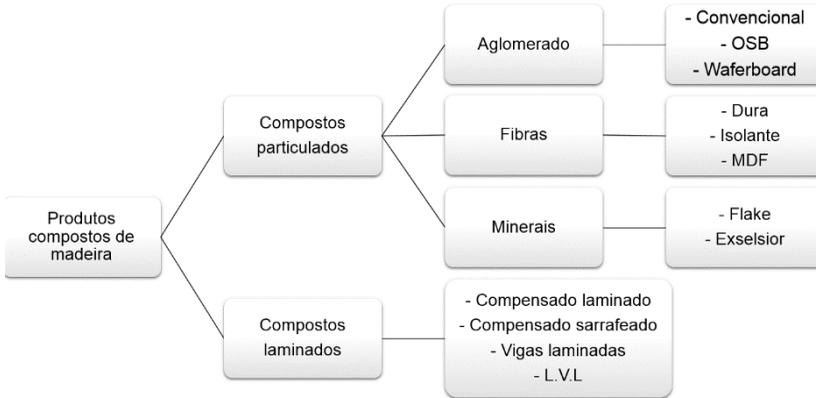
Os painéis de madeira podem ser conceituados como produtos compostos de elementos de madeira tais como lâminas, sarrafos, partículas e fibras, obtidos por meio da redução da madeira sólida e reconstituídas por meio de ligação adesiva (IWAKIRI *et al.*, 2005a; MATTOS *et al.*, 2008).

Surgiram principalmente em decorrência da necessidade de uma melhor utilização da madeira, uma vez que esse material apresentou uma redução gradual de sua oferta gerada pela exploração desenfreada dos recursos florestais naturais (FERREIRA *et al.*, 2003; TORQUATO, 2008).

A utilização de painéis de madeira é uma tendência atual em virtude de apresentar diversas vantagens como: pré-fabricação, industrialização, homogeneidade do material, redução da anisotropia e utilização de madeiras provenientes de reflorestamento e com ciclos de corte menores (LIMA *et al.*, 2004; PEDROSA *et al.*, 2005).

Atualmente a indústria de painéis de madeira apresenta uma imensa gama de produtos, os quais costumam ser classificados em: compostos laminados e compostos particulados (Ver Figura 3). Segundo Ferreira *et al.* (2003), o desenvolvimento tecnológico verificado no setor dos painéis à base de madeira tem ocasionado o aparecimento de novos produtos no mercado nacional e internacional, que vêm preencher os requisitos de uma demanda cada vez mais especializada e exigente.

Figura 3. Esquema representativo dos produtos compostos de madeira



Fonte: Adaptado de Mendes, 2001.

Como é possível observar na figura 3 dentre os compostos particulados, encontram-se os painéis do tipo aglomerado e os painéis de fibras, esses painéis costumam ser denominados de painéis de madeira reconstituída.

Os usos e aplicações dos painéis de madeira reconstituída estão estritamente relacionados às propriedades físicas e mecânicas dos mesmos. As restrições técnicas para o uso e a aplicação de diferentes tipos de painéis de madeira reconstituída envolvem características como resistência, uniformidade da superfície, tolerância à usinagem, resistência à fixação de parafusos, entre outros. Diferentes tipos de painéis podem sobrepor tais restrições técnicas (ABIMCI, 2009), desse modo, o processo produtivo, as características tecnológicas e as finalidades de uso são individualizados para cada tipo de painel (GORSKI, 2014).

No Brasil as indústrias do setor de painéis de madeira reconstituída estão localizadas majoritariamente nas regiões Sul e Sudeste do território nacional (Ver Figura 4), e caracterizam-se por apresentarem grandes volumes de produção anual (IBÁ, 2014).

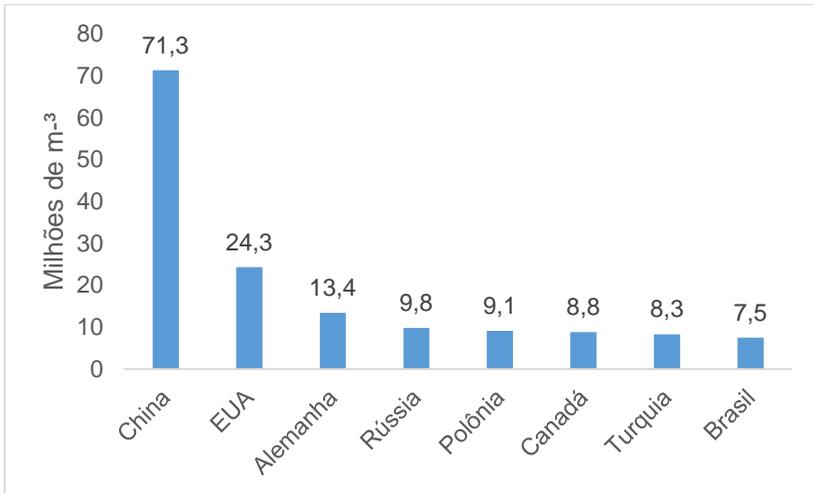
Figura 4. Localização das indústrias de painéis de madeira reconstituída no Brasil.



Fonte: ABIPA, 2014.

O Brasil está entre os mais avançados do mundo na fabricação de painéis de madeira reconstituída apresentando o maior número de fábricas de última geração (BELINI, 2012; ABIPA, 2015a; IBÁ, 2015), contudo é apenas o oitavo maior produtor mundial do setor (Ver Figura 5), em decorrência disso, esse ramo da indústria apresenta um grande potencial de crescimento no país.

Figura 5. Produção mundial de painéis de madeira reconstituída em m^{-3}

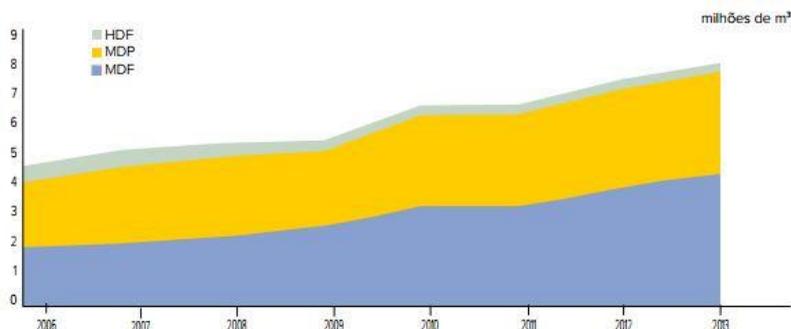


Fonte: Adaptado de IBÁ, 2014.

Nesse contexto, o mercado nacional de painéis de madeira reconstituída atualmente encontra-se em fase de expansão. Segundo dados da ABIPA (2015b), a produção nacional apresentou um crescimento significativo entre os anos de 2002 e 2012, passando de 3,1 milhões /ano em 2002 para 7,3 milhões de m^{-3} /ano em 2012. Nos anos de 2013 e 2014, a produção brasileira de painéis reconstituídos manteve o ritmo de crescimento aumentando a produção para 7,98 milhões m^{-3} (IBÁ, 2015).

Como é possível observar na figura 6 dentre os painéis de madeira reconstituída os que apresentaram maior produção entre 2006 e 2013 foram os painéis MDF – *Medium Density Fiberboard* e os painéis de madeira aglomerada ou painéis MDP – *Medium Density Particleboard*.

Figura 6. Evolução da produção nacional de painéis de madeira reconstituída



Fonte: IBÁ, 2014.

2.3 PAINÉIS DE MADEIRA AGLOMERADA

Os painéis de madeira aglomerada podem ser definidos como painéis reconstituídos de madeira produzidos com pequenas partículas dispostas aleatoriamente, aglutinadas utilizando adesivos e consolidadas com o emprego de calor e pressão (CARLL, 1986; TSOUMIS, 1991; MALONEY, 1996; IWAKIRI *et al.*, 2005a; MATTOS *et al.*, 2008; MENDES *et al.*, 2009).

A produção de painéis de madeira aglomerada em grande escala teve início na Alemanha no início da década de 40, como forma de viabilizar a utilização de resíduos de madeira, uma vez que o período foi marcado pela dificuldade de obtenção de madeiras de boa qualidade para laminação e produção de painéis de madeira compensada em decorrência da Segunda Guerra Mundial (IWAKIRI *et al.* 2005a). Segundo Maloney (1993) a partir desse período o desenvolvimento da indústria de painéis de madeira aglomerada ao redor do mundo foi bastante satisfatório.

No Brasil a produção desse tipo de painel teve início na cidade de Curitiba no ano de 1966 (IWAKIRI *et al.*, 2001), porém devido a utilização em locais inadequados o produto foi alvo de grandes questionamentos sobre a sua qualidade. Visando mudar a imagem do produto frente ao mercado consumidor as indústrias do setor desenvolveram novas tecnologias que melhoraram as propriedades do produto e então criaram a denominação MDP- *Medium Density Particleboard* (BELINI, 2012). Sendo que atualmente assuntos relacionados às especificações e normatização do produto têm sido debatidos visando consolidar a terminologia MDP ou painéis de partículas de média densidade. (ABNT, 2010).

A estratégia de mudança de terminologia, aliada as novas tecnologias de fabricação e modernização dos parques fabris apresentou uma ótima resposta frente ao mercado consumidor, uma vez que após esse período o consumo de painéis de madeira aglomerada no Brasil vem crescendo em ritmo exponencial, segundo dados da ABIPA (2014) entre os anos de 2005 e 2012 o consumo interno apresentou um crescimento de 65,0 %, do mesmo modo a produção nacional apresentou um crescimento 62,8% no mesmo período. Atualmente os painéis de madeira aglomerada são considerados um dos principais produtos do setor madeireiro brasileiro (TRIANOSKI, 2010).

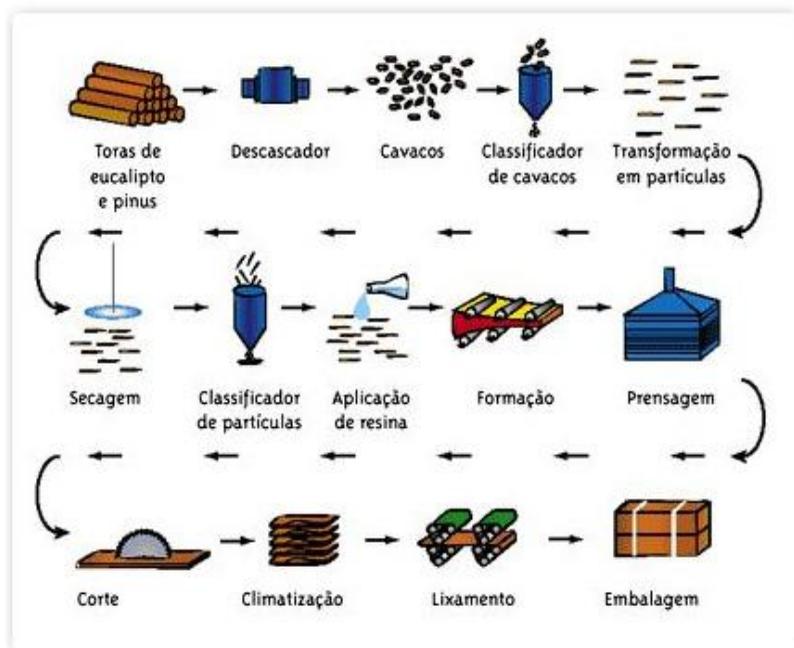
Em decorrência de suas características intrínsecas, os painéis de madeira aglomerada são especialmente indicados para a indústria moveleira e marcenaria, sobretudo na produção de móveis residenciais e comerciais de linhas retas. Suas principais aplicações são: portas retas, laterais de móveis, prateleiras, divisórias, tampos retos, tampos pós-formados, gavetas (ABIPA, 2015).

Devido ao fato de possuírem uma grande variedade de usos os painéis de madeira aglomerada podem apresentar algumas especificidades de acordo com alguma finalidade específica, sendo necessário desse modo a adequação do processo produtivo dos mesmos (IWAKIRI *et al.*, 2005a).

2.3.1 Processo produtivo de painéis de madeira aglomerada

O processo de fabricação desse tipo de painel é altamente tecnológico e automatizado, passando por diversas etapas até chegar no produto final (Ver Figura 7).

Figura 7. Processo produtivo de painéis de madeira aglomerada.



Fonte: Santos Andirá, 2015.

Segundo Iwakiri *et al.*, (2005a) as etapas do processo produtivo de painéis de madeira aglomerada são:

a) Geração de partículas:

Para dar início ao processo produtivo a madeira é conduzida do pátio da fábrica até um descascador, onde o atrito e impacto entre as toras ocasionam a remoção da casca. Depois de descascadas, as toras são conduzidas por uma correia transportadora até o picador, onde são fragmentadas em cavacos, esses cavacos são então transportados e armazenados em silo de alta capacidade, que funciona como um pulmão do processo produtivo. Do Silo, os cavacos são transportados para um conjunto de equipamentos chamados *Ring Flakers* ou Cepilhadores, onde são reduzidos a *flakes* ou partículas de diversos tamanhos. (SANTOS ANDIRÁ, 2015).

A etapa de geração de partículas é a etapa do processo produtivo que define os elementos dimensionais das partículas (comprimento, largura e espessura) (DIAS, 2005).

b) Secagem

Após a etapa de geração de partículas, o material é conduzido para a etapa de secagem, uma vez que as matérias-primas não costumam apresentar teores de umidade adequados para o uso no momento de chegada a fábrica (STARK *et al.* 2008). Os secadores mais utilizados para partículas de madeira são os do tipo tambor rotativo contínuo (IWAKIRI *et al.*, 2005a).

c) Classificação de partículas

Depois de concluída a etapa de secagem, todas as partículas são classificadas em dimensões aceitáveis para o processo e para a remoção de impurezas e finos (CHIPANSKI, 2006; SANTOS ANDIRÁ, 2015). Os sistemas mais utilizados para a classificação de partículas são: Peneiras Vibratórias e Pneumáticos (YOUNGQUIST, 1999; IWAKIRI *et al.*, 2005a).

d) Aplicação de adesivo e aditivos

Nessa etapa, os cavacos, já classificados de acordo com sua granulometria na fase anterior, são misturados com adesivo e emulsão de parafina para que suas partículas se aglutinem (SANTOS ANDIRÁ, 2015). Segundo Maloney (1993) nessa etapa é necessário que ocorra uniformidade na aplicação para que dessa forma haja uniformidade nas propriedades ao longo do painel.

Segundo Iwakiri *et al.*, (2005a) existem dois sistemas de aplicação de adesivo: sistema de aplicação por rolos e o sistema de aplicação por atomização, nos dois casos utilizado é um aparelho denominado de “encoladeira”.

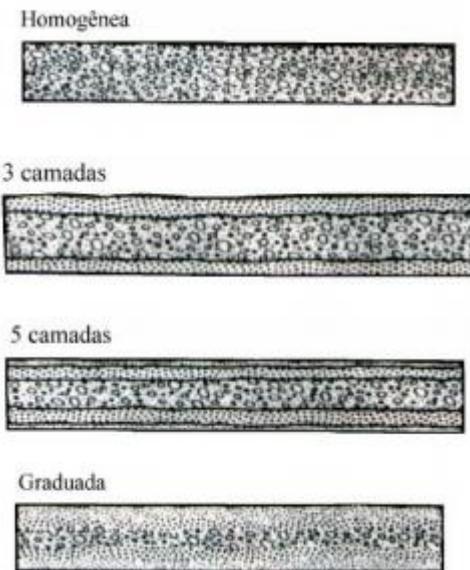
e) Formação do colchão

Essa etapa compreende ao processo de deposição de partículas com adesivo sobre uma esteira móvel, em quantidade pré-determinada em função da densidade e espessura do painel. O equipamento utilizado na formação do colchão é denominado de estação formadora e consiste de um reservatório onde é dosado o material que vai para o sistema de distribuição sobre a esteira móvel (IWAKIRI *et al.*, 2005a).

Segundo Dias (2005) e Irle *et al.* (2012) essa etapa é extremamente importante, uma vez que um painel mal formado apresentará uma significativa variação nas suas propriedades decorrente da diferença de densidade em sua extensão.

De acordo com Maloney (1977) e Iwakiri *et al.*; (2005a) existem três configurações básicas para painéis de madeira aglomerada: homogênea, multicamada e graduada.

Figura 8. Principais configurações para os painéis de madeira aglomerada



Fonte: Moslemi, 1974 adaptado por Gama, 2010.

f) Prensagem

Antes da prensagem propriamente dita, as partículas são submetidas a um processo de pré-prensagem (DIAS, 2005), os objetivos desse processo são reduzir a altura do colchão, melhorar a consistência e facilitar o carregamento até a prensa a quente (IWAKIRI *et al.*, 2005a).

Após a pré-prensagem o material é submetido a etapa de prensagem a quente (STARK *et al.*, 2008). Os objetivos da etapa de prensagem a quente são a cura da resina, densificação e consolidação do colchão até a espessura final de painel (IWAKIRI *et al.*, 2005a).

Os sistemas de prensagem podem ser: simples abertura, múltipla abertura e contínuo (CHIPANSKI, 2006) e os sistemas de aquecimento podem ser a vapor ou óleo quente (IWAKIRI *et al.*, 2005a).

g) Acabamento

Após a prensagem, as chapas são colocadas num sistema de garfos giratórios para um período de resfriamento. Posteriormente, seguem para a etapa de climatização, até atingirem a temperatura e umidade de equilíbrio com o ambiente (IWAKIRI *et al.*, 2005a).

As chapas acondicionadas, por sua vez seguem para o esquadrejamento, nessa etapa são realizados ajustes nos comprimentos e larguras dos painéis de acordo com os padrões comerciais (IWAKIRI *et al.*, 2005a; STARK *et al.*, 2008;). Os equipamentos utilizados são automatizados e de alta produtividade, conseguindo obter cortes paralelos simultâneos nos sentidos de comprimento e largura dos painéis (IWAKIRI *et al.*, 2005a; SANTOS ANDIRÁ, 2015).

A última etapa do processo de produção é o lixamento, essa etapa tem como finalidade padronizar a espessura e conferir melhor acabamento superficial aos painéis, assegurando melhores condições de revestimento superficial (IWAKIRI *et al.*, 2005a; SANTOS ANDIRÁ, 2015).

Os painéis podem ser comercializados com ou sem revestimento (EISFELD, 2009; ABIPA, 2015). Segundo Biazus *et al.* (2010) e Eucatex (2015) o revestimento pode ser aplicado em uma ou ambas as faces.

Os revestimentos mais utilizados para painéis de madeira aglomerada são do tipo BP – Baixa Pressão (lâmina celulósica impregnada com resina melaminica que com alta temperatura e pressão é fundida aos painéis de madeira) e FF – *Finish foil* (lâmina celulósica especialmente envernizada é laminada sobre o MDP, por meio de processo de temperatura e pressão) (BIAZUS *et al.*, 2010 ABIPA, 2015a).

Durante o processo produtivo inúmeras variáveis interagem influenciando nas propriedades finais do painel (Brito *et al.*, 2005). Segundo Tsoumis (1991), o controle dessas variáveis é de extrema importância, uma vez que afeta diretamente a qualidade do produto final.

2.4. FATORES INERENTES A MATÉRIA-PRIMA QUE INFLUENCIAM NA QUALIDADE DE PAINÉIS DE MADEIRA AGLOMERADA

2.4.1 Matéria-prima

Para a produção de painéis de madeira aglomerada são necessárias duas matérias-primas básicas: as partículas e os adesivos (IWAKIRI *et al.*, 2005a).

As partículas podem ser obtidas por meio de variadas fontes (ROWELL *et al.*, 2000), contudo em função do grande volume de madeira requerido, as toras provenientes de povoamentos consistem na principal base de fornecimento de matéria-prima (IWAKIRI *et al.*, 2005a; SANCHES, 2012).

Os fatores relacionados a madeira estão entre os que apresentam maior influência na qualidade final dos painéis, os principais fatores inerentes a madeira são: espécie, densidade da madeira, geometria das partículas, contudo parâmetros relacionados com a produção, tais como, teor de adesivo, densidade do painel, teor de umidade, método de formação do colchão e parâmetros de prensagem também tem apresentam grande influência no processo (BRITO *et al.*, 2005).

2.4.1.1 Espécie

A espécie de madeira a ser utilizada é de extrema importância no processo de produção de painéis de madeira aglomerada (MALONEY, 1993; IWAKIRI *et al.*, 2004), uma vez que interage com todas as outras variáveis do processo podendo exercer influências positivas ou negativas no produto final. Diferentes espécies produzem distintos tipos de matéria prima, gerando desse modo diferentes tipos de partículas após o processamento (MALONEY, 1993).

A espécie também apresenta elevada influência na formação da ligação adesiva, geralmente madeiras de folhosas devido a sua constituição química e maior complexidade estrutural apresentam mais dificuldades do que as de coníferas para formar a ligação adesiva entre as partículas (KOLLMANN *et al.*, 1975; MARRA, 1992). Segundo MATOS (1988) a espécie também apresenta influência sobre os parâmetros de prensagem,

influenciando na resistência oferecida à compactação sob as condições de pressão e temperatura.

De acordo com Moslemi (1974) muitas espécies não são indicadas para a produção de painéis reconstituídos, por não apresentam densidade adequada ou outros requisitos necessários ou ainda por serem inviáveis economicamente.

Por apresentarem várias propriedades desejáveis, concomitantemente com crescimento rápido e boa oferta de material no país as principais espécies utilizadas como matéria-prima para produção de painéis de madeira aglomerada no Brasil são as dos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus* (IWAKIRI *et al.*, 2005b).

2.4.1.2 Densidade da madeira

A densidade da madeira é considerada a variável relativa a espécie de maior importância na produção de painéis de madeira aglomerada (FAO, 1958; FOSTER, 1967; VITAL, LEHMANN e BOONE, 1974; MALONEY, 1993). Segundo Moslemi (1974) além de exercer influência sobre as propriedades dos painéis, a densidade também interfere nos parâmetros do processo.

Foelkel (1990) afirma que a densidade funciona como um bom índice de qualidade da madeira, desde que aplicada a uma mesma espécie.

Por ser um grande indicador qualidade, a densidade da madeira apresenta grande relevância para indústrias, principalmente para as de celulose e papel e de painéis reconstituídos (TSOUMIS, 1991).

Para a produção de painéis reconstituídos as espécies as mais recomendadas são as que apresentam densidade de até 550 kg.m^{-3} (MALONEY, 1993). Segundo Kelly (1977) a utilização de madeiras de baixa densidade resulta em alta razão de compactação dos painéis e maior área de contato entre as partículas, resultando assim em melhores propriedades de flexão estática e ligação interna.

Segundo Hillig (2000) madeiras de baixa densidade produzem painéis mais resistentes para uma mesma densidade de painel. Haselein (1989) relata que geralmente painéis produzidos com madeira de menor densidade apresentam maiores vantagens.

Em contrapartida partículas provenientes de espécies de madeiras mais densas, quando compactadas durante a prensagem, produzem uma baixa razão de compactação, prejudicando as propriedades do painel e em decorrência disso tornando necessária a alteração de outras variáveis do processamento, como aumentar o teor de adesivo, aumentando assim o custo de produção (MENDES, 2001).

Uma forma de viabilizar a utilização da madeira de espécies com densidade elevada na confecção de painéis de madeira aglomerada é mistura-las com madeiras de baixa densidade (VITAL, 1973; MOSLEMI, 1974), em decorrência disso, vários autores têm realizado estudos com misturas de espécies de diferentes densidades, visando obter combinações que proporcionem painéis com propriedades físicas e mecânicas satisfatórias (HILLIG, 2000).

Loh *et al.* (2010) relata que é possível realizar a mistura de espécies de densidades diferentes e produzir painéis de boa qualidade. Napoli *et al.* (2013) concluíram que o uso das espécies *Mimosa scabrella* Bentham. (Bracatinga), *Hovenia dulcis* (Uva-do-japão) e *Eucalyptus*

saligna em mistura com madeiras mais leves é adequado. Weigl, Harm e Wimmer (2008) confeccionaram painéis com misturas das espécies *Populus sp*, *Fagus sylvatica* e *Picea abies* relataram que a mistura dessas espécies produz painéis com características físicas e mecânicas adequadas.

Trianoski, Iwakiri e Matos (2011), em estudo sobre painéis de madeira aglomerada com misturas de 5 espécies de rápido crescimento (*Acrocarpus fraxinifolius*, *Melia azedarach*, *Grevillea robusta*, *Shizolobium parahyba* e *Toona ciliata*) relataram que painéis produzidos com a mistura dessas espécies obtiveram propriedades físicas e mecânicas melhores que as de painéis de *Pinus taeda*.

Del Menezzi, Souza e Gonçalves (1996) confeccionaram painéis com misturas das espécies *Pinus oocarpa* (Densidade de 460 kg.m^{-3}) e *Eucalyptus urophylla* (Densidade de 700 kg.m^{-3}) e concluíram que mesmo utilizando madeira de Eucalipto de alta densidade, o uso de até 50% desta madeira misturada ao *Pinus* proporcionou a confecção de painéis com propriedades mecânicas dentro dos padrões estipulados pela norma ANSI A 208.1 (1993).

2.4.1.3 Composição química da madeira

A influência da composição química da madeira na produção de painéis de madeira aglomerada está ligada principalmente a colagem e a higroscopicidade (HILLIG, 2000). Sendo que as propriedades químicas da madeira mais importantes na colagem de madeiras são os extrativos, pH e teor de cinzas (IWAKIRI *et al*, 2005).

2.4.1.3.1 Extrativos

Os extrativos podem ser definidos como compostos químicos presentes na madeira que podem ser extraídos utilizando solventes (IWAKIRI *et al.*, 2005a; SANTOS, 2008). Segundo, Sjortorm (1981), Jankowski (1988) e Klock *et al.*, (2005) cerca de 3 a 10% da madeira seca é constituída de extrativos, sendo que geralmente para as madeiras de coníferas esse teor fica na faixa de 5 a 8% e para as folhosas de regiões temperadas fica entre 2 a 4%. Algumas espécies de regiões tropicais podem apresentar teores de extrativos maiores que 10%.

Os extrativos apesar de representarem uma pequena fração da madeira apresentam uma imensa gama de compostos químicos (SUN e TOMKINSON, 2003; KLOCK *et al.*, 2005), sendo constituídos por graxas, óleos, gorduras, taninos, carboidratos, ácidos, gomas e resinas (GOLDSTEIN, 1991; KLOCK *et al.*, 2005; SANTOS 2008).

Os extrativos são produzidos principalmente durante a formação do cerne e geralmente a presença desses compostos é maior na casca e menor no cerne, sendo quase inexistente no alburno, alguns extrativos são responsáveis pela cor, odor e durabilidade da madeira (SOUZA, 2008), os extrativos também estão relacionados à redução da higroscopicidade e da permeabilidade da madeira (MENDES, 2001).

Hillis e Brown (1978) citados por Trianoski (2010), afirmaram que o teor de extrativos é um dos principais indicadores de conformidade da madeira para diversos usos industriais, devido ao fato de que a acentuada presença desses compostos inviabiliza a cura do cimento quando se utiliza tábuas como fôrmas em construções e alteram ou comprometem a utilização de tintas e vernizes.

Os extrativos também apresentam influência significativa na produção de painéis de madeira aglomerada. Segundo Marra (1992) madeiras com elevados teores de extrativos apresentam dificuldades de colagem resultando em baixa resistência da ligação adesiva entre as partículas. Outrossim, a concentração de extrativos nas camadas superficiais da madeira, pode bloquear a passagem da água e retardar a sua taxa de evaporação, aumentando o tempo de prensagem dos painéis (IWAKIRI *et al*, 2005a).

2.4.1.3.2 pH

O pH da madeira varia de acordo com a espécie, normalmente situa-se na faixa de 3 a 6. Podem ocorrer mudanças de pH dentro de uma peça de madeira, em função da migração de extrativos de camadas mais internas para camadas superficiais (STAMM,1964; IWAKIRI *et al*. 2005a). Em painéis de madeira aglomerada a principal influência do pH está relacionada aos adesivos, tendo em vista que afeta diretamente a cura da resina, sendo um parâmetro relevante na definição da quantidade de adesivo a ser utilizada (POBLETE,1989; MARRA, 1992).

Segundo Iwakiri *et al*. (2005a) o pH dos extrativos presentes na madeira pode inibir as reações químicas de endurecimento do adesivo, prejudicando o desenvolvimento de resistência e coesão adequada da linha de cola. O pH também pode favorecer o pré-endurecimento do adesivo, impedindo a habilidade de fluidez, umectação e penetração. Painéis confeccionados com espécies de baixo pH e adesivos com cura ácida podem apresentar uma pré-cura, uma vez que nessas condições a cura do adesivo é acelerada.

2.4.2 Adesivos

Segundo Trianoski (2010) o tipo e da quantidade de adesivo apresentam elevada influência nas propriedades tecnológicas de painéis de madeira.

2.4.2.1 Tipo de adesivo

Iwakiri *et al.*, (2005a) classifica os adesivos utilizados para a colagem de madeiras da seguinte forma:

a) Adesivos naturais

- Derivados proteicos de origem animal, tais como glutina (couro, pele e ossos), caseína (leite) e albumina do sangue;
- Derivados proteicos de origem vegetal (soja);
- Derivados do amido (batatas, trigo);
- Éter celulósico;
- Borracha natural.

b) Adesivos sintéticos termoplásticos

- Polivinil/acetato;
- Polivinil/acrilato;
- Polietileno;
- Polistirol;
- Borracha sintética.

c) Adesivos sintéticos termoendurecedores/termofixos

- Ureia-formaldeído;
- Melamina-formaldeído;
- Fenol-formaldeído;
- Resorcina-formaldeído;
- Tanino-formaldeído;
- Licor sulfito;
- Isocianato;
- Elastoméricas.

Os adesivos mais utilizados na produção de painéis de madeira aglomerada são os adesivos sintéticos: ureia-formaldeído (UF), fenol-formaldeído (FF) e melamina-formaldeído (MUF). No emprego de painéis para áreas externas são obtidos excelentes resultados com o adesivo à base de fenol-formaldeído, uma vez que proporciona boa resistência à umidade. Para ambientes internos, os adesivos mais utilizados são os adesivos à base de ureia-formaldeído (GONÇALVES, 2012).

Devido ao baixo custo em comparação a outros adesivos aliado ao bom desempenho, o ureia-formaldeído é o adesivo mais utilizado no mundo (IWAKIRI *et al.*, 2005a). De acordo com Frihart (2005) cerca de 85% dos painéis de madeira aglomerada produzidos no mundo são confeccionados utilizando esse adesivo.

2.5.2.1.1 Ureia-formaldeído

Desenvolvido na década de 1930, esse adesivo possui uma ampla aplicação na indústria madeireira em todo o mundo, na colagem de madeira sólida, de compósitos laminados e painéis particulados (BARROS FILHO, 2009).

As principais vantagens do uso do adesivo Ureia-formaldeído são: solubilidade em água inicial, o fato de não ser inflamável, boas propriedades térmicas, ausência de cor na cura dos polímeros e a fácil adaptabilidade para uma variedade de condições de cura (PIZZI, 1994).

Contudo, uma das desvantagens do adesivo Ureia-formaldeído consiste na sua susceptibilidade a degradação hidrolítica na presença de umidade e/ou ácidos, especialmente em temperaturas moderadas a elevadas. Enquanto que a quebra da estrutura do adesivo é muito lenta em água fria, a deterioração se acelera acima de 40°C e torna-se muito rápida a temperatura acima de 60°C. Portanto, o adesivo ureia-formaldeído é classificado como de uso interno (IWAKIRI *et al.*, 2005a; BARROS FILHO, 2009).

Do ponto de vista químico, o ureia-formaldeído é a combinação de dois compostos químicos complexos, a ureia e o formaldeído, que resultam em polímeros lineares e ramificados, ligados fortemente quando curados (CONNER, 1996 apud. GONÇALVES, 2012). Os adesivos ureia-formaldeído são produzidos em solução aquosa, com conteúdo de sólidos entre 60 a 70%, ou também na forma de pó. A coloração é branca leitosa, o pH na faixa de 7,4 a 7,8, a viscosidade na faixa de 400 a 1000cp (25°C), e a cura se processa pela redução de pH, por meio de adição de um catalisador ácido (IWAKIRI *et al.*, 2005a).

2.5.2.2 Quantidade de adesivo

O adesivo é um dos componentes de maior custo no processo produtivo de painéis (IWAKIRI *et al.*, 2005a). Desse modo estudos que visem otimizar a quantidade a ser utilizada são bastante relevantes.

De acordo com Trianoski (2010) o aumento do teor de adesivo geralmente ocasiona uma melhora nas propriedades mecânicas e de estabilidade dimensional dos painéis. Esse fato está relacionado a maior disponibilidade de adesivo por área superficial das partículas, o que ocasiona uma melhora nas ligações entre partículas (MENDES *et al.*, 2010).

Contudo Kelly (1977) ressalta que acima de um determinado nível, o aumento do teor de adesivo, não atua mais na melhoria da ligação entre as partículas, somente eleva o recobrimento da partícula com adesivo.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Para a confecção dos painéis utilizou-se madeira de *E. badjensis* e *Pinus* spp. A madeira de *Eucalyptus badjensis* foi fornecida pela empresa Klabin S.A. proveniente de um povoamento com 6 anos de idade localizado no Município de Lages – SC. As árvores foram derrubadas e seccionadas em toras de 1,0 m (Figura 9) para em seguida serem transportadas até o Centro de Ciências Agroveterinárias (CAV) da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), localizado em Lages, SC.

Figura 9. Madeira de *E. badjensis* utilizada no estudo.

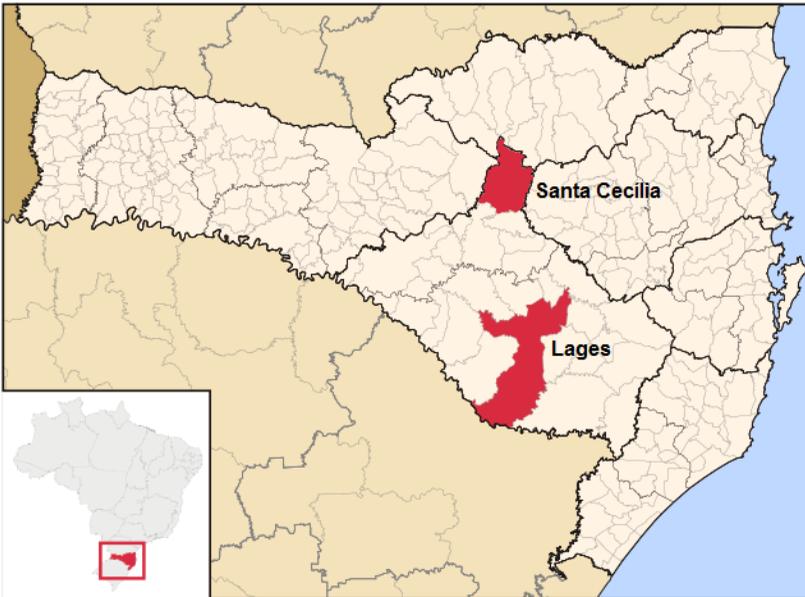


Fonte: Produção do próprio autor, 2016.

Por sua vez a madeira de *Pinus* spp. foi fornecida pela empresa Bonet Madeiras e Papéis Ltda. localizada no município de Santa Cecília – SC (Ver figura 10), a qual era proveniente do processo de confecção de painéis da empresa, por conseguinte já se encontrava transformada em partículas no momento em que o material foi

transportado até o CAV - UDESC. A principal matéria-prima utilizada pela empresa é a madeira das espécies *P. taeda* e *P. elliottii*, sendo que no processo de produção a empresa utiliza um mix das espécies, desse modo ela foi denominada no presente trabalho como *Pinus* spp.

Figura 10. Localização dos municípios de coleta do material



Fonte: Adaptado de Wikimedia Commons (2015).

O adesivo utilizado na confecção dos painéis no presente estudo foi o adesivo ureia-formaldeído (UF), doado pela empresa Bonet Madeiras e Papéis Ltda.

3.1 ANÁLISE QUÍMICA

A análise química do material foi realizada com a finalidade de discutir melhor os resultados encontrados nesse trabalho. Na padronização das amostras para a análise, foram utilizadas as peneiras de 40/60 mesh, sendo selecionadas as partículas que passaram pela peneira de 40 mesh e ficaram retidas na de 60 mesh.

Após a padronização dimensional, as amostras foram mantidas em sala de climatização, com umidade relativa de $60 \pm 5\%$ e temperatura de 20 ± 3 °C. Determinou-se a porcentagem de extrativos, de teor de cinzas, de lignina e de holocelulose. As normas utilizadas estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Normas utilizadas para a realização das análises químicas

Análise	Norma
Material solúvel em NaOH	NBR 7990 (2010)
Teor de extrativos em água	NBR 7988 (1984)
Material solúvel em etanol-tolueno	NBR 14853 (2010)
Extrativos totais (%)	NBR 14660 (2004)
Teor de lignina (%)	TAPPI T413 (1993)
Teor de cinzas (%)	TAPPI T222 (1993)
Teor de Holocelulose	Holocelulose = 100 - (Extrativos totais + Teor de lignina + Teor de cinzas)

Fonte: Produção do próprio autor, 2016

3.2 DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE BÁSICA

Para a determinação da densidade básica da madeira de *E. badjensis* foram retirados discos com 5 cm de espessura na posição do DAP das árvores utilizadas no estudo. Posteriormente de cada um dos discos foram retiradas 4 cunhas (Ver Figura 11).

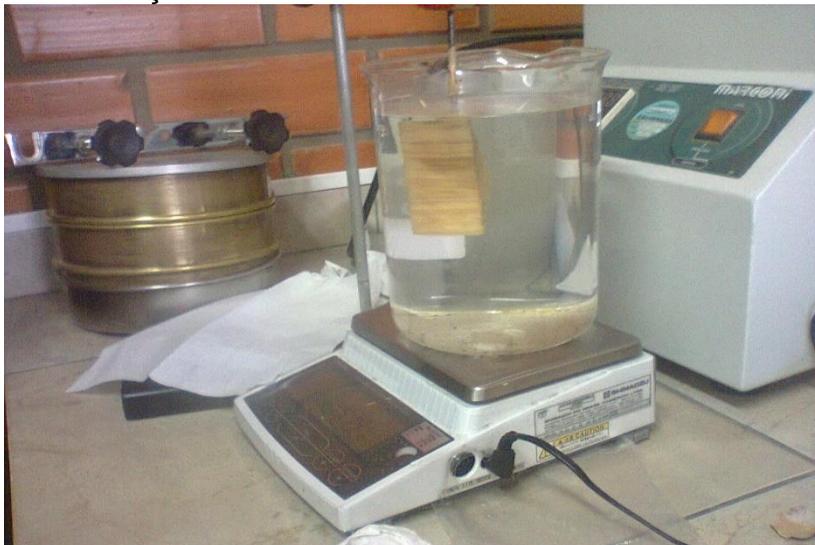
Figura 11. Discos de madeira utilizados para a determinação da densidade básica



Fonte: Produção do próprio autor, 2016.

A partir das cunhas foi obtido o volume saturado utilizando o método da balança hidrostática (Ver Figura 12), e a massa seca após secagem em estufa $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, conforme o método de Vital (1987).

Figura 12. Método da balança hidrostática para determinação do volume



Fonte: Pereira, 2014.

A partir da massa seca e do volume saturado, determinou-se a densidade básica de cada cunha através da equação 1:

$$\rho = \frac{M0\%}{V_{saturado}} \quad \text{(Equação 1)}$$

Em que:

ρ : Densidade básica ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)

$M0\%$: Massa seca em estufa a $103 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ (kg)

$V_{saturado}$: Volume saturado (m^{-3})

Tabela 2. Valores de densidade básica para *Pinus taeda* e *Pinus elliottii*.

Espécie	DB (kg. m ⁻³)	Idade (anos)	Procedência	Autor (es)	
<i>P. taeda</i>	376	8			
	396	9			
	395	10	Guarapuava	Xavier	
	390	11	(PR)	(2009)	
	384	16			
	387	17			
	332	8	Correia Pinto	Mendes	
	349	10	(SC)	(1993)	
	383	12	Telêmaco Borba (PR)	Rigatto <i>et al.</i> (2004)	
	450	13	Quedas do Iguaçu (PR)	Mattos <i>et al.</i> (2011)	
	311	6	Lages	Higa <i>et al.</i>	
	331	7	(SC)	(1973)	
	366	13			
	<i>P. elliottii</i>	390	8	Itapetininga (SP)	Palermo <i>et al.</i> (2004)
		332	9	Vale do Itajaí (SC)	Melo <i>et al.</i> (2013)
319		7	Lages	Higa <i>et al.</i>	
326		9	(SC)	(1973)	
Média		366			

DB: Densidade básica da madeira

3.3 GERAÇÃO DE PARTÍCULAS

Para a redução das toras de *E. badjensis* em partículas, primeiramente as toras foram transformadas em tábuas por meio de uma serra fita horizontal, na sequencia essas tábuas foram conduzidas a um picador onde as mesmas foram transformadas em cavacos, esses cavacos por sua vez foram conduzidos a um moinho de martelo, utilizando malhas de 4,37 mm de diâmetro onde foram reduzidos a partículas.

A madeira de *Pinus spp.* como já se encontrava na forma de partícula foi utilizada com a mesma granulometria da empresa.

3.3.1 Geometria das partículas

O cálculo das variáveis pertinentes a geometria das partículas seguiu o modelo descrito por Trianoski (2010), desse modo foram medidas com um paquímetro digital a espessura, comprimento e largura de 500 partículas de cada espécie.

O Índice de Esbeltez foi calculado pela relação entre o comprimento e espessura das partículas e a Razão de Planicidade calculada pela relação entre a largura e espessura.

Por sua vez o cálculo da área superficial foi realizado pelo método proposto por Moslemi (1974) por meio da equação 2:

$$AS = \frac{2*(E*L + L*C + E*C)}{E*L*C*Dm} \quad \text{(Equação 2)}$$

Em que:

AS: área superficial das partículas (cm^2/g);

E: Espessura média (cm);

L: Largura média (cm);

C: Comprimento médio (cm);

Dm: Densidade da madeira ($\text{g}.\text{cm}^{-3}$)

3.4 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Os painéis foram confeccionados de acordo com o delineamento experimental apresentado na Tabela 3, sendo constituído por 12 tratamentos com 4 repetições cada, totalizando 48 painéis, apresentando variações nas espécies, tipos de painéis e nos teores de adesivo ureia-formaldeído (UF).

Tabela 3. Plano experimental para a confecção dos painéis de madeira aglomerada.

T	Espécie (s)	TA (%)
T1	<i>E. badjensis</i>	8
T2	<i>E. badjensis</i>	10
T3	<i>E. badjensis</i>	12
T4	<i>Pinus</i> spp.	8
T5	<i>Pinus</i> spp.	10
T6	<i>Pinus</i> spp.	12
T7	<i>E. badjensis/Pinus</i> spp. ¹	8
T8	<i>E. badjensis/Pinus</i> spp. ¹	10
T9	<i>E. badjensis/Pinus</i> spp. ¹	12
T10	<i>E. badjensis/Pinus</i> spp. ²	8
T11	<i>E. badjensis/Pinus</i> spp. ²	10
T12	<i>E. badjensis/Pinus</i> spp. ²	12

T: Tratamento; TA: Teor de adesivo; R: Repetições; ¹ Painel homogêneo: 50% *Pinus* spp. /50 % *E. badjensis*; ² Painel multicamada: 25 *Pinus* spp. /50 *E. badjensis* /25 *Pinus* spp.

Os painéis multicamadas foram confeccionados utilizando partículas da mesma granulometria no miolo e nas bordas.

3.5 DETERMINAÇÃO DO GRAU DE UMIDADE DAS PARTÍCULAS

Para que as partículas atingissem um grau de umidade adequado para a confecção dos painéis, elas foram secas em estufa a 80 °C, concomitantemente com esse procedimento eram periodicamente realizadas análises do grau de umidade das partículas por meio de uma termobalança de infravermelho até atingirem o valor de 4% ($\pm 2\%$).

3.6 PREPARO DOS PAINÉIS

3.6.1 Aplicação de adesivo

Após a secagem, as partículas de madeira foram pesadas e separadas para a aplicação do adesivo de acordo com a necessidade de cada tratamento, utilizando o método de aspersão em uma encoladeira do tipo tambor rotatório (Ver figura 13) com auxílio de uma pistola dotada de um copo dosador.

Figura 13. Tambor rotatório do tipo encoladeira utilizado no experimento



Fonte: Produção do próprio autor, 2016.

3.6.2 Pré-prensagem

Posteriormente as partículas foram depositadas em uma caixa formadora com dimensões de 40 cm x 40 cm de comprimento, na sequencia essas partículas passaram por uma pré-prensagem a frio em uma prensa hidráulica com uma pressão de 5 kgf.cm^{-2} com a finalidade de reduzir os espaços de ar, além de evitar a perda de partículas durante o transporte até a prensa quente e concomitantemente facilitar seu fechamento.

3.6.3 Prensagem

Após o colchão passar pela etapa de pré-prensagem, o mesmo foi conduzido a prensagem a quente (Ver figura 14).

Figura 14. Etapa de prensagem dos painéis.



Fonte: Produção do próprio autor, 2016. A) colchão de partículas antes da prensagem, B) painel após a prensagem.

Essa etapa teve como finalidade comprimir o colchão de partículas até atingir as dimensões finais do painel por meio da consolidação e cura do adesivo pela transferência de calor e a remoção da umidade.

Os parâmetros utilizados na prensagem foram:

- Temperatura: 180°C;
- Pressão específica: 40 kgf.cm⁻²
- Tempo: 8 minutos.

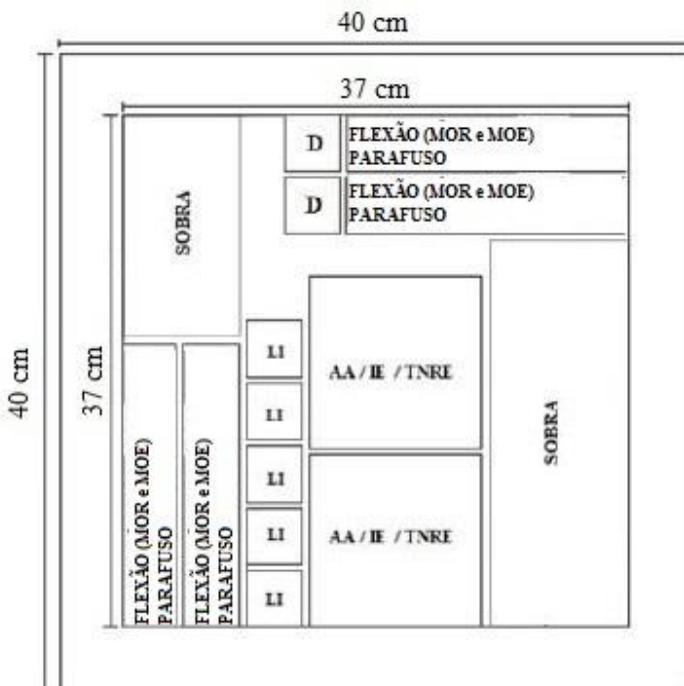
3.6.4 Climatização

Após a manufatura os painéis foram conduzidos a uma sala de climatização onde foram climatizados de acordo com a norma NBR 14660 (2004), com temperatura de 20 °C (+/- 3 °C) e umidade relativa de 65 % (+/- 5 %) até atingirem umidade de equilíbrio nessas condições.

3.6.5 Confecção dos corpos de prova

Para a determinação das propriedades físicas e mecânicas os painéis foram esquadrejados em corpos de prova de acordo com a figura 15. Nesse procedimento foram retiradas as bordas, uma vez que essas interferem significativamente nas propriedades dos painéis analisados.

Figura 15. Layout utilizado na confecção para dos corpos de prova.



Em que: LI: ligação interna; AA: Absorção em água; IE: inchamento em espessura; TNRE: Taxa de não retorno em espessura; MOE: Módulo de elasticidade; MOR: Módulo de ruptura; Parafuso: Arrancamento de parafuso. Fonte: Adaptado de Mendes (2001).

Após sua confecção os corpos de prova foram conduzidos a uma sala de climatização até atingirem umidade de equilíbrio.

3.6.9 Determinação das propriedades físicas e mecânicas dos painéis

Os ensaios para a determinação das propriedades físicas e mecânicas dos painéis foram realizados de acordo com as normas descritas na tabela 4.

Tabela 4. Normas utilizadas na condução dos ensaios físicos e mecânicos

Propriedade Avaliada	Norma
Densidade	ASTM D 1037 (2002)
Absorção de água 2 e 24 horas	
Inchamento em espessura 2 e 24 horas	
Ligação interna	DIN 52362 (1982)
Módulo de elasticidade à flexão estática	
Módulo de ruptura à flexão estática	
Arrancamento de parafuso	NBR 14810 (2006)
Teor de umidade	

Os resultados obtidos foram comparados com as normas CS 236-66 (1968) e NBR 14810 (2006).

3.6.10 Razão de compactação dos painéis

A razão de compactação dos painéis foi calculada por meio da equação 3.

$$Rc = \frac{dpainel}{dmadeira} \quad \text{(Equação 3)}$$

Em que:

R_c = Razão de compactação;

D_{painel} = Densidade aparente do painel;

D_{madeira} = Densidade básica da madeira.

3.6.11 Taxa de Não Retorno em Espessura (TNRE)

O ensaio de taxa de não retorno em espessura foi realizado por meio de dois ciclos de climatização. No primeiro ciclo foram obtidas as espessuras dos corpos de prova após sua confecção e respectiva climatização. Por sua vez no segundo ciclo foram obtidas as espessuras após a imersão dos corpos de prova em água por 24 horas e respectiva climatização. Após a obtenção dos dados a TNRE foi calculada por meio da equação 4.

$$\text{TNRE} = \frac{E_2 - E_1}{E_1} \times 100 \quad (\text{Equação 4})$$

TNRE = Taxa de não retorno em espessura (%);

E_1 = Espessura em após o primeiro ciclo de climatização (mm)

E_2 = Espessura após o segundo ciclo de climatização (mm)

3.6.10 Análise estatística

Foi realizada análise estatística em todos os conjuntos de dados, o experimento foi conduzido em arranjo fatorial 4x3 com fatores qualitativos (diferentes composições de painel) e quantitativos (diferentes teores de adesivo).

Para testar a aderência de dados a distribuição normal, foi realizado o teste de Kolmogorov-Smirnov, Por sua vez para testar a homogeneidade de dados foi realizado o teste de Bartlett, Em decorrência da falta de homogeneidade e normalidade dos dados, foi necessária a realização de transformação matemática do tipo Box-Cox para a variável inchamento em espessura.

Para a variável Geometria das partículas mesmo após a realização de transformações matemáticas não foi constatada homogeneidade e normalidade nos conjuntos de dados, desse modo para essa variável foi realizada o teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis.

Para as demais variáveis após a verificação da normalidade e homogeneidade dos conjuntos de dados foi realizada a análise da variância, nos casos em que constatou-se interação foi realizada análise de regressão do fator qualitativo dentro do quantitativo, em contrapartida para os casos em que não houve interação entre as variáveis foi realizado o teste de médias de Scott-Knott para os fatores qualitativos e a análise de regressão gráficos para os fatores qualitativos.

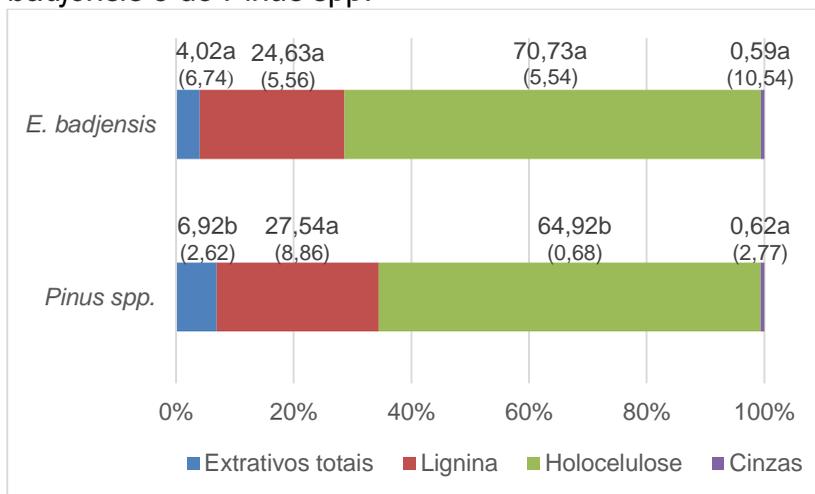
Todos os testes foram realizados com 95% de significância, utilizando o software Sisvar 5.3 Build 77 desenvolvido por Ferreira (2011) e a plataforma Action do programa Excel.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 ANÁLISE QUÍMICA QUANTITATIVA DA MADEIRA

Os valores referentes a análise química quantitativa da madeira de *E. badjensis* e de *Pinus spp.* estão representados na figura 16.

Figura 16. Composição química da madeira de *E. badjensis* e de *Pinus spp.*



Fonte: Produção do próprio autor, 2016. Médias seguidas de letras iguais para o mesmo componente não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de probabilidade de 95%. Coeficiente de variação (CV) entre parênteses.

4.1.1 Holocelulose

Como é possível observar na tabela 5, o percentual médio encontrado de holocelulose para a madeira de *E. badjensis* (70,21%) é semelhante aos percentuais encontrados na literatura para outras espécies do gênero *Eucalyptus*, assemelhando-se principalmente aos valores encontrados para *E. benthamii* (72,81%, 71,26% e 67,6%)

Tabela 5. Valores de holocelulose encontrados na literatura para o gênero *Eucalyptus*.

Espécie	H (%)	Autor (es)
<i>E. benthamii</i>	72,81	Gorski (2014)
<i>E. benthamii</i>	71,26	Pereira <i>et al.</i> (2001)
<i>E. benthamii</i>	67,6	Vieira <i>et al.</i> (2013)
<i>E. cloeziana</i>	59,14	Guimarães <i>et al.</i> (2013)
<i>E. grandis</i>	67,99	Lobão <i>et al.</i> (2001)
<i>E. grandis</i>	62,66	Guimarães <i>et al.</i> (2013)
<i>E. saligna</i>	56,76	Lobão <i>et al.</i> (2001)
<i>E. saligna</i>	62,14	Guimarães <i>et al.</i> (2013)
<i>E. urophylla</i>	70,05	Bianche (2009)

H: Holocelulose

Por sua vez os valores médios encontrados para a madeira de *Pinus* spp. do presente do estudo (64,25%), foram semelhantes aos encontrados na literatura para a madeira de espécies desse gênero (Tabela 6). Com a análise dos resultados nota-se a superioridade estatística nos valores obtidos para *E. badjensis* em relação ao *Pinus* spp.

Segundo Andrade (2006) geralmente espécies de coníferas apresentam menores percentuais de holocelulose quando comparados às folhosas.

Tabela 6. Valores de holocelulose encontrados na literatura para o gênero *Pinus*.

Espécie	H (%)	Autor (es)
<i>Pinus</i> spp.	67,48	Andrade (2013)
<i>Pinus</i> spp.	63,29	Gorski (2014)
<i>P. elliotii</i>	68,80	Balloni (2009)
<i>P. taeda</i>	68,00	Klock (2000)
<i>P. taeda</i>	64,5	Fraga <i>et al.</i> (2002)
<i>P. taeda</i>	70,61	Andrade (2006)
<i>P. taeda</i>	63,03	Trianoski (2010)
<i>P. oocarpa</i>	65,21	Rodrigues <i>et al.</i> (2006)
<i>P. oocarpa</i>	60,48	Hugen (2013)

H: Holocelulose

4.1.2 Lignina

Os valores médios de lignina encontrados para a madeira de *E. badjensis* (24,64%), foram compatíveis aos encontrados na literatura para outras espécies do gênero *Eucalyptus* (entre 20,50% e 36,01%).

Tabela 7. Valores de lignina encontrados na literatura para o gênero *Eucalyptus*.

Espécie	Lignina (%)	Autor (es)
<i>E. benthamii</i>	23,62	Gorski (2014)
<i>E. benthamii</i>	25,20	Pereira <i>et al.</i> (2001)
<i>E. benthamii</i>	20,50	Vieira <i>et al.</i> (2013)
<i>E. cloeziana</i>	26,70	Guimarães <i>et al.</i> (2013)
<i>E. grandis</i>	27,15	Lobão <i>et al.</i> (2001)
<i>E. grandis</i>	29,57	Guimarães <i>et al.</i> (2013)
<i>E. saligna</i>	37,41	Lobão <i>et al.</i> (2001)
<i>E. saligna</i>	29,40	Guimarães <i>et al.</i> (2013)

Fonte: Produção do próprio autor, 2016.

Comparando os valores médios obtidos para a madeira de *Pinus spp.* (27,54%) com a literatura (Tabela 8) constata-se que o percentual encontrado é bastante semelhante ao obtido por pesquisadores como Fraga *et al.* (2002) e Mendes (2001) que obtiveram para a madeira de *Pinus taeda* 27,3% e 28,78% respectivamente.

Tabela 8. Valores de lignina encontrados na literatura para o gênero *Pinus*

Espécie	L (%)	Autor (es)
<i>Pinus spp.</i>	29,44	Andrade (2013)
<i>Pinus spp.</i>	32,35	Gorski (2014)
<i>P. taeda</i>	28,76	Klock (2000)
<i>P. taeda</i>	27,3	Fraga <i>et al.</i> (2002)
<i>P. taeda</i>	28,78	Mendes (2001)
<i>P. taeda</i>	29,17	Andrade (2006)
<i>P. taeda</i>	29,34	Trianoski (2010)
<i>P. oocarpa</i>	24,41	Rodrigues <i>et al.</i> (2006)
<i>P. oocarpa</i>	32,20	Hugen (2013)

L: Lignina

O teor de lignina obtido para *Pinus* spp. não apresentou diferença estatística quando comparado ao *E. badjensis*, contudo de acordo com Andrade (2006) de maneira geral, em coníferas há maior teor de lignina do que em folhosas, tal fato pode influenciar na colagem das partículas durante a produção dos painéis.

Iwakiri *et al.*, (2005a) afirma que maiores teores de lignina são desejáveis para a produção de painéis de madeira reconstituída uma vez que a lignina pode servir como um adesivo natural. Segundo Del Menezzi (2004) a lignina atua como um agente cimentante, contribuindo para a melhora da adesão das partículas de madeira no momento da prensagem, originando painéis com melhor colagem.

Ainda, durante o processo de prensagem a alta temperatura é responsável pela plastificação da lignina, que atua como elemento aglomerante, melhorando a adesão e com isso a propriedade mecânica de ligação interna dos painéis (JOSELEAU *et al.* 2004).

De acordo com Colodette (2010) a lignina reduz a permeabilidade da parede celular, sendo assim a lignina pode influenciar também as propriedades de absorção de água e umidade de equilíbrio.

Pelo fato de o *E. badjensis* apresentar-se estatisticamente semelhante ao *Pinus* spp. pode-se afirmar que a espécie encontra-se adequada para a confecção de painéis de madeira aglomerada no que tange essa variável.

4.1.3 Extrativos totais

Como é possível observar na tabela 9, os percentuais de extrativos totais encontrados na literatura para o gênero *Eucalyptus* apresentam elevada amplitude, variando de 1,9% para *E. citrodora* até 11,14% para *E. cloeziana* nos estudos de Latorraca (2000) e Guimarães *et al.* (2013) respectivamente,

O percentual de extrativos totais obtido para o *E. badjensis* (4,03%) no presente estudo é semelhante ao obtido por Pereira *et al.* (2001) para *E. benthamii* (3,20%) e por Latorraca (2000) para *E. urophylla* (4,50%).

Tabela 9. Valores de extrativos totais encontrados na literatura para o gênero *Eucalyptus*.

Espécie	Extrativos totais (%)	Autor (es)
<i>E. benthamii</i>	8,23	Gorski (2014)
<i>E. benthamii</i>	3,20	Pereira <i>et al.</i> (2001)
<i>E. benthamii</i>	10,70	Vieira <i>et al.</i> (2013)
<i>E. citrodora</i>	1,9	Latorraca (2000)
<i>E. cloeziana</i>	11,14	Guimarães <i>et al.</i> (2013)
<i>E. grandis</i>	7,99	Guimarães <i>et al.</i> (2013)
<i>E. pellita</i>	3,0	Latorraca (2000)
<i>E. saligna</i>	7,87	Guimarães <i>et al.</i> (2013)
<i>E. urophylla</i>	4,50	Latorraca (2000)

Fonte: produção do próprio autor, 2016.

Por sua vez o gênero *Pinus* também apresenta grande amplitude de valores para teor extrativos (Tabela 10), com valores que variaram de 2,83% no estudo de Andrade (2013) até 9,40% obtido por Gorski (2014), ambos para *Pinus* spp. O valor obtido no presente estudo foi um valor intermediário (6,82%) que aproximou-se do obtido por Huguen (2013) para *P. chiapensis*.

Tabela 10. Valores de extrativos totais encontrados na literatura para o gênero *Pinus*.

Espécie	Extrativos totais (%)	Autor (es)
<i>Pinus spp.</i>	2,83	Andrade (2013)
<i>Pinus spp.</i>	9,40	Gorski (2014)
<i>P. chiapensis</i>	8,82	Trianoski (2012)
<i>P. chiapensis</i>	6,79	Hugen (2013)
<i>P. taeda</i>	7,37	Trianoski (2010)
<i>P. tecunumanii</i>	5,54	Mendes <i>et al.</i> (2002)
<i>P. tecunumanii</i>	7,16	Trianoski (2012)
<i>P. maximinoi</i>	4,76	Trianoski (2012)

O percentual obtido para *Pinus spp.* (6,02%) foi superior estaticamente ao encontrado para *E. badjensis* (4,03%). De acordo com Near (1995) altos teores de extrativos na madeira conferem aos painéis melhores condições de estabilidade dimensional, contudo, Cloutier (1998) afirma que espécies com baixos percentuais de extrativos são as mais recomendadas para a produção de painéis de madeira aglomerada, uma vez que a presença de grande quantidade de extrativos na madeira, pode ocasionar estouros nos painéis ao final da prensagem. Além disso, de acordo com Trianoski (2010) a elevada concentração de extrativos pode bloquear o contato do adesivo com a madeira, dificultar a passagem da água e retardar a sua taxa de evaporação, ocasionando assim um aumento no tempo necessário para prensagem.

Desse modo, por apresentar teor de extrativos menor que a espécie mais utilizada atualmente no Brasil para a produção de painéis de madeira aglomerada o *E. badjensis* encontra-se com percentuais adequados para a produção desse tipo de painel.

4.1.4 Teor de cinzas

O teor de cinzas obtido para *E. badjensis* (0,60%) é semelhante aos obtidos na literatura (Tabela 10), pesquisadores como Guimarães *et al.* (2013) trabalhando com *E. grandis* e Pereira *et al.* (2001) estudando *E. benthamii*, encontraram percentagens para cinzas de 0,18% e 1,30%, respectivamente.

Tabela 11. Valores de teor de cinzas encontrados na literatura para o gênero *Eucalyptus*.

Espécie	Cinzas (%)	Autor (es)
<i>E. benthamii</i>	0,43	Gorski (2014)
<i>E. benthamii</i>	1,30	Pereira <i>et al.</i> (2001)
<i>E. benthamii</i>	1,20	Vieira <i>et al.</i> (2013)
<i>E. cloeziana</i>	0,22	Guimarães <i>et al.</i> (2013)
<i>E. grandis</i>	0,18	Guimarães <i>et al.</i> (2013)
<i>E. saligna</i>	0,19	Guimarães <i>et al.</i> (2013)

Por sua vez os percentuais encontrados na literatura para o gênero *Pinus* variaram de 0,03% obtido por Rodrigues *et al.* (2006) para *P. oocarpa* até 0,67% encontrado por Gorski (2014) para *Pinus* spp. O percentual obtido para *Pinus* spp no presente estudo (0,62%) enquadrou-se nessa faixa de variação.

Tabela 12. Valores de teor de cinzas encontrados na literatura para o gênero *Pinus*

Espécie	Cinzas (%)	Autor (es)
<i>Pinus spp.</i>	0,67	Gorski (2014)
<i>P. elliottii</i>	0,41	Balloni (2009)
<i>P. taeda</i>	0,22	Klock (2000)
<i>P. taeda</i>	0,22	Mendes (2001)
<i>P. taeda</i>	0,30	Andrade (2006)
<i>P. taeda</i>	0,30	Trianoski (2010)
<i>P. oocarpa</i>	0,03	Rodrigues <i>et al.</i> (2006)
<i>P. oocarpa</i>	0,17	Hugen (2013)

As madeiras de *E. badjensis*, e de *Pinus spp.* não apresentaram diferença estatística para essa variável, os teores obtidos para os dois materiais são desejáveis para a produção de painéis de madeira aglomerada, uma vez que enquadram-se nos padrões obtidos na literatura.

No entanto se os teores fossem elevados, isso poderia afetar o pH ou as características de usinabilidade da madeira, devido à presença de minerais como a sílica, o que poderia ocasionar o desgaste excessivo das peças cortantes e prejudicar a superfície para colagem (IWAKIRI *et al.* 2005a).

4.2 DENSIDADE BÁSICA DA MADEIRA

Como é possível observar na Tabela 12, os valores médios de densidade básica obtidos para as árvores de *E. badjensis* não diferiram estatisticamente entre si.

Tabela 13. Densidade básica das árvores de *E. badjensis*.

Árvore	Densidade básica (kg.m ⁻³)
1	479 a (10,42)
2	506 a (11,35)
3	478 a (9,48)
4	441 a (10,93)
Média	476

NOTA: Médias seguidas de mesma letra não diferem entre pelo teste de Scott-Knott ao nível de 95% de confiança. CV: Coeficiente de variação, entre parênteses.

A densidade média obtida para o *E. badjensis* (476 kg.m⁻³) foi semelhante a encontrada para outras espécies do gênero *Eucalyptus*, como o *E. benthamii* (Tabela 13).

Por sua vez a média obtida com os valores de *P. taeda* e *P. elliotti* da literatura (Tabela 2) foi de 366 kg.m⁻³, desse modo no presente estudo será utilizada essa densidade básica para a madeira de *Pinus* spp.

Tabela 14. Valores da literatura para densidade básica da madeira de *Eucalyptus*.

Espécie	ID	DB	Autor (es)
<i>E. badjensis</i>	15	523	Pereira <i>et al.</i> (2003)
<i>E. benthamii</i>	7	470	Nisgoski <i>et al.</i> (1998)
<i>E. benthamii</i>	7	528	Baldin <i>et al.</i> (2013)
<i>E. benthamii</i>	7	520	Muller (2013)
<i>E. dunni</i>	8	770	Rocha (2000)
<i>E. grandis</i>	15	620	Pereira <i>et al.</i> (2003)
<i>E. maculata</i>	7	631	Trugilho (2009)
<i>E. pellita</i>	7	545	Trugilho (2009)
<i>E. pilularis</i>	7	600	Oliveira <i>et al.</i> (2005)
<i>E. robusta</i>	15	519	Pereira <i>et al.</i> (2003)
<i>E. smithii</i>	15	605	Pereira <i>et al.</i> (2003)
<i>E. viminalis</i>	15	557	Pereira <i>et al.</i> (2003)

NOTA: ID: Idade das árvores em anos; DB: Densidade básica em kg.m⁻³. Fonte: Produção do próprio autor, 2016.

Os valores médios de densidade básica obtidos para o *E. badjensis* (476 kg.m^{-3}) e para *Pinus* spp. (366 kg.m^{-3}) encontram-se adequados para a produção de painéis de madeira aglomerada, uma vez que a madeira de espécies com densidade básica de até 550 kg.m^{-3} são as mais recomendadas para a produção desse tipo de painel, tendo em vista que garantem boa razão de compactação, além de conferirem uma ótima ligação interna e melhor aderência ao adesivo (MALONEY, 1993).

4.3 GEOMETRIA DAS PARTÍCULAS

Segundo Kollman *et al.* (1975) a dimensão das partículas é uma variável de significativa importância na qualidade final dos painéis de madeira aglomerada, sendo o seu tipo e tamanho os principais fatores a serem considerados, desse modo as dimensões das partículas estão apresentadas na tabela 14.

Tabela 15. Dimensões médias das partículas utilizadas no experimento.

Espécie	Espessura	Comprimento	Largura
		(mm)	
<i>Pinus</i> spp.	0,36	11,70	2,55
<i>E.badjensis</i>	1,02	12,24	2,77

Fonte: Produção do próprio autor, 2016.

Por meio do comprimento e da largura e espessura das partículas foram calculados o índice de esbeltez a razão de planicidade e a área superficial das partículas (Tabela 15).

Tabela 16. Índice de esbeltez, Razão de planicidade e Área superficial.

Espécie	IE	Pla	AS (cm⁻²/g)
<i>Pinus</i> spp.	53,47a (35,39)	11,07a (36,68)	72,23b (33,21)
<i>E. badjensis</i>	21,08b (36,74)	7,09b (34,83)	81,86 ^a (35,93)

NOTA: Médias seguidas de letras diferentes apresentam diferença significativa pelo teste de Kruskal-Wallis ao nível de 95% de confiança. IE: Índice de esbeltez, Pla: Razão de planicidade, AS: Área Superficial. CV: Coeficiente de variação, entre parênteses.

Com a análise da tabela 15, é possível observar que as partículas de *Pinus* spp. apresentaram Índice de esbeltez superiores aos obtidos para *E. badjensis*. De acordo com Alberto (1992) isso pode influenciar na área de contato entre as partículas, nas propriedades mecânicas e no consumo de resina.

Na literatura os resultados obtidos apresentam grande variação. Para partículas de *Pinus* spp. Iwakiri (1989) obteve Índice de esbeltez de 30,40, Para *Pinus taeda* Trianoski (2010) obteve 10,78 para *Pinus taeda*, Naumann *et al.* (2008) observaram 24,68 para *E. urophylla*. Trianoski (2010) atribui essa variação, as diferenças nas características das madeiras das espécies, tipos de equipamento utilizados para obtenção dos cavacos, além da espessura de partícula desejada.

De forma análoga ao índice de esbeltez para a variável razão de planicidade as partículas de *Pinus* spp. apresentaram valores superiores aos obtidos para *E. badjensis*,

De acordo com Alberto (1992) a razão de planicidade afeta volume relativo de ar do colchão, a área superficial específica e o consumo de resina, sendo que valores maiores são mais desejáveis uma vez que esse

aumento ocasiona uma melhora nas condições de distribuição de adesivo.

Para área superficial específica a espécie *E. badjensis* apresentou os menores valores. Moslemi (1974) e Maloney (1993) afirmam que a quantidade de adesivo está estritamente associada à área superficial específica das partículas. Dessa forma, partículas com maior área superficial específica requerem quantidades maiores de adesivo quando comparadas a partículas com área superficial específica menor.

4.4 PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS DOS PAINÉIS

4.4.1 Densidade aparente dos painéis

Para densidade aparente dos painéis a análise estatística não demonstrou diferença significativa tanto para as diferentes composições de painel quanto para os diferentes teores de adesivo (Tabela 16).

Tabela 17. Valores de probabilidade dos fatores para as propriedades físicas dos painéis.

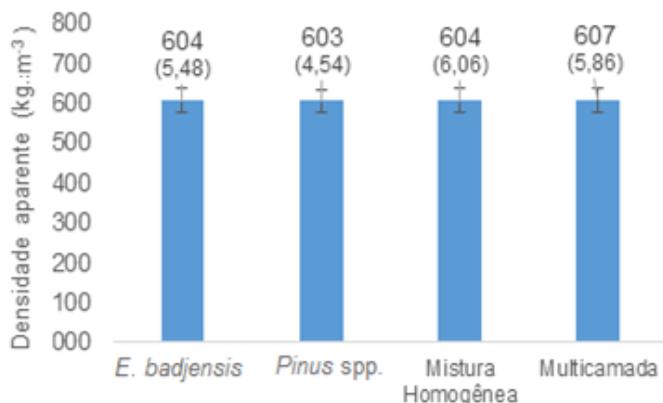
Ensaio	p>Fc		
	Comp	TA	Comp*TA
DA	0,9791	0,9488	0,9966
RC	0,0000	0,8398	0,5716
TU	0,0000	0,0733	0,0642
AA2	0,0000	0,0000	0,0000
AA24	0,0000	0,0000	0,0000
IE2	0,0001	0,0000	0,0000
IE24	0,0000	0,0000	0,0000
TNRE	0,0023	0,0000	0,0199

NOTA: Valores de p>Fc menores que 0,05 demonstram a ocorrência de diferença significativa/Interação. Comp: Composição; TA: Teor de adesivo; DA:Densidade aparente. AA2h: Absorção de água em 2 horas de imersão em água; AA24h: Absorção de água em 24 horas. IE2: Inchamento em espessura em 2 horas; IE24: Inchamento em espessura em 24 horas; TNRE: Taxa de não retorno em espessura

As médias de densidade aparente obtidas no presente estudo (Figuras 17 e 18) foram inferiores a densidade nominal que era de 650 kg. m^{-3} . Santos *et al.* (2009) e Iwakiri *et al.* (2012) atribuem a diferença entre densidade obtida e a densidade nominal às condições operacionais em nível laboratorial, uma vez que nesse ambiente não é possível reproduzir a automação e precisão do processo industrial, fato que ocasiona entre outros, à perda de partículas durante o manuseio nas fases anteriores à consolidação do painel na prensa quente.

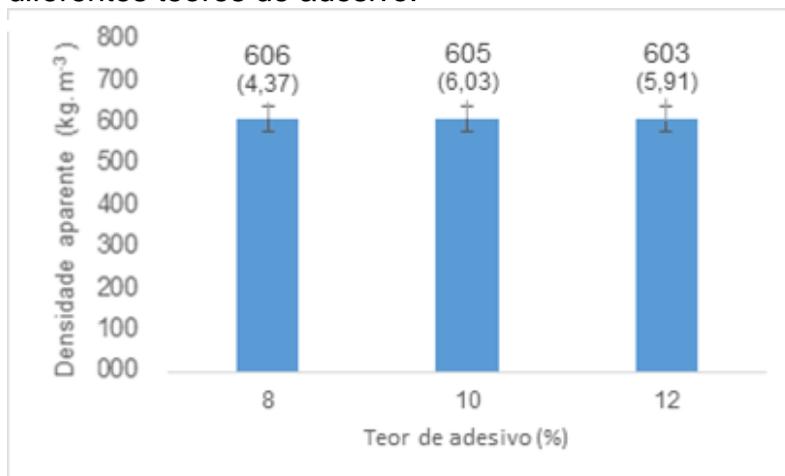
Outro fator que contribuiu para a diferença obtida foi o deslizamento lateral de partículas, fenômeno que ocasionou um aumento nas dimensões dos painéis após a prensagem. Eleotério (2000) cita que a diferença também pode estar relacionada ao inchamento do painel após o alívio da pressão.

Figura 17. Médias de densidade aparente para as diferentes composições de painel



Fonte: Produção do próprio autor, 2016. NOTA: CV (Coeficiente de variação) entre parênteses; As barras indicam o nível de erro de 5%.

Figura 18. Valores de densidade aparente para os diferentes teores de adesivo.



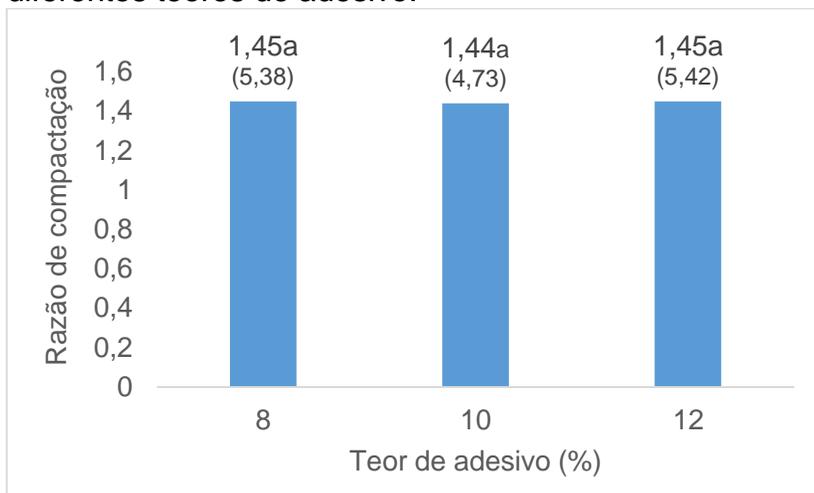
Fonte: Produção do próprio autor, 2016. NOTA: CV (Coeficiente de variação) entre parênteses; As barras indicam o nível de erro de 5%.

4.4.2 Razão de compactação

Para a variável razão de compactação a análise estatística não demonstrou interação entre as variáveis (Tabela 16).

Em relação aos diferentes teores de adesivo a análise estatística demonstrou que os mesmos não apresentam influência sobre a razão de compactação (Ver Figura 19). Na literatura esse padrão também foi obtido por Ampessan *et al.* (2015) que não observou diferença estatística na razão de compactação para painéis confeccionados utilizando 6%,8%,10% e 12% de adesivo UF.

Figura 19. Valores de Razão de compactação para os diferentes teores de adesivo.

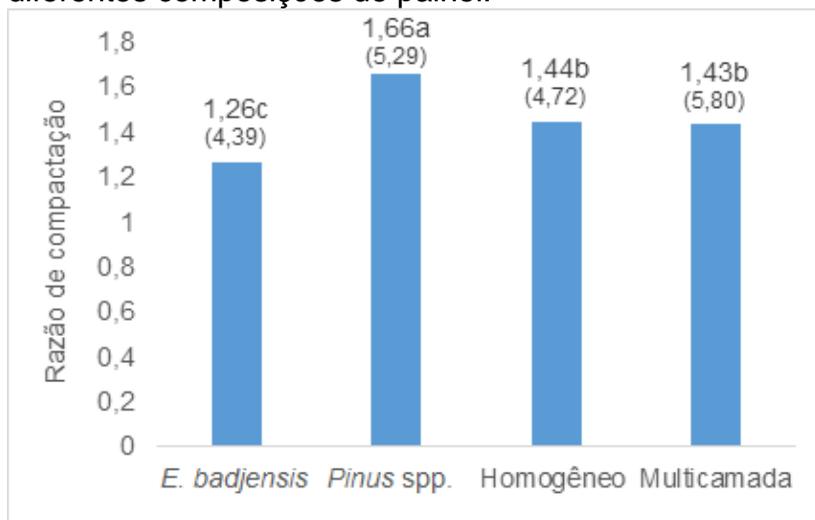


Fonte: Produção do próprio autor, 2016. NOTA: CV (Coeficiente de variação) entre parênteses. Médias seguidas de letras iguais não apresentam diferença estatística significativa pelo teste de Scott-Knott ao nível de 95% de confiança.

Em relação às composições foi observado uma diferença estatística, as médias variaram de 1,26 (*E.badjensis*) até 1,66 (*Pinus* spp.). Segundo Maloney (1993) a faixa ideal para a razão de compactação é de 1,3 a 1,6, sendo que painéis com valores de razão de compactação superiores a 1,6 apresentam menores valores para propriedades físicas e maiores valores nas propriedades mecânicas, em contrapartida painéis com valores inferiores a 1,3 apresentam redução nas propriedades mecânicas.

Os painéis produzidos com misturas das duas espécies enquadraram-se na faixa ideal para a propriedade, sendo que os painéis homogêneos de *E. badjensis* apresentaram média inferior às desejáveis e os painéis homogêneos de *Pinus* spp. apresentaram média superior às desejáveis.

Figura 20. Valores de Razão de compactação para as diferentes composições de painel.

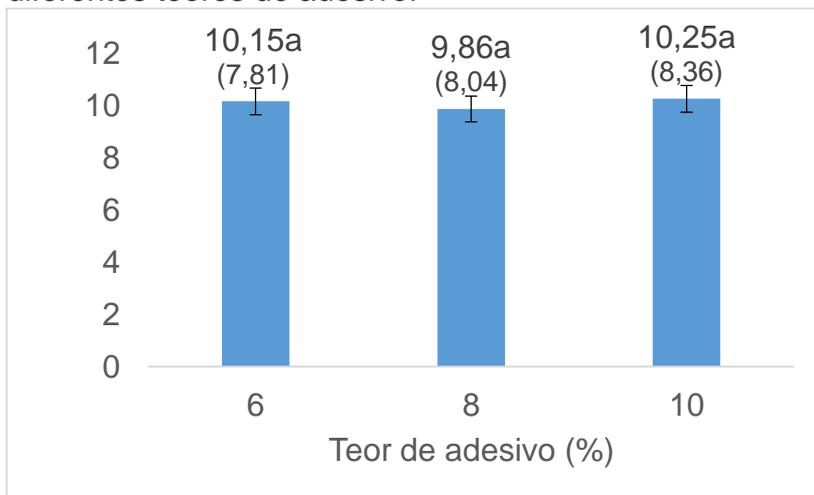


Fonte: Produção do próprio autor, 2016. NOTA: CV (Coeficiente de variação) entre parênteses. Médias seguidas de letras iguais não apresentam diferença estatística significativa pela teste de Scott-Knott ao nível de 95% e confiança.

4.4.3 Teor de umidade

Para a variável teor de umidade a análise estatística, não apontou interação entre os fatores (Tabela 16). Em relação aos diferentes teores de adesivo a análise estatística não demonstrou diferença estatística, esse mesmo comportamento foi observado Weber *et al.* (2011) analisando painéis confeccionados com 6 e 10%, em que os autores não encontraram diferença estatística para os diferentes teores de adesivo estudados, fato que indica que o teor de adesivo não apresenta influência sobre essa variável.

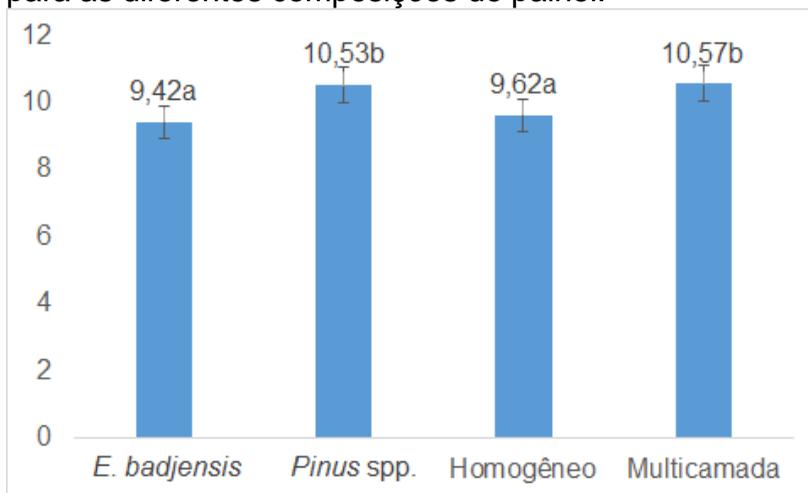
Figura 21. Médias de Teor de umidade obtidas para os diferentes teores de adesivo.



Fonte: Produção do próprio autor, 2016. NOTA: CV (Coeficiente de variação) entre parênteses. Médias seguidas de letras iguais não apresentam diferença estatística significativa pelo teste de Scott-Knott ao nível de 95% e confiança.

Em relação as composições, a análise estatística demonstrou diferença estatística, sendo que as composições homogêneas de *E. badjensis* e mistura homogênea apresentaram médias superiores as obtidas para *Pinus* spp e Multicamada.

Figura 22. Médias obtidas de Teor de umidade obtidas para as diferentes composições de painel.



Fonte: Produção do próprio autor, 2016. NOTA: CV (Coeficiente de variação) entre parênteses; Médias seguidas de letras iguais não apresentam diferença estatística significativa pelo teste de Scott-Knott ao nível de 95% e confiança.

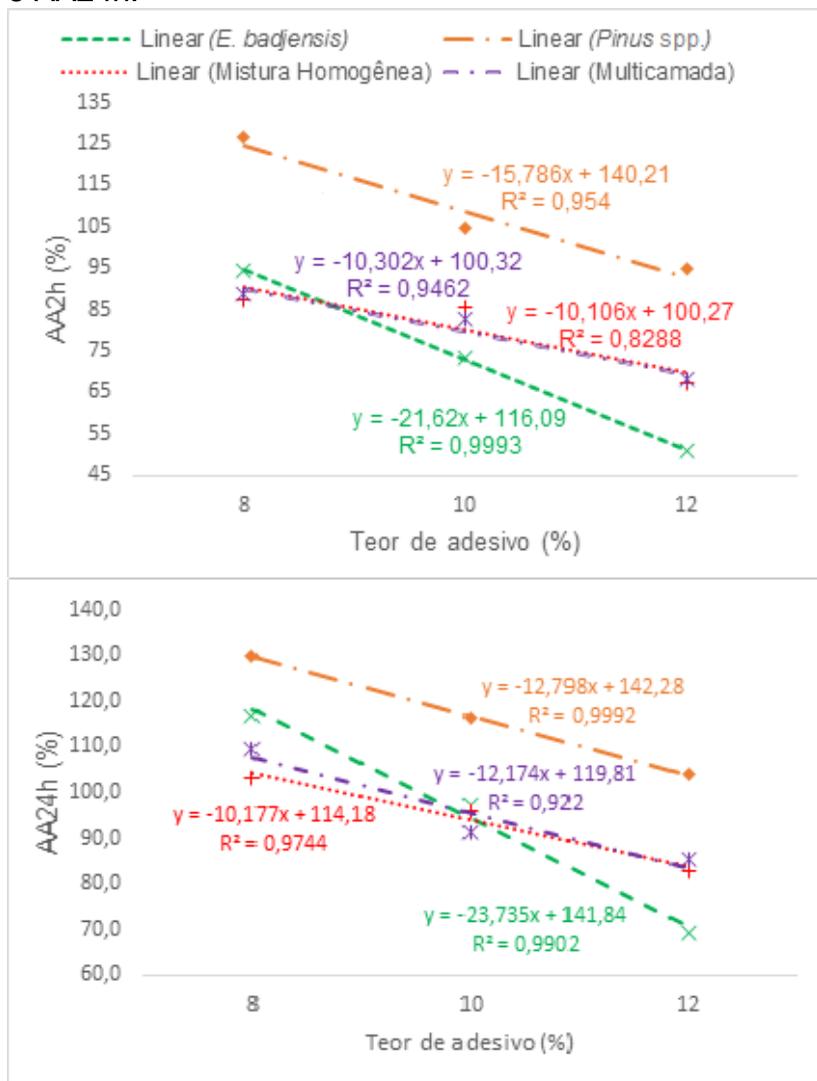
Todos os valores obtidos atenderam aos requisitos estipulados pela norma NBR 14810 (2006) que estabelece valores de teor de umidade entre 5% e 11%.

4.4.4 Absorção de água

Para o ensaio de absorção de água em 2 horas as médias obtidas no estudo foram de 50,4% (*E. badjensis* 12% de adesivo) até 126,4% (*Pinus spp.* com 8% de adesivo). Por sua vez para o ensaio de absorção de água em 24 horas de imersão em água, as médias variaram entre 69,3% (*E. badjensis* com 12% de adesivo) e 129,7% (*Pinus spp.* com 8% de adesivo), sendo que a análise estatística demonstrou que ocorreu interação entre as variáveis composição do painel e teor de adesivo para os dois testes (Tabela 16).

Em relação a variável teor de adesivo em todas as composições foi observada uma redução dos percentuais de AA2 e AA24 com o aumento do teor de adesivo (Ver Figura 23).

Figura 23. Análise de regressão para as variáveis AA2h e AA24h.



Nota: Produção do próprio autor, 2016.

Segundo Albuquerque (2002) isso pode ser explicado pelo fato de que o aumento no teor de adesivo ocasiona uma consolidação mais efetiva das partículas, uma vez que há um volume superior de adesivo por partícula, condição que além de reduzir os espaços vazios, dificulta o contato da água com o material lenhoso. Esse padrão também foi observado em outros estudos como o de Iwakiri *et al.* (2000) e de Schneid *et al.* (2012) em seus respectivos estudos (Tabela 17).

Ainda de acordo com tabela 17, pode-se observar que os valores de absorção de água variam significativamente conforme os diferentes estudos, uma vez que uma série de fatores pode influenciar nos resultados finais. Os resultados obtidos no presente estudo (entre 50,4% e 126,4%) foram semelhantes aos 50,2% obtidos por Grubert *et al.* (2014), porém foram mais elevados do que os obtidos em estudos como o de Trianoski (2010) e Rios *et al.* (2015) que obtiveram 7,9% e 7,0% respectivamente.

Um fato que contribuiu para os elevados valores encontrados, foi a não adição de parafina, tendo em vista que sua utilização em painéis de madeira aglomerada diminui significativamente a higroscopicidade do material. Guimarães Júnior *et al.* (2013) relataram que a adição de 1 % de parafina ocasiona uma redução de aproximadamente 47 % na AA2h.

Tabela 18. Valores da literatura para o ensaio de Absorção de água

Espécie	AA2h	AA24h	TA	Autor (es)
	(%)			
<i>E. benthamii</i> *	15,9	39,9	12	Cunha <i>et al.</i> (2015)
<i>E. dunni</i>	27,3	55,4	12	Cunha <i>et al.</i> (2015)
<i>E. grandis</i>	21,2	35,0	8	Iwakiri <i>et al.</i> (2000)
<i>E. grandis</i>	13,4	23,2	12	Iwakiri <i>et al.</i> (2000)
<i>E. grandis</i>	10,2	27,6	12	Cunha <i>et al.</i> (2015)
<i>E. grandis</i>	7,0	21,0	12	Rios <i>et al.</i> (2015)
<i>E. maculata</i>	30,6	38,8	8	Iwakiri <i>et al.</i> (2000)
<i>E. maculata</i>	21,2	28,2	12	Iwakiri <i>et al.</i> (2000)
<i>E. tereticornis</i>	16,7	30,1	8	Iwakiri <i>et al.</i> (2000)
<i>E. tereticornis</i>	12,5	23,5	12	Iwakiri <i>et al.</i> (2000)
<i>Pinus spp.</i> ¹	7,0	16,6	6	Weber <i>et al.</i> (2015)
<i>Pinus spp.</i> ¹	3,9	10,5	10	Weber <i>et al.</i> (2015)
<i>Pinus spp.</i>	21,3	66,5	7,5	Souza (2012)
<i>Pinus spp.</i> ¹	50,2	80,3	12	Grubert <i>et al.</i> (2014)
<i>Pinus spp.</i>	13,3	23,8	12	Longo <i>et al.</i> (2015)
<i>Pinus spp.</i>	82,4	103,9	8	França (2015)
<i>Pinus spp.</i>	40,9	88,4	12	França (2015)
<i>P. taeda</i>	13,0	16,8	12	Trianoski (2010)
<i>P. taeda</i>	153,7	167,5	8	Schneid <i>et al.</i> (2012)
<i>P. taeda</i>	148,6	161,9	12	Schneid <i>et al.</i> (2012)
<i>P. taeda</i>	3,6	8,5	12	Trianoski <i>et al.</i> (2011b)
<i>P. oocarpa</i>	18,4	19,5	8	Guimarrães Jr <i>et al.</i> (2013)
<i>P. taeda/</i> <i>Bambu</i> **	99,7	111,1	8	Morais <i>et al.</i> (2015)
<i>E. dunni/ E.</i> <i>benthamii</i>	11,7	33,5	12	Cunha <i>et al.</i> (2015)
<i>E. dunni/ E.</i> <i>grandis</i>	10,8	38,8	12	Cunha <i>et al.</i> (2015)

Continua ...

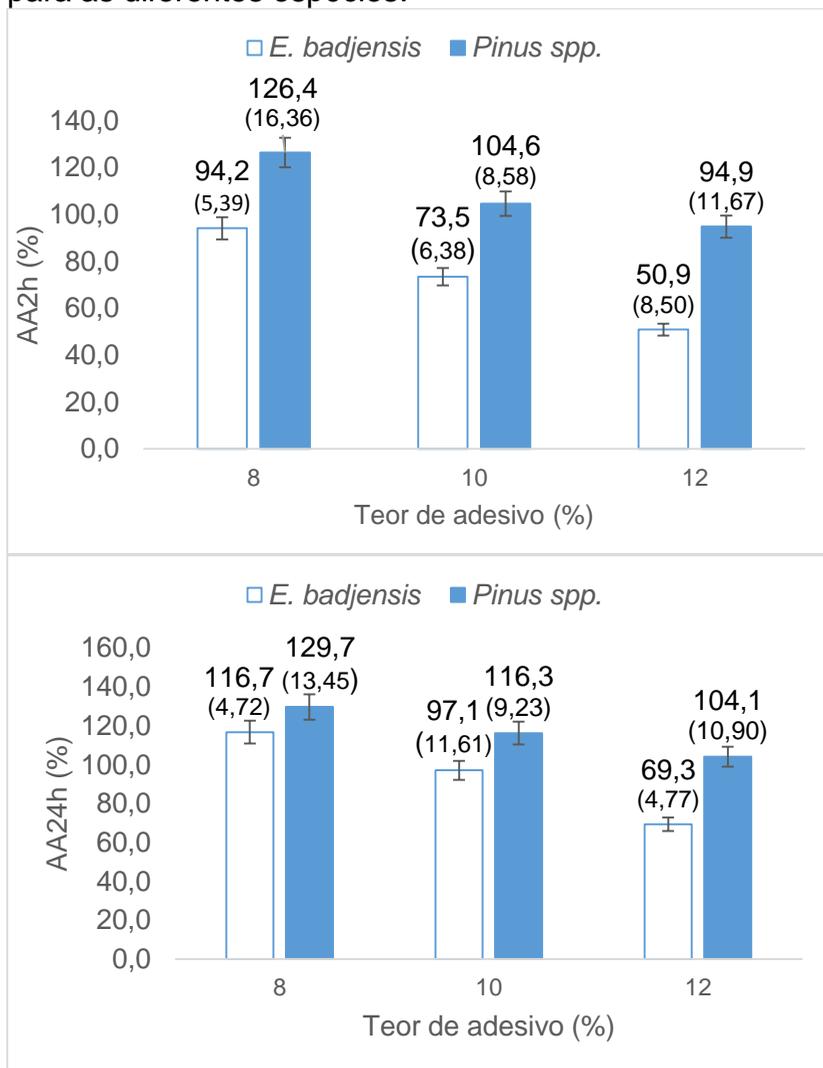
Espécie	AA2h	AA24h	TA	Autor (es)
	(%)			
<i>P.taeda/</i> <i>Bambu</i> **	99,7	111,1	8	Morais <i>et al.</i> (2015)
<i>E. dunni/ E.</i> <i>benthamii</i>	11,7	33,5	12	Cunha <i>et al.</i> (2015)
<i>E. dunni/ E.</i> <i>grandis</i>	10,8	38,8	12	Cunha <i>et al.</i> (2015)
<i>E. grandis/ E.</i> <i>Benthamii</i>	10,9	29,4	12	Cunha <i>et al.</i> (2015)
<i>E. grandis/</i> <i>Bambu</i>	92,4	108,6	8	Morais <i>et al.</i> (2015)

NOTA: * Painel homogêneo ** Painel homogêneo de mistura de espécies. ¹ Painel produzido com resíduos; AA2h: Absorção de água em 2 horas de imersão em água; AA24h: Absorção de água em 24 horas de imersão em água; TA: Teor de adesivo.

Observando separadamente as diferentes espécies, pode-se verificar que os painéis de *Pinus* spp. apresentaram maiores médias em relação ao *E. badjensis*. em todos os teores de adesivo estudados tanto para absorção de água em 2 horas quanto para absorção de água em 24 horas (Ver figura 24).

Esse fato pode ser explicado pela densidade básica da madeira de *Pinus* spp. ser inferior a de *E. badjensis*. Segundo Iwakiri *et al.* (2005a), espécies com densidade menor apresentam em geral maiores índices de absorção de água por apresentarem maior liberação das tensões de compressão impostas durante a prensagem. Contudo, Brito (1995) ressalta que os valores de absorção de água podem ser influenciados por uma série de fatores, tais como densidade dos painéis, eficiência na aplicação da cola e condições de prensagem.

Figura 24. Médias de Absorção de água em 2 e 24 horas para as diferentes espécies.

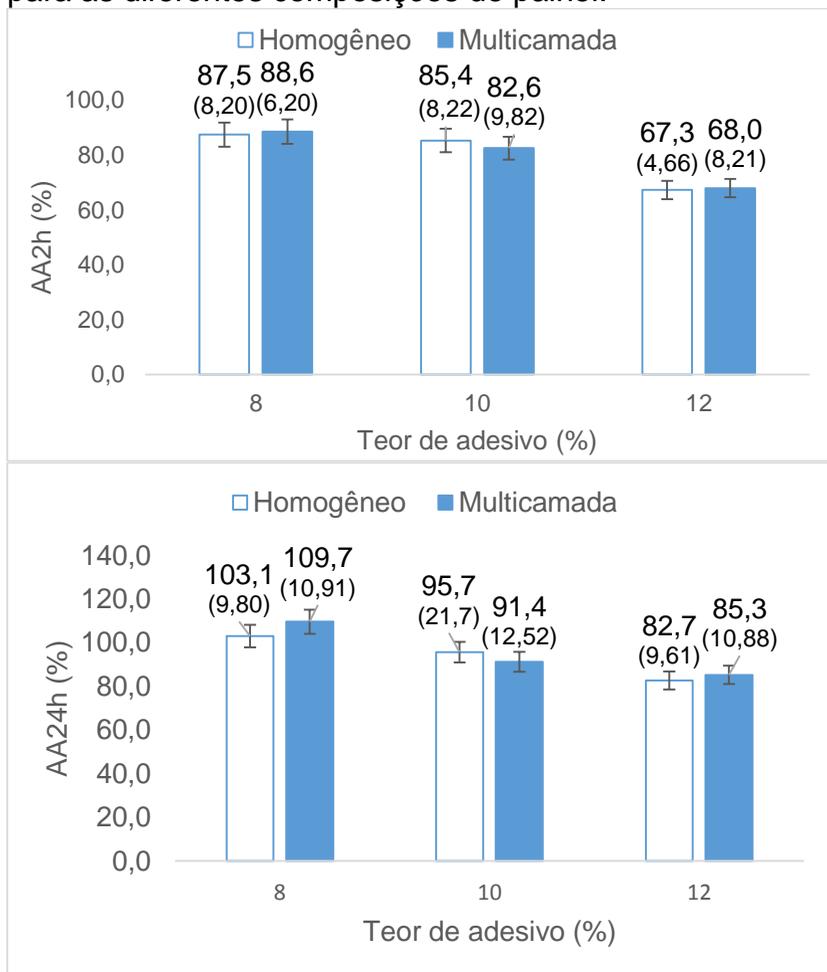


Fonte: Produção do próprio autor, 2016. CV: Coeficiente de variação, entre parênteses. As barras indicam o nível de erro de 5%.

No que tange as diferentes misturas (ver figura 25) de espécies não foi encontrada diferença significativa entre as composições para nenhum dos teores de adesivos, fato que sugere que as duas composições estudadas apresentam propriedades semelhantes para essa variável.

Em relação a norma de comercialização CS 236-66 (1968), não é possível estabelecer comparação, tendo em vista que a mesma não apresenta valores recomendáveis para a variável.

Figura 25. Médias de Absorção de água em 2 e 24 horas para as diferentes composições de painel.



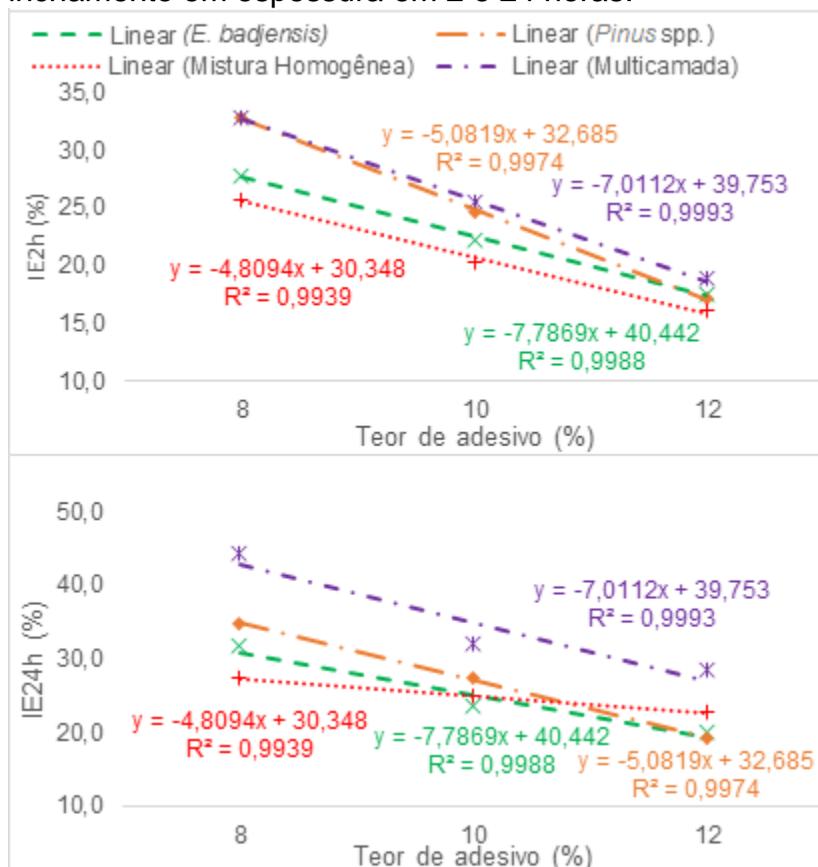
Fonte: Produção do próprio autor, 2016. CV: Coeficiente de variação, entre parênteses. As barras indicam o nível de erro de 5%.

4.4.5 Inchamento em espessura

Para o ensaio de inchamento em espessura as medias apresentaram valores de 16,1% (Mistura homogênea com 12% de adesivo) até 32,8% (Multicamada com 6% de adesivo) para o ensaio de 2 horas de imersão e de 19,2% (*E. badjensis* com 12% de adesivo) até 44,4% (Multicamada 8% de adesivo) para o ensaio de 24 horas de imersão. Sendo que a análise estatística demonstrou diferença estatística entre as varáveis tanto para o ensaio de 2 horas quanto para o de 24 horas de imersão em água (tabela 16).

Em todas as composições de painel estudadas tanto para o ensaio de 2 horas quanto para o ensaio de 24 horas ocorreu uma redução inchamento em espessura com o aumento nos teores de adesivo, na tabela 18 observa-se que esse mesmo padrão foi obtido por outros pesquisadores como Iwakiri *et al.* (2000) e Weber *et al.* (2011).

Figura 26. Análise de regressão para os ensaio de inchamento em espessura em 2 e 24 horas.



Fonte: Produção do próprio autor, 2016.

Tabela 19. Valores da literatura para o ensaio de Inchamento em espessura.

Espécie	IE2	IE24	TA	Autor (es)
	(%)			
<i>E. benthamii</i> *	4,2	15,4	12	Cunha <i>et al.</i> (2015)
<i>E. dunni</i>	5,1	17,1	12	Cunha <i>et al.</i> (2015)
<i>E. grandis</i>	21,2	34,9	8	Iwakiri <i>et al.</i> (2000)
<i>E. grandis</i>	12,4	24,2	12	Iwakiri <i>et al.</i> (2000)
<i>E. grandis</i>	6,5	16,4	12	Cunha <i>et al.</i> (2015)
<i>E. grandis</i>	3,0	7,2	12	Rios <i>et al.</i> (2015)
<i>E. maculata</i>	30,6	38,8	8	Iwakiri <i>et al.</i> (2000)
<i>E. maculata</i>	21,2	32,2	12	Iwakiri <i>et al.</i> (2000)
<i>E. tereticornis</i>	16,7	30,1	8	Iwakiri <i>et al.</i> (2000)
<i>E. tereticornis</i>	12,5	23,5	12	Iwakiri <i>et al.</i> (2000)
<i>Pinus spp.</i> ¹	7,0	16,5	6	Weber <i>et al.</i> (2015)
<i>Pinus spp.</i> ¹	3,9	10,5	10	Weber <i>et al.</i> (2015)
<i>Pinus spp.</i>	7,7	29,3	7,5	Souza (2012)
<i>Pinus spp.</i> ¹	12,7	15,5	12	Grubert <i>et al.</i> (2014)
<i>Pinus spp.</i>	13,3	23,8	12	Longo <i>et al.</i> (2015)
<i>Pinus spp.</i> ¹	18,7	25,2	8	França (2015)
<i>Pinus spp.</i> ¹	13,3	23,4	12	França (2015)
<i>P. taeda</i>	13,0	18,6	12	Trianoski (2010)
<i>P. taeda</i>	30,3	33,6	8	Schneid <i>et al.</i> (2012)
<i>P. taeda</i>	29,2	33,8	12	Schneid <i>et al.</i> (2012)
<i>P. taeda</i>	3,6	8,5	12	Trianoski <i>et al.</i> (2011b)
<i>P. oocarpa</i>	18,4	39,5	8	Guimarrães Jr <i>et al.</i> (2013)
<i>P.taeda/ Bambu</i> **	23,7	24,4	8	Morais <i>et al.</i> (2015)
<i>E. dunni/ E. benthamii</i>	3,9	11,6	12	Cunha <i>et al.</i> (2015)
<i>E. dunni/ E. grandis</i>	4,6	17,4	12	Cunha <i>et al.</i> (2015)

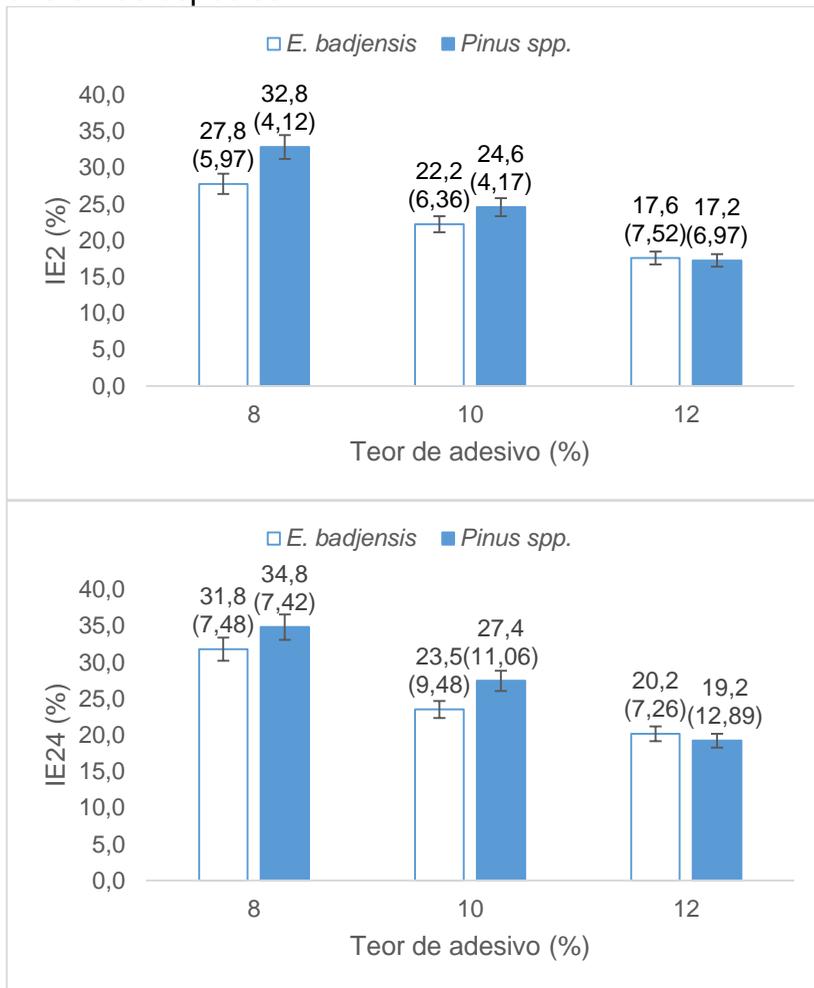
Continua ...

Espécie	IE2	IE24	TA	Autor (es)
	(%)			
<i>E. grandis</i> / <i>E. benthamii</i>	3,9	11,6	12	Cunha <i>et al.</i> (2015)
<i>E. grandis</i> / Bambu	30,2	40,7	8	Morais <i>et al.</i> (2015)

NOTA: * Painel homogêneo ** Painel homogêneo de mistura de espécies ¹Painéis de resíduos.

Analisando as diferentes espécies pode-se observar que os painéis de *E. badjensis* foram semelhantes aos de *Pinus spp.* para o teor 12% e melhores para os teores de adesivo 8% e 10%, demonstrando que a madeira da espécie possui boas características para essa propriedade, uma vez que apresentou resultados semelhantes ou superiores aos obtidos para espécie mais utilizada atualmente para a produção de painéis de madeira aglomerada.

Figura 27. Médias de Inchamento em espessura para as diferentes espécies.

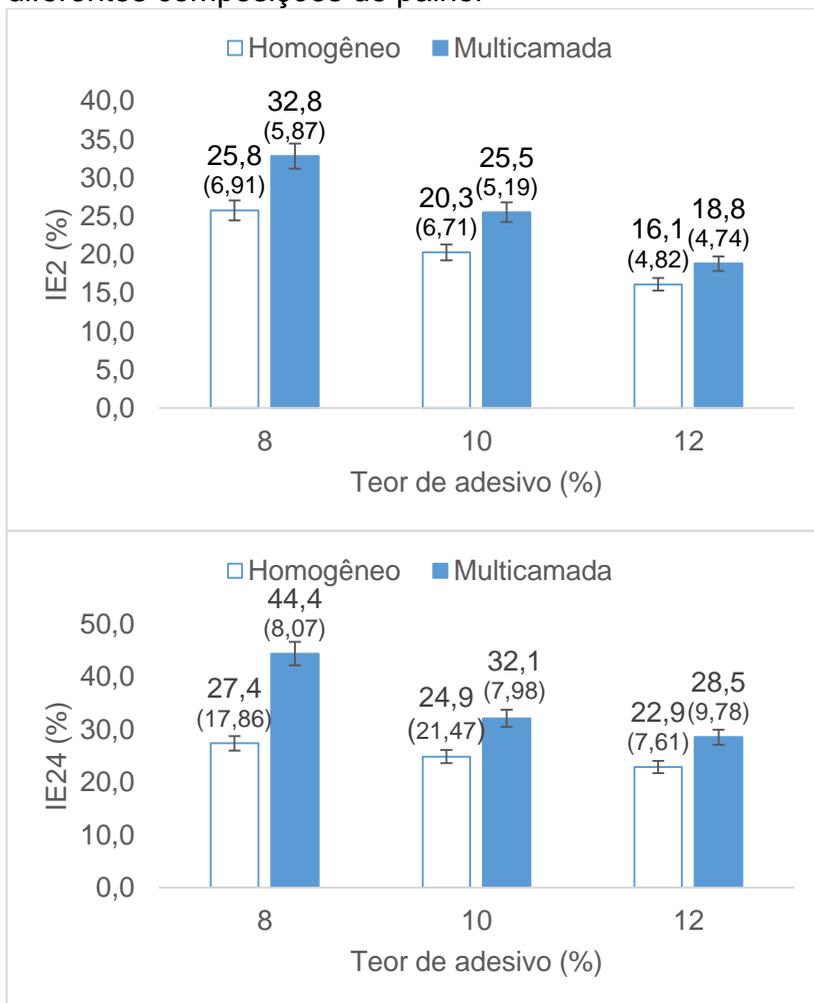


Fonte: Produção do próprio autor, 2016. CV: Coeficiente de variação, entre parênteses. As barras indicam o nível de erro de 5%.

Para as diferentes composições, os painéis de composição homogênea mostraram-se superiores aos painéis confeccionados em camadas. Na literatura esse padrão foi observado por Sanches (2012) que para o ensaio de Inchamento em espessura obteve médias de 11,80% e 13,44% para os painéis homogêneos e multicamadas respectivamente.

Em relação a norma CS 236-66 (1968), os valores encontrados no estudo atenderam aos requisitos da norma que determina valor máximo de 35 % para inchamento em espessura em 24 horas, com exceção do tratamento multicamada com 8% de ureia formaldeído que apresentou a média de 44,4% Cabe salientar que os valores poderiam ser menores caso fosse realizada a adição de parafina. Segundo Guimarães Júnior *et al.* (2013) a adição de 1% de parafina na produção de painéis de madeira aglomerada ocasiona uma redução de aproximadamente 11% no inchamento em espessura.

Figura 28. Médias de inchamento em espessura para as diferentes composições de painel



Fonte: Produção do próprio autor, 2016. CV: Coeficiente de variação, entre parênteses. As barras indicam o nível de erro de 5%.

4.4.7 Taxa de Não Retorno em Espessura (TNRE)

Para a taxa de não retorno em espessura a análise estatística demonstrou interação entre os fatores composição e Teor de adesivo (Tabela 16). As médias obtidas variaram de 20,5% (*Pinus* spp. com 12% de adesivo) até 44,4% (Multicamada com 8% de adesivo), sendo semelhantes as obtidas na literatura (Tabela 19).

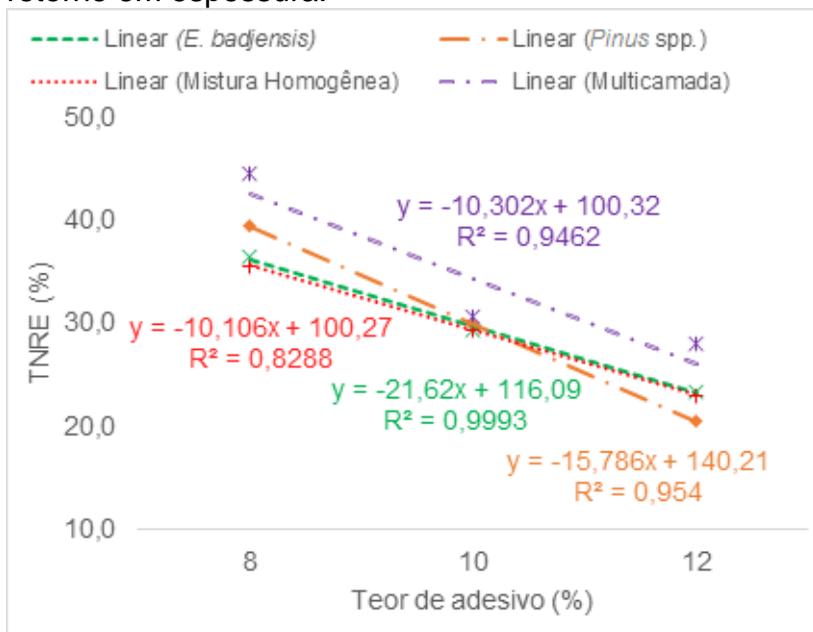
Tabela 20. Valores da literatura para Taxa de Não Retorno em Espessura.

Espécie	TNRE	TA (%)	Autor (es)
<i>E. urophylla</i>	25,6 /36,3	8	Mendes <i>et al.</i> (2014)
<i>Pinus</i> spp.	21,20 22,95 21,10	12 8 12	Longo <i>et al.</i> (2015) França (2015) França (2015)
<i>P. oocarpa</i>	13,50 21,10	10 6	Carvalho (2013) Mendes <i>et al.</i> (2014)
<i>P. taeda</i>	21,50	12	Trianoski (2010)

NOTA: TNRE: Taxa de Não Retorno em Espessura e TA: Teor de Adesivo.

Na figura 29, pode-se observar que em todas as composições de painel ocorreu uma redução dos valores de taxa de não retorno em espessura com o aumento nos teores de adesivo. Esse padrão foi obtido na literatura (Tabela 19) por França (2015). Segundo Kelly (1977) existe uma relação inversa entre a taxa de retorno em espessura e o teor de resina. Desse modo quanto maiores forem os teores de adesivo menores serão os valores para a variável.

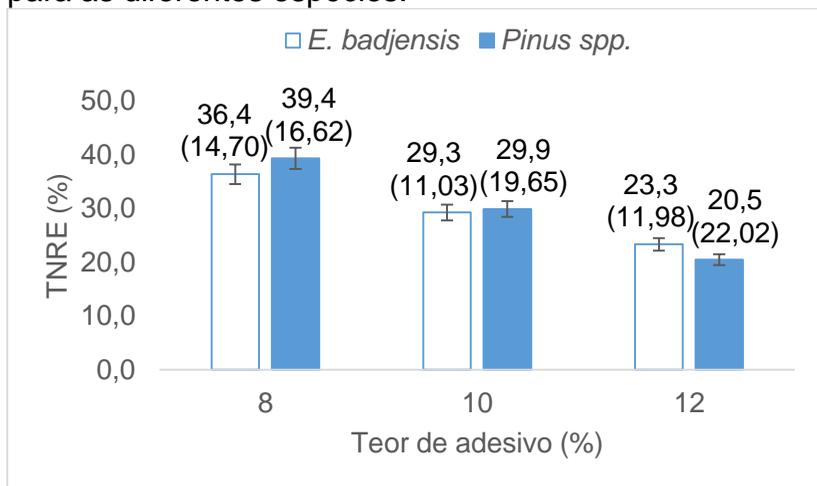
Figura 29. Análise de regressão para Taxa de Não retorno em espessura.



Fonte: Produção do próprio autor, 2016.

Comparando as diferentes espécies, pode-se observar que as duas espécies foram semelhantes para os teores 8% e 10% de adesivo e o *Pinus* spp. foi ligeiramente inferiores para 12% de adesivo. Desse modo a madeira de *E. badjensis* encontra-se adequada para essa variável, uma vez que apresenta propriedades semelhantes as obtidas para a matéria-prima mais utilizada na confecção de painéis de madeira aglomerada no Brasil.

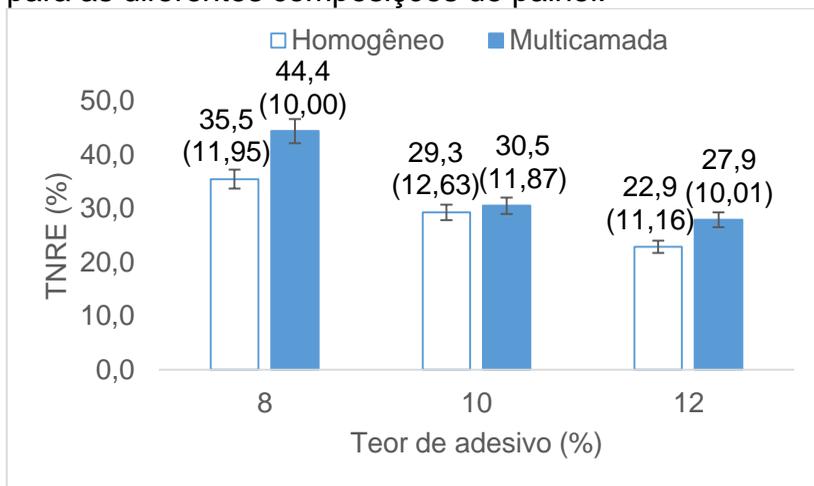
Figura 30. Médias de Taxa de Não Retorno em Espessura para as diferentes espécies.



Fonte: Produção do próprio autor, 2016. CV: Coeficiente de variação, entre parênteses. As barras indicam o nível de erro de 5%.

Em relação as diferentes composições, os painéis homogêneos apresentaram-se superiores para 8% e 10% de adesivo e semelhantes para 12% de adesivo. Longo *et al.* (2015) observou que os painéis homogêneos são superiores aos multicamadas para taxa de não retorno em espessura, o que demonstra a qualidade dimensional dessa composição de painéis.

Figura 31. Médias de Taxa de não retorno em espessura para as diferentes composições de painel.



Fonte: Produção do próprio autor, 2016. CV: Coeficiente de variação, entre parênteses. As barras indicam o nível de erro de 5%.

4.4.8 Módulo de elasticidade (MOE) e Módulo de ruptura (MOR)

Para MOE e MOR a análise estatística não apontou interação entre as variáveis composição e teor de adesivo (Tabela 20).

Tabela 21. Valores de probabilidade dos fatores para o ensaio de Flexão estática.

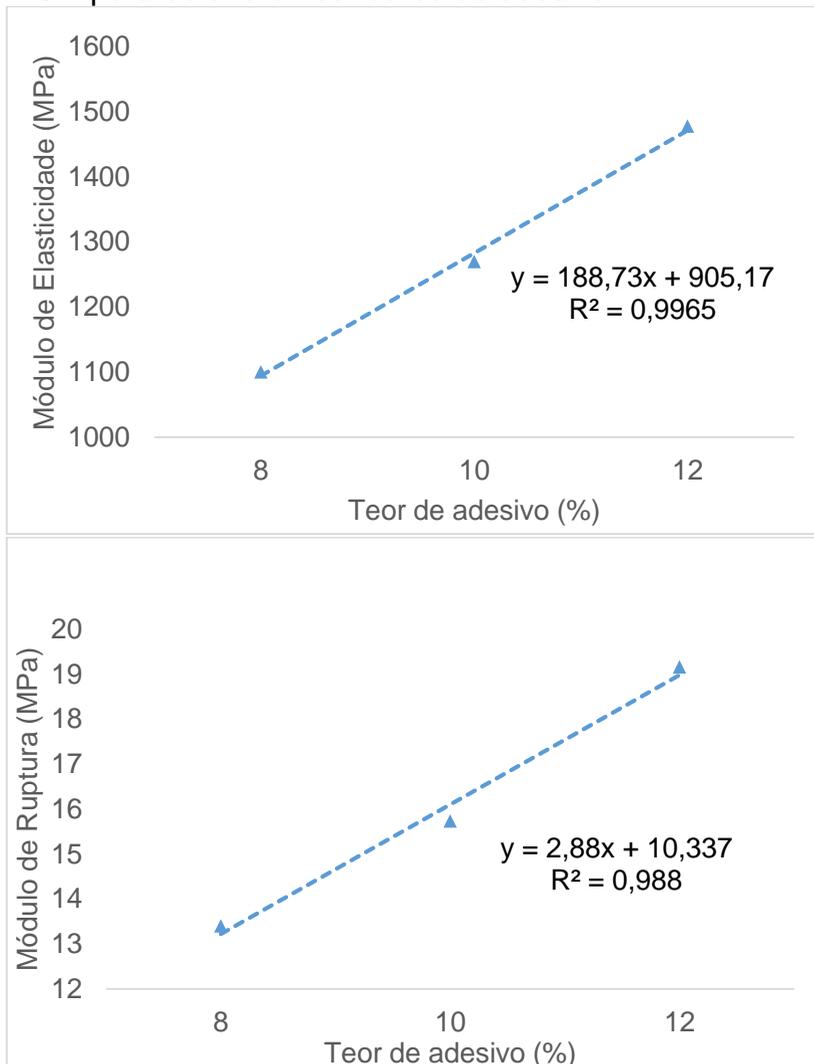
Ensaio	p>Fc		
	Comp	TA	Comp*TA
MOE	0,0000	0,0000	0,1029
MOR	0,0000	0,0000	0,2387
APT	0,0000	0,0000	0,0000
APS	0,0000	0,0000	0,5044
TP	0,0000	0,0000	0,0000

NOTA: Valores de p>Fc menores que 0,05 demonstram a ocorrência de diferença significativa/Interação. Comp: Composição; TA: Teor de adesivo; MOE: Módulo de elasticidade; MOR: Módulo de ruptura. APT: Arrancamento de parafuso (Topo); APS: Arrancamento de parafuso (Superfície), TP: Tração perpendicular à superfície.

As médias obtidas para MOE variaram de 944,14 Mpa (*Pinus* spp com 8% de adesivo) até 1895,17 Mpa (Multicamada com 12% de adesivo). Por sua vez as médias para MOR variaram de 9,52 Mpa até 21,31 Mpa para *Pinus* spp com 8% de adesivo e Multicamada com 12% de adesivo respectivamente. As médias tanto para MOE quanto para MOR enquadram-se no intervalo encontrado na literatura (Tabela 21)

Em relação aos diferentes teores de adesivo (Ver Figura 32), a análise estatística demonstrou que o aumento nos teores de adesivo ocasionou uma melhora nas propriedades, mesmo padrão obtido por Iwakiri *et al.* (2000), Weber *et al.* (2015) e França (2015). Segundo Mendes *et al.* (2010) isso pode ser explicado pelo fato de que quanto maior a quantidade de adesivo aplicada na produção dos painéis melhor a ligação entre as partículas, o que resulta em maior resistência à flexão.

Figura 32. Análise de regressão para as variáveis MOE e MOR para os diferentes teores de adesivo.



Fonte: Produção do próprio autor, 2016. CV: Coeficiente de variação, entre parênteses. As barras indicam o nível de erro de 5%.

Tabela 22. Valores da literatura para o ensaio de Flexão estática

Espécie	MOE (MPa)	MOR (MPa)	TA (%)	Autor (es)
<i>E. benthamii</i> *	1740,7	11,3	12	Cunha <i>et al.</i> (2015)
<i>E. dunni</i>	1756,8	11,6	12	Cunha <i>et al.</i> (2015)
<i>E. grandis</i>	2206,9	13,8	8	Iwakiri <i>et al.</i> (2000)
<i>E. grandis</i>	2305,6	15,3	12	Iwakiri <i>et al.</i> (2000)
<i>E. grandis</i>	2049,3	13,9	12	Cunha <i>et al.</i> (2015)
<i>E. grandis</i>	2516,0	15,4	12	Rios <i>et al.</i> (2015)
<i>E. maculata</i>	1839,5	13,4	8	Iwakiri <i>et al.</i> (2000)
<i>E. maculata</i>	1996,0	16,4	12	Iwakiri <i>et al.</i> (2000)
<i>E. tereticornis</i>	1773,7	7,4	8	Iwakiri <i>et al.</i> (2000)
<i>E. tereticornis</i>	1217,8	10,5	12	Iwakiri <i>et al.</i> (2000)
<i>Pinus spp.</i> ¹	882,3	4,9	6	Weber <i>et al.</i> (2015)
<i>Pinus spp.</i> ¹	1185,4	6,5	10	Weber <i>et al.</i> (2015)
<i>Pinus spp.</i> ¹	717,3	15,4	12	Grubert <i>et al.</i> (2015)
<i>Pinus spp.</i>	1047,1	9,6	12	Longo <i>et al.</i> (2015)
<i>Pinus spp.</i> ¹	1367,3	11,2	8	França (2015)
<i>Pinus spp.</i> ¹	1630,4	16,8	12	França (2015)
<i>P. taeda</i>	1581,1	16,5	8	Trianoski (2010)
<i>P. taeda</i>	1948,1	12,9	12	Trianoski <i>et al.</i> (2011b)
<i>P.taeda/</i> Bambu ^{2 **}	926,3	7,9	8	Morais <i>et al.</i> (2015)
<i>E. dunni/ E.</i> <i>benthamii</i>	1990,4	14,1	12	Cunha <i>et al.</i> (2015)
<i>E. dunni/ E.</i> <i>grandis</i>	1779,8	12,3	12	Cunha <i>et al.</i> (2015)
<i>E. grandis/ E.</i> <i>Benthamii</i>	2213,1	15,4	12	Cunha <i>et al.</i> (2015)
<i>E. grandis/</i> Bambu	895,8	6,7	8	Morais <i>et al.</i> (2015)

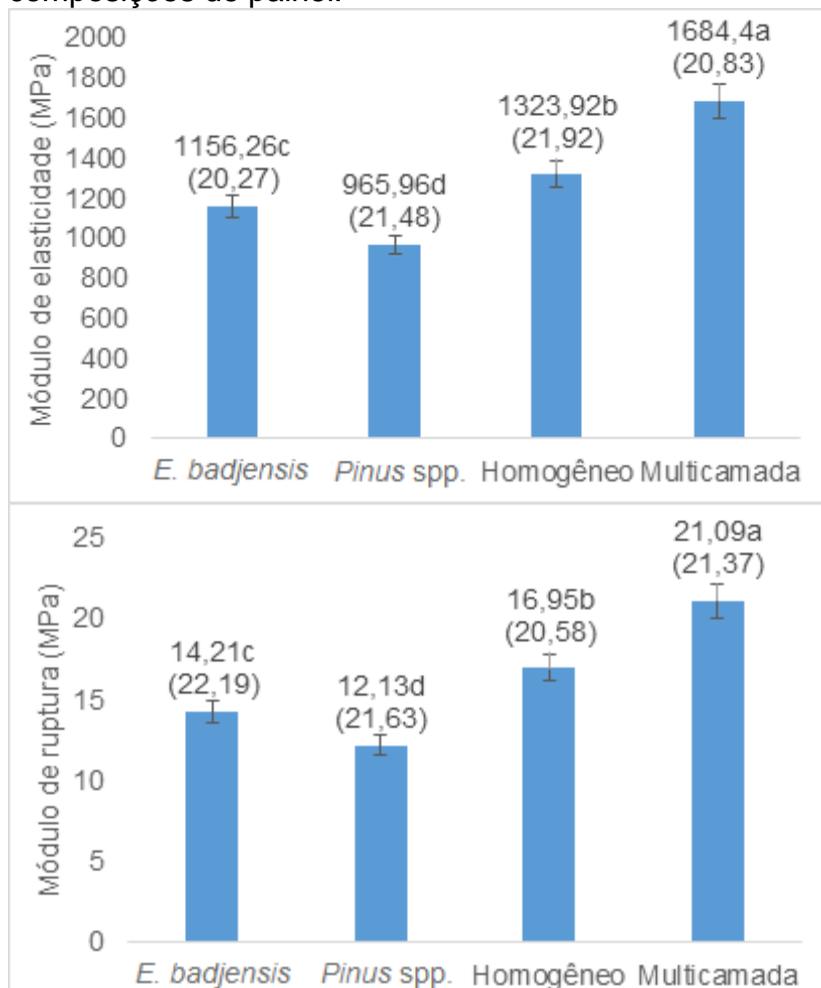
Continua ...

Espécie	MOE (Mpa)	MOR (Mpa)	TA (%)	Autor (es)
<i>E. grandis</i> /	1008,9	13,4	9	Mendes <i>et al.</i> (2010)
<i>Bagaço</i> ³	1062,6	14,34	12	

NOTA: * Painel homogêneo ** Painel homogêneo de mistura de espécies. ¹ Painéis produzidos utilizando resíduos. ² Bambu da espécie *Bambusa tuldooides*. ³ Bagaço de cana de açúcar.

Analisando as diferentes composições de painel, percebe-se que a composição que apresentou os melhores valores foi a multicamada, seguido da mistura homogênea, demonstrando a influência positiva das misturas sobre as propriedades de MOE e o MOR.

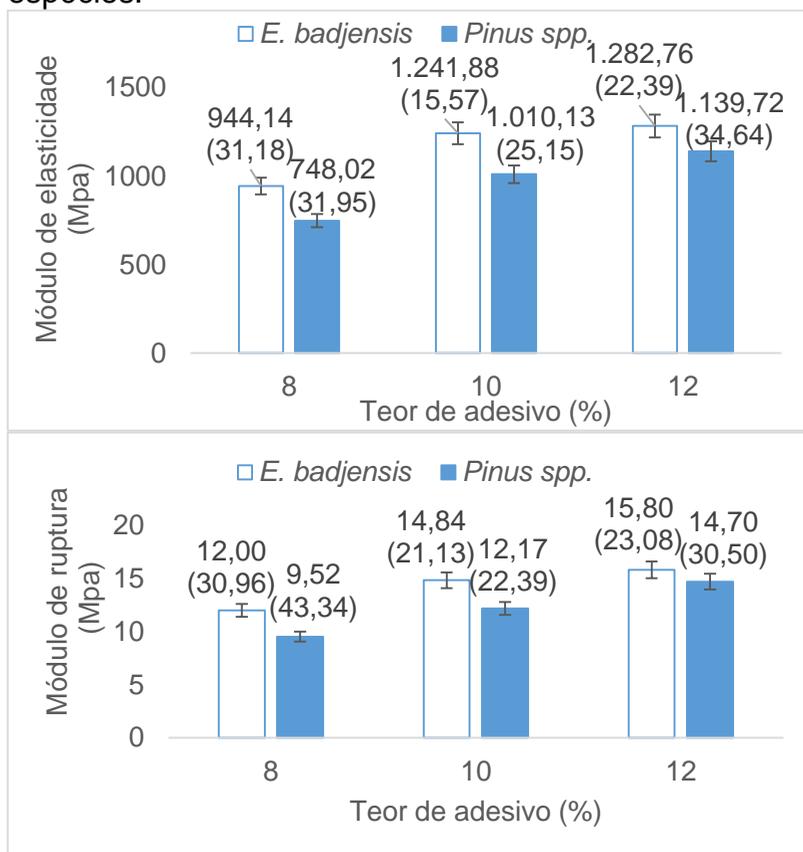
Figura 33. Médias de MOE e MOR para as diferentes composições de painel.



Fonte: Produção do próprio autor, 2016. CV: Coeficiente de variação, entre parênteses. As barras indicam o nível de erro de 5%.

Na figura 34 percebe-se que espécie *E. badjensis* foi superior em todos os teores de adesivo para MOE e MOR, com exceção do 12% para MOR, em que os dois apresentaram médias semelhantes, isso pode ser explicado pela baixa razão de compactação do *Pinus spp.* demonstrando que a madeira da espécie *E. badjensis* encontra-se adequada para essa variável.

Figura 34. Médias de MOE e MOR para as diferentes espécies.

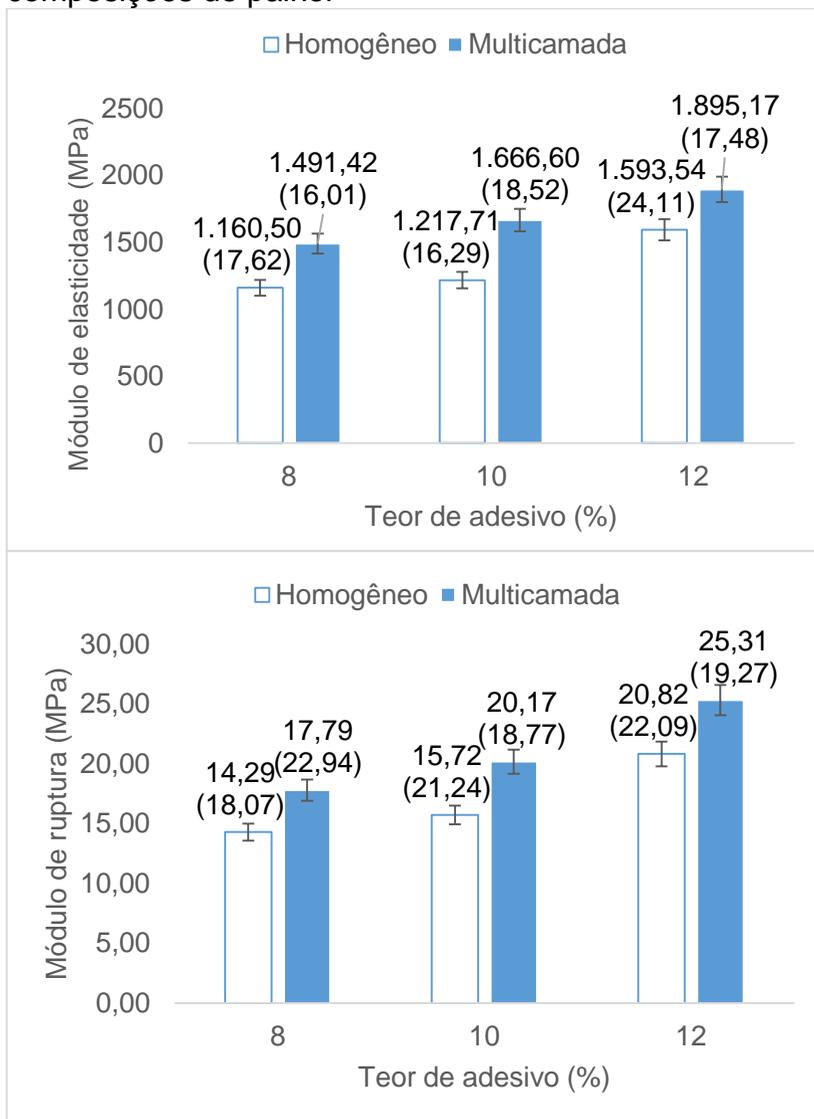


Fonte: Produção do próprio autor, 2016. As barras indicam o nível de erro de 5%. CV, entre parênteses

Para as diferentes composições de painel (ver figura 35), percebe-se que a composição multicamada foi superior para todos os teores de adesivo tanto para MOE quanto MOR. Esse padrão também foi encontrado por Sanches (2012) que atribuiu os resultados em parte pelo gradiente de densidade que se forma ao longo da espessura do painel, com maior densificação das camadas superficiais.

Em relação com a norma CS 236-66 (1968) nenhum dos tratamentos atingiu os valores mínimos estipulados para o MOE (2450 N), fato comumente encontrado na literatura, dentre os estudos citados na tabela 21 apenas o de Rios *et al.* (2015) para *E. benthamii* apresentou os valores recomendados pela norma. Por sua vez para MOR, com exceção do tratamento com *Pinus* spp e 8% de adesivo, todos os tratamentos atenderam a norma que estipula 11,2 MPa como valor mínimo.

Figura 35. Médias de MOE e MOR para as diferentes composições de painel



Fonte: Produção do próprio autor, 2016. CV: Coeficiente de variação, entre parênteses. As barras indicam o nível de erro de 5%

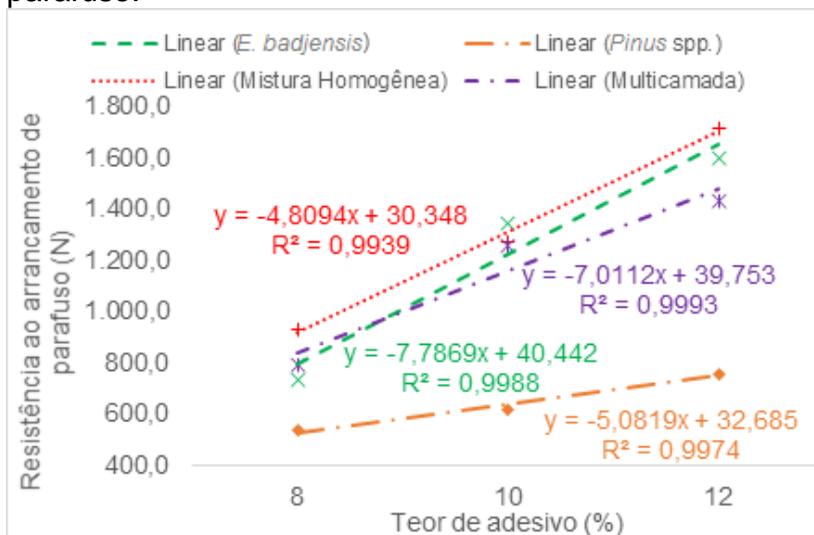
4.4.9 Arrancamento de parafuso

Em relação ao ensaio de arrancamento de parafuso a análise estatística demonstrou interação somente para o ensaio de topo, o ensaio de superfície não demonstrou interação entre as variáveis composição e teor de adesivo (Tabela 20).

4.3.6.1 Topo

Para arrancamento de parafuso de topo, as médias variaram de 534,73N (*Pinus* spp com 8% de adesivo) até 1523,93N (*E. badjensis* com 12% de adesivo). Como é possível observar na Figura 34, para a variável teor de adesivo, pode-se observar que com o aumento nos teores de adesivo em todas as composições ocorreu concomitantemente um incremento na resistência do painel, mesmo padrão obtido na literatura (Tabela 22) por Weber *et al.* (2015) e França (2015). Corroborando para a tese de que o aumento na quantidade de adesivo auxilia para o aumento da resistência ao arrancamento de parafuso em painéis de madeira aglomerada.

Figura 36. Análise de regressão para Arrancamento de parafuso.



Fonte: Produção do próprio autor, 2016. CV: Coeficiente de variação, entre parênteses. As barras indicam o nível de erro de 5%.

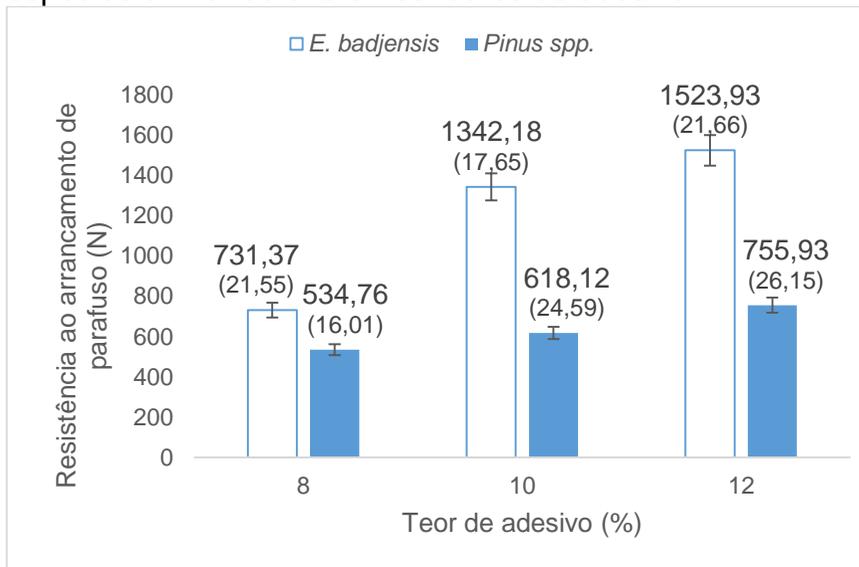
Tabela 23. Valores da literatura para o ensaio de Arrancamento de parafuso.

Espécie	APT (N)	APS (N)	TA (%)	Autor (es)
<i>E. benthamii</i> *	1138,3	1042,2	12	Cunha <i>et al.</i> (2015)
<i>E. dunni</i>	1108,4	1146,6	12	Cunha <i>et al.</i> (2015)
<i>E. grandis</i>	1472,7	1351,5	12	Cunha <i>et al.</i> (2015)
<i>Pinus spp.</i> ¹	718,2	870,9	6	Weber <i>et al.</i> (2015)
<i>Pinus spp.</i> ¹	1066,7	1049,5	10	Weber <i>et al.</i> (2015)
<i>Pinus spp.</i> ¹	830,6	933,6	12	Grubert <i>et al.</i> (2015)
<i>Pinus spp.</i>	1166,1	1199,8	12	Longo <i>et al.</i> (2015)
<i>Pinus spp.</i> ¹	750,5	1229,4	8	França (2015)
<i>Pinus spp.</i> ¹	861,0	1328,2	12	França (2015)
<i>P. taeda</i>	1206,7	1295,9	12	Trianoski (2010)
<i>P. taeda</i>	153,7	167,5	8	Schneid <i>et al.</i> (2012)
<i>P. taeda</i>	148,6	161,9	12	Schneid <i>et al.</i> (2012)
<i>P. taeda</i>	846,1	1031,9	12	Trianoski <i>et al.</i> (2011b)
<i>E. dunni/ E. benthamii</i> **	998,9	1076,7	12	Cunha <i>et al.</i> (2015)
<i>E. dunni/ E. grandis</i>	915,9	1100,2	12	Cunha <i>et al.</i> (2015)
<i>E. grandis/ E. Benthamii</i>	1093,9	1109,2	12	Cunha <i>et al.</i> (2015)

NOTA: * Painel homogêneo ** Painel homogêneo de mistura de espécies. ¹ Painéis produzidos utilizando resíduos.

Analisando separadamente as diferentes espécies é possível observar que o *E. badjensis* apresentou maiores valores para os todos os teores analisados, fato que indica que no que tange essa variável a espécie apresenta-se adequada para a produção de painéis de madeira aglomerada.

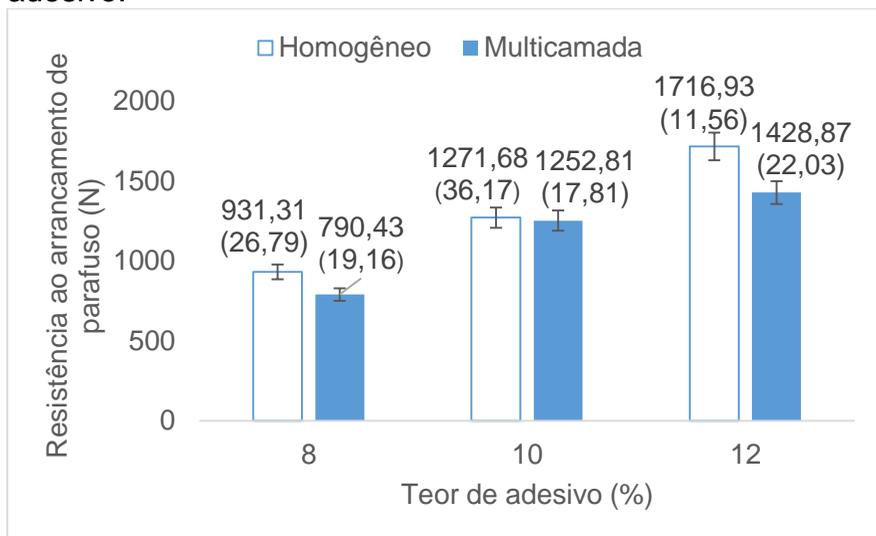
Figura 37. Valores médios obtidos para as diferentes espécies utilizando diferentes teores de adesivo.



Fonte: Produção do próprio autor, 2016. CV: Coeficiente de variação, entre parênteses. As barras indicam o nível de erro de 5%.

Comparando as diferentes composições (ver figura 38), os painéis homogêneos apresentaram-se ligeiramente superiores para 8% e 12% de adesivo e semelhantes aos painéis multicamadas para 10% de adesivo, fato que demonstra a qualidade dos painéis homogêneos para essa variável.

Figura 38. Médias de resistência ao Arrancamento de parafuso para as diferentes composições e teores de adesivo.



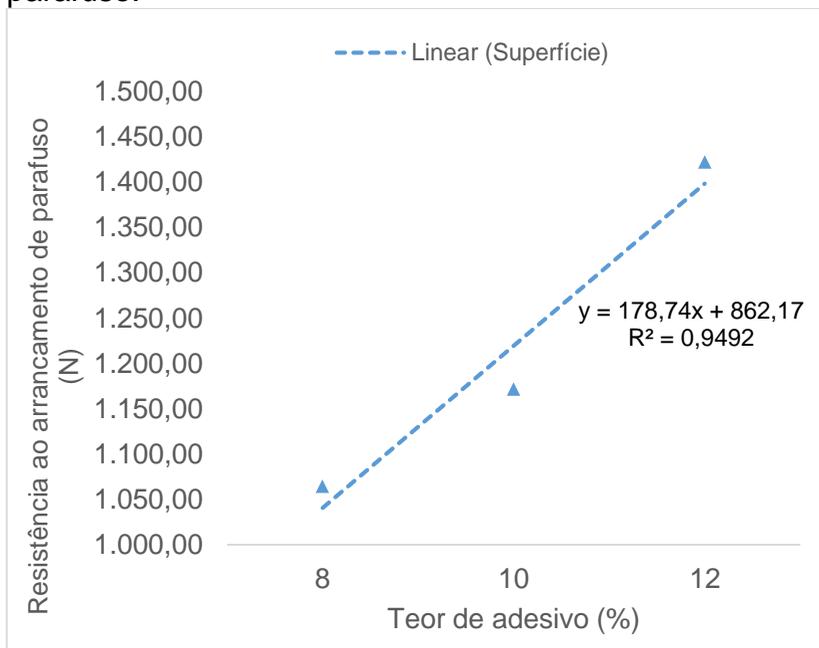
Fonte: Produção do próprio autor, 2016. CV: Coeficiente de variação, entre parênteses. As barras indicam o nível de erro de 5%.

Em relação a norma NBR 14810 (2006) que determina valores mínimos de 800N para o ensaio de arrancamento de parafuso de topo os painéis compostos por *Pinus spp.* em todos os teores de adesivo, *E badjensis* com 8% de adesivo e mistura homogênea com 8% de adesivo, não atenderam a norma, os demais tratamentos enquadraram-se nos padrões de qualidade estipulados.

4.3.6.2 Superfície

Para o ensaio de superfície, assim como ocorreu para o ensaio de topo constatou-se que o aumento nos teores de adesivo ocasionou uma melhora nas propriedades do painel, sendo que as maiores médias foram obtidas utilizando 12% de adesivo (Figura 39).

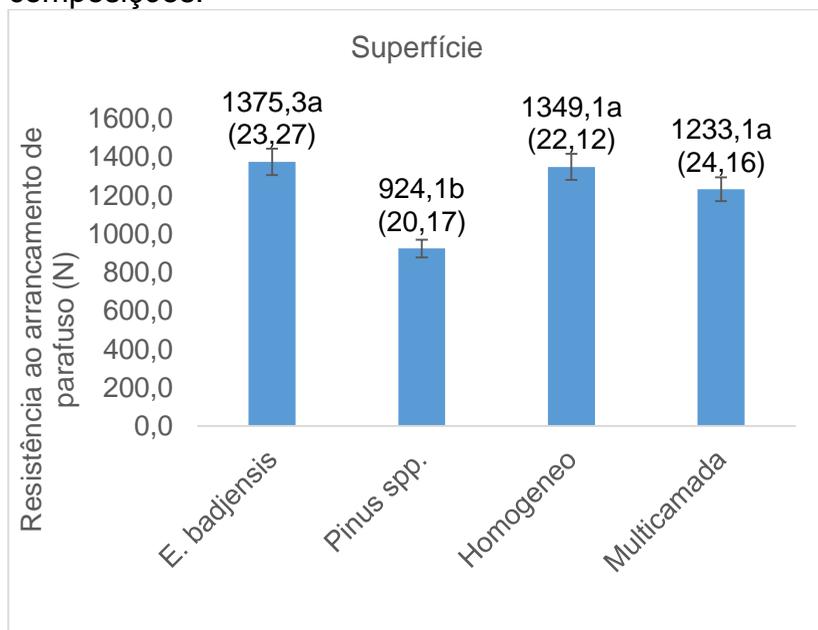
Figura 39. Análise de Regressão para os diferentes teores de adesivo para a variável resistência ao arrancamento de parafuso.



Fonte: Produção do próprio autor, 2016.

Os painéis homogêneos de *E. badjensis*; de mistura homogênea e multicamada foram semelhantes entre si. Por sua vez os painéis homogêneos de *Pinus* spp. apresentaram valores inferiores aos demais, indicando que a utilização de *E. badjensis*, bem como suas respectivas misturas com *Pinus* spp. apresentam influência positiva sobre a propriedade de resistência ao arrancamento de parafuso.

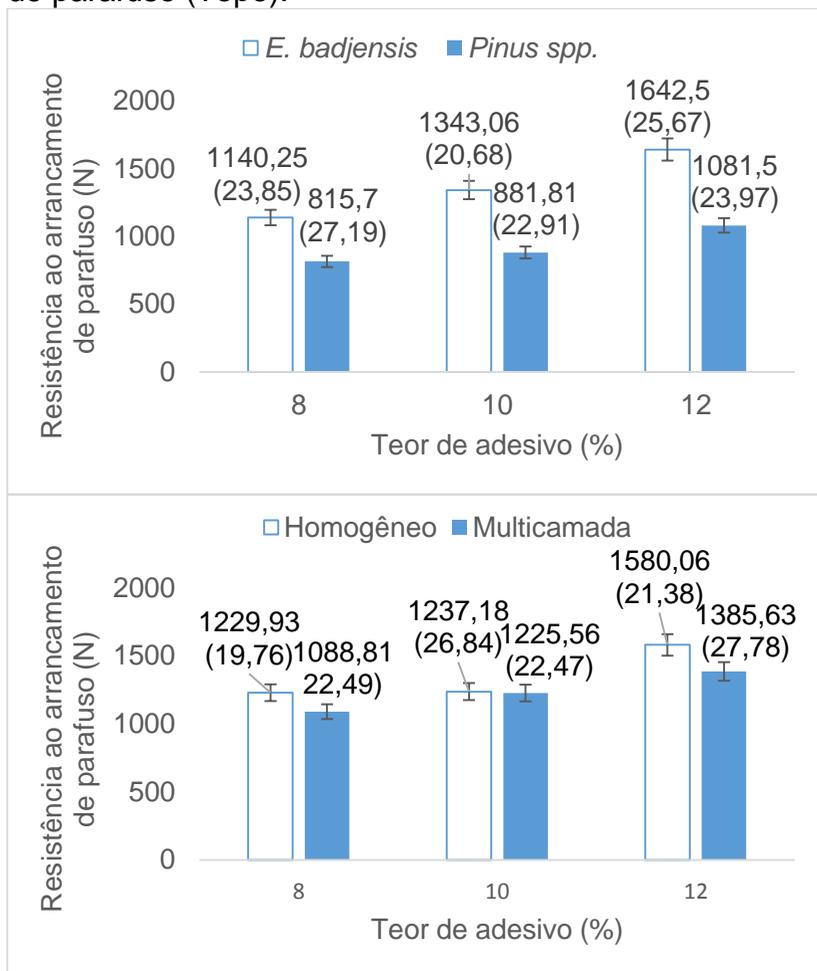
Figura 40. Valores médios de resistência ao Arrancamento de parafuso para as diferentes composições.



Fonte: Produção do próprio autor, 2016. CV: Coeficiente de variação, entre parênteses. As barras indicam o nível de erro de 5%. Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 95% de confiança.

Em relação a literatura (Tabela 22) os valores obtidos para *E. badjensis* (1351,3N) foram semelhantes aos obtidos por Cunha *et al.* (2015) para *E. grandis* (2015). Por sua vez a média obtido para *Pinus* spp. (924,1N) enquadrou-se a faixa encontrada na literatura, sendo esta entre 870,9N (WEBER *et al.*, 2015) e 1328,2 (LONGO *et al.*, 2015). Em relação a mistura homogênea, a média (1349,1N) foi superior as encontradas por Cunha *et al.* (2015) que obteve 1076,7N e 1109,2 N para misturas de diferentes espécies de Eucalipto. Não foram encontrados na literatura estudos avaliando painéis multicamada de mistura de espécies na proporção 25%/50%/25%.

Figura 41. Médias obtidas para o ensaio de Arrancamento de parafuso (Topo).



Fonte: Produção do próprio autor, 2016. NOTA: As barras indicam o nível de erro de 5%.

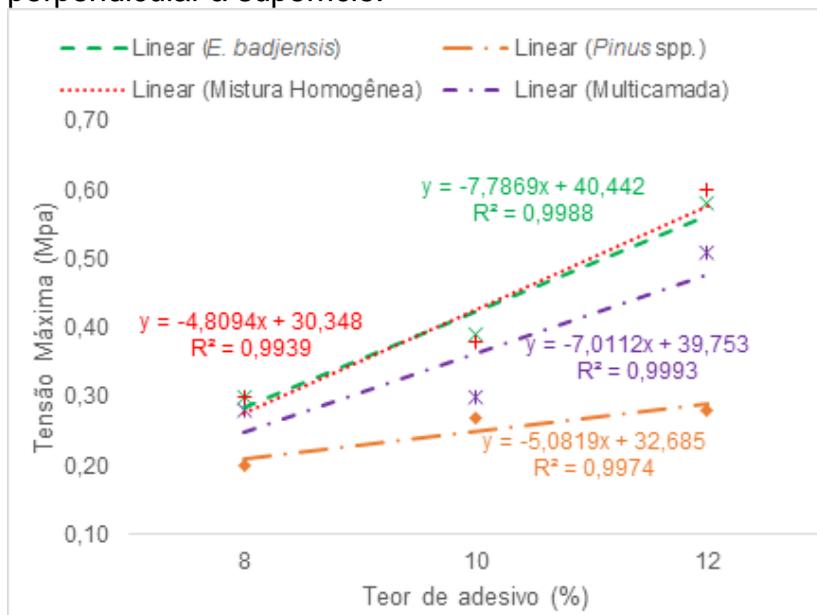
Comparando com a norma NBR 14810 (2016), apenas os painéis de *Pinus spp* confeccionados com 8% e 10% (Figura 39) não atingiram valor mínimo estabelecido (1000 N).

4.4.10 Tração perpendicular à superfície (Ligação interna)

Os resultados obtidos para tração perpendicular demonstraram que ocorreu interação entre as variáveis composição e teor de adesivo (Tabela 20).

Como é possível observar na figura 40 em todas as composições de painel o aumento nos teores de adesivo ocasionou incremento na resistência média dos painéis. Na literatura (Tabela 23) o mesmo padrão foi obtido por Iwakiri *et al.* (2000), Weber *et al.* (2015) e França (2015). De acordo com Iwakiri *et al.* (2000) e Santos *et al.* (2009) esse incremento ocorre devido à maior disponibilidade de adesivo por unidade de área das partículas obtida para os painéis confeccionados com maiores teores de adesivo.

Figura 42. Análise de regressão para o ensaio de Tração perpendicular à superfície.



Fonte: Produção do próprio autor, 2016.

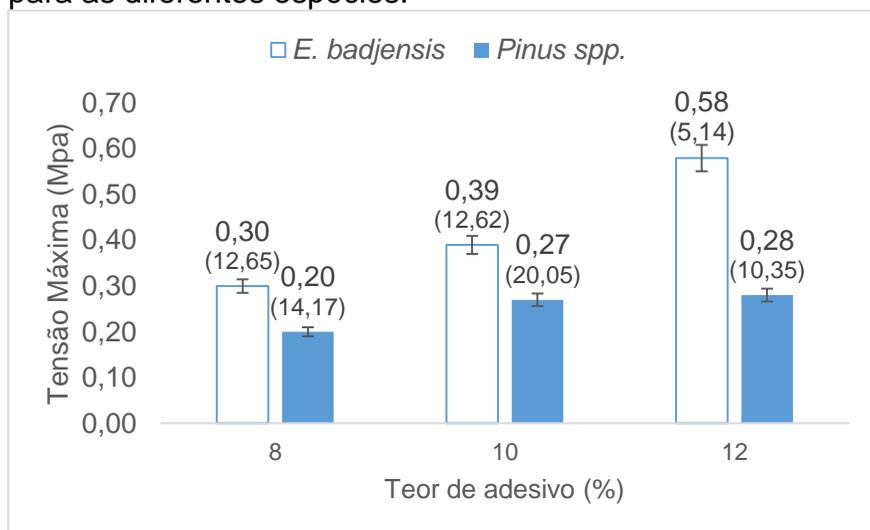
Tabela 24. Valores da literatura para o ensaio de Tração perpendicular

Espécie	TP (Mpa)	TA (%)	Autor (es)
<i>Eucalyptus sp.</i>	0,59	12	Negri (2013)
<i>E. benthamii</i>	0,84	12	Cunha <i>et al.</i> (2015)
<i>E. dunni</i>	0,80	12	Cunha <i>et al.</i> (2015)
<i>E. grandis</i>	0,76	8	Iwakiri <i>et al.</i> (2000)
<i>E. grandis</i>	1,24	12	Iwakiri <i>et al.</i> (2000)
<i>E. grandis</i>	1,18	12	Cunha <i>et al.</i> (2015)
<i>E. grandis</i>	0,54	12	Rios <i>et al.</i> (2015)
<i>E. maculata</i>	1,10	8	Iwakiri <i>et al.</i> (2000)
<i>E. maculata</i>	1,27	12	Iwakiri <i>et al.</i> (2000)
<i>E. tereticornis</i>	0,85	8	Iwakiri <i>et al.</i> (2000)
<i>E. tereticornis</i>	1,36	12	Iwakiri <i>et al.</i> (2000)
<i>Pinus spp.</i> ¹	0,44	6	Weber <i>et al.</i> (2015)
<i>Pinus spp.</i> ¹	0,54	10	Weber <i>et al.</i> (2011)
<i>Pinus spp.</i> ¹	0,27	12	Grubert <i>et al.</i> (2015)
<i>Pinus spp.</i>	0,30	12	Longo <i>et al.</i> (2014)
<i>Pinus spp.</i> ¹	0,32	8	França (2015)
<i>Pinus spp.</i> ¹	0,39	12	França (2015)
<i>P. taeda</i>	1,30	12	Trianoski (2010)
<i>P.taeda/</i>	0,27	8	Morais (2011)
<i>Bambu</i> ² **			
<i>E. dunni/ E. benthamii</i>	0,99	12	Cunha <i>et al.</i> (2015)
<i>E. dunni/ E. grandis</i>	0,71	12	Cunha <i>et al.</i> (2015)
<i>E. grandis/ E. Benthamii</i>	1,06	12	Cunha <i>et al.</i> (2015)

NOTA: * Painel homogêneo ** Painel homogêneo de mistura de espécies. ¹ Painéis produzidos utilizando resíduos. ² Bambu da espécie *Bambusa tuldoides*.

Em relação as diferentes espécies em todos os teores de adesivo o *E. badjensis* apresentou valores superiores os de *Pinus spp.*, em partes isso pode ser explicado pelo menor índice de esbeltez das partículas de *E. badjensis*. De acordo com Carvalho *et al.*, (2014b) o baixo índice de esbeltez influencia positivamente os valores de ligação interna.

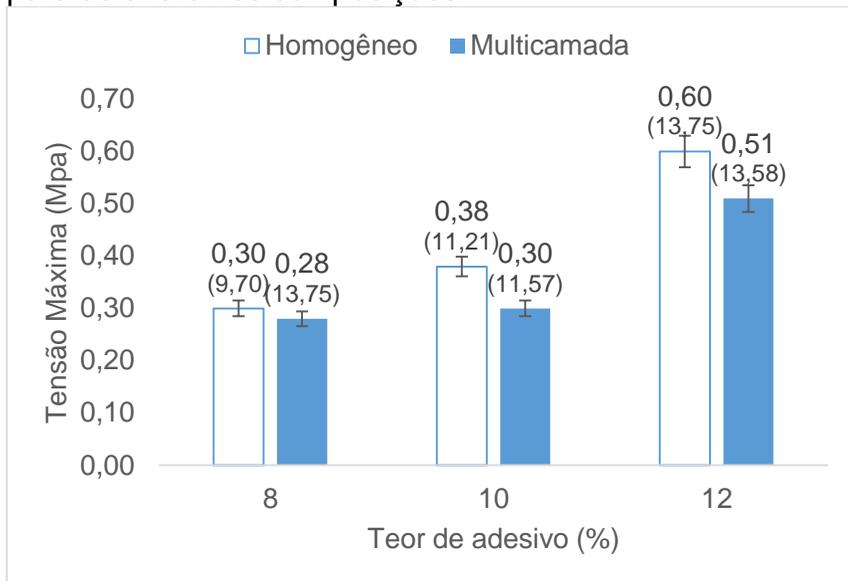
Figura 43. Médias de Tração perpendicular à superfície para as diferentes espécies.



Fonte: Produção do próprio autor, 2016. CV: Coeficiente de variação, entre parênteses. As barras indicam o nível de erro de 5%.

Comparando as diferentes composições de painel (Ver figura 42), pode-se observar que as duas composições apresentaram resultados semelhantes para 8% de adesivo e que para os teores 10% e 12% os painéis homogêneos apresentaram valores mais satisfatórios. Fato que demonstra a qualidade da colagem dos painéis homogêneos.

Figura 44. Médias de Tração perpendicular à superfície para as diferentes composições.



Fonte: Produção do próprio autor, 2016. CV: Coeficiente de variação, entre parênteses. As barras indicam o nível de erro de 5%.

Em relação a norma CS 236-66 (1968) apenas os painéis de mistura homogênea, multicamada e *E. badjensis*; confeccionados com 12% de adesivo apresentaram valores superiores a 0,42 MPa (valor mínimo exigido pela norma).

O fato de alguns tratamentos não atingirem as normas em partes pode ser explicado pela baixa densidade dos painéis. De acordo com Hillig (2000) uma maior densidade de painel gera uma redução dos espaços vazios e da porosidade e conseqüentemente melhores valores de resistência a tração perpendicular.

4.4.11 Resumo das propriedades físicas e mecânicas dos painéis.

Nas tabelas 24 e 25 estão apresentados os resumos das médias das propriedades físicas e mecânicas dos painéis.

Tabela 25. Resumo das médias propriedades físicas dos painéis.

Comp	TA	Ensaio				
		AA2	AA24	IE2	IE24	TNRE
		(%)				
<i>E. bad</i>	8	94,2	116,7	27,8	31,8	36,4
	10	73,5	97,1	22,2	23,5	29,3
	12	50,9	69,3	17,6	20,2	23,3
<i>Pinus spp.</i>	8	126,4	129,7	32,8	34,8	39,4
	10	104,6	116,3	24,6	27,4	29,9
	12	94,9	104,1	17,2	19,2	20,5
Hom.	8	87,5	103,1	25,8	27,4	35,5
	10	85,4	95,7	20,3	24,9	29,3
	12	67,3	82,7	16,1	22,9	22,9
Multi	8	88,6	109,7	32,8	44,4	44,4
	10	82,6	91,4	25,5	32,1	30,5
	12	68,0	85,3	16,1	28,5	27,9
Norma		-	-	-	35	-

Fonte: Produção do próprio autor, 2016. NOTA: Médias em vermelho/negrito não atingiram valores recomendados pela norma. AA2: Absorção de água em 2 horas; AA24: Absorção de água em 24 horas; IE2: Inchamento em espessura em 2 horas; IE24: Inchamento em espessura em 24 horas; TNRE: Taxa de não retorno em espessura. *E. bad*: *Eucalyptus badjensis*; Hom.: Painele homogêneo; Multi: Painele multicamada. Norma utilizada: CS 236-66 (1968).

Tabela 26. Resumo das médias das propriedades mecânicas dos painéis.

Comp	TA	Ensaio				
		MOE (MPa)	MOR (MPa)	APT (N)	APS (N)	TP (MPa)
<i>E. bad</i>	8	944,14	12,00	731,37	1140,25	0,30
	10	1241,88	14,84	1342,18	1343,06	0,39
	12	1282,76	15,80	1523,93	1642,5	0,58
<i>Pinus spp.</i>	8	748,02	9,52	534,76	815,70	0,20
	10	1010,13	12,17	618,12	881,81	0,27
	12	1139,72	14,70	755,93	1081,5	0,28
Hom.	8	1160,50	14,29	931,31	1229,93	0,30
	10	1217,71	15,72	1271,68	1237,18	0,38
	12	1593,54	20,82	1716,93	1580,06	0,60
Multi	8	1491,42	17,79	790,43	1088,81	0,28
	10	1666,60	20,17	1252,81	1225,56	0,30
	12	1895,17	25,31	1428,87	1385,63	0,51
Norma		2450	11,20	800	1000	0,42

Fonte: Produção do próprio autor, 2016. NOTA: Médias em vermelho não atingiram valores recomendados pela norma. Comp: Composição, TA: Teor de adesivo. *E. bad*: *Eucalyptus badjensis*; Hom.: Painel homogêneo; Multi: Painel multicamada. MOE: Módulo de elasticidade, MOR: Módulo de Ruptura, APT: Arrancamento de parafuso (Topo), APS: Arrancamento de parafuso (Superfície), TP: Tração perpendicular. Norma utilizada: NBR 14810 (2006) para o ensaio de arrancamento de parafuso, o demais resultados foram comparados com a norma CS 236-66 (1968).

Com a análise das tabelas é possível observar que os painéis confeccionados com 12% apresentaram as melhores médias para todas as propriedades.

De forma análoga percebe-se a superioridade das propriedades dos painéis confeccionados com *E. badjensis* em comparação aos confeccionados utilizando *Pinus* spp., fato que demonstra o potencial de utilização da madeira dessa espécie de Eucalipto para a confecção de painéis de madeira aglomerada, contudo para que sejam atingidas as normas de qualidade ainda são necessários alguns ajustes no processo.

5 CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos é possível concluir que:

- A espécie *E. badjensis* apresenta propriedades químicas adequadas para a produção de painéis de madeira aglomerada.
- A madeira de *E. badjensis*, bem como de suas misturas com *Pinus ssp.* (Homogênea e multicamada) apresentam potencial de utilização no processo produtivo de painéis de madeira aglomerada.
- O aumento no teor de adesivo (UF) ocasiona um incremento na qualidade dos painéis.

6. RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Confeccionar painéis com maior densidade nominal;
- Avaliar a viabilidade técnica do uso da madeira de *E. badjensis* para a produção de outros painéis de madeira como OSB, MDF e Compensado.

REFERÊNCIAS

ABIMCI – Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente. **Estudo Setorial 2009, ano base**. ABIMCI, Curitiba – PR, 2009.

ABIPA, Associação Brasileira da Indústria de Painéis de Madeira, **MDP, Medium density particleboard – Painéis de partícula de média densidade**. 2014 (a). Disponível em: < <http://www.abipa.org.br/produtosMDP.php>> Acesso: 05/01/2015.

ABIPA, Associação Brasileira da Indústria de Painéis de Madeira, **Números**. 2015 (b) Disponível em: < <http://www.abipa.org.br/numeros.php>> Acesso: 05/01/2015.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 14810 – 1 – Painéis de Partículas de Média Densidade – Parte 1 – Terminologia**. 2010.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 14660: Madeira – Amostragem e preparação para análise**. Rio de Janeiro; 2004. 7p.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7988: Madeira - determinação do teor de extraíveis com água: método de ensaio**. Rio de Janeiro, 1984.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 14660: Madeira - Amostragem e preparação para análise**. Rio de Janeiro, 2004.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7990**: Madeira - Determinação do material solúvel em hidróxido de sódio a 1%. Brasília, 2010.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 14853**: Madeira - Determinação do material solúvel em etanol-tolueno e em diclorometano e em acetona. Brasília, 2010.

ALBERTO, M. M. M. **Efeito da geometria das partículas e da densidade sobre as propriedades de painéis estruturais “waferboards”**. 122 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1992.

ALBUQUERQUE, C. E. C. **Interações de variáveis no ciclo de prensagem de aglomerados**. 150 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.

AMPESAM, C. G.; RIOS, P. D. A.; VIEIRA, H. C.; PEREIRA, G. F.; GRUBERT, W.; CUNHA, A. B.; KNISS, D. D. C. Avaliação das propriedades físicas de painéis aglomerados produzidos com madeira de *Pinus patula* e de *Pinus spp*. In: XXII CONGRESSO FLORESTAL DO RIO GRANDE DO SUL. **Anais ...** Nova Prata – RS, 2015.

ANDRADE, A. S. **Qualidade da madeira, celulose e papel em *Pinus taeda* L.: influência da idade e classe de produtividade**. 2006. 107p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

ANDRADE, P. I. L. **Painéis de partículas termorretrificadas produzidos com resíduos de madeira de pinus provenientes de embalagens.** 2013. 67p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2013.

ANTONIO, R. D. **Caracterização fitoquímica, morfoanatomia e atividades biológicas de *Eucalyptus badjensis* Beuzev e Welch, Myrtaceae.** 2011. 110p. Dissertação (Mestrado em Ciências farmacêuticas) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

ANSI - American National Standart. **Mat-formed wood particleboard:** Specification. ANSI/A 208.1 - 1993. National Particleboards Association, p. 9. 2009.

ASTM – American Society For Testing Abd Materials. Annual book of ASTM: D-1037 - **Standard methods of evaluating properties of wood-base fiber and particles materials.** Philladelphia, 2002.

BARROS FILHO, R. M. **Painéis aglomerado a base de bagaço de cana de açúcar e resinas ureia formaldeído e melamina-formaldeído.** 2009. 117p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de materiais). REDEMAT. Ouro Preto, 2009.

BARTLETT, M. S. **Properties of sufficiency and statistical tests.**Proceedings of the Royal Society of London. Series A, Mathematical and Physical Sciences, p.268-282, 1937.

BALDIN, T.; SOUZA, J. T.; MENEZES, W. M.; HASELEIN, C. R. Determinação da densidade básica da madeira de *Eucalyptus benthamii* Maiden Et Cabbage. In: I Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia da Madeira e III Simpósio Brasileiro de Ciência e Tecnologia da Madeira. **Anais ...** Petrópolis, RJ, p. 210-211, 2013.

BALLONI, C. J. V. **Caracterização física e química da madeira de *Pinus elliottii***. 2009. 41p. Monografia (Graduação em Engenharia Industrial Madeireira) - UNESP, Itapeva, SP, 2009.

BELINI, U. L. **Caracterização tecnológica de painéis de madeira de Eucalipto, *Eucalyptus grandis* e de bagaço do colmo de cana-de-açúcar, *Saccharum sp.*** 2012. 169f. Tese (Doutorado em Ciências) ESALQ - Piracicaba, 2012.

BIANCHE, J. J. **Propriedades de aglomerado fabricado com partículas de Eucalipto (*Eucalyptus urophylla*), Paricá (*Schizolobium amazonicum*) e Vassoura (*Sida spp.*)**. 2009. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.

BIANCHE, J. J.; CARNEIRO, A. DE C. O. C.; VITAL, B. R. V.; PEREIRA, F. A.; SANTOS, R. C. DOS; SORATTO, D. N. Propriedades de painéis aglomerados fabricados com partículas de Eucalipto (*Eucalyptus urophylla*), Paricá (*Schizolobium amazonicum*) e Vassoura (*Sida spp.*). **Cerne**, Lavras, v. 18, n. 4, p. 623-630, out./dez. 2012.

BIAZUS, A.; HORA, A.B.; LEITE, B.G. Panorama de Mercado: painéis de madeira. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n.32. p.49-90, 2010.

BRITO, E. O. **Produção de chapas de partículas de madeira a partir de maravalhas de *Pinus elliottii* Engelm. Var. elliottii plantado no sul do Brasil.** 1995. 123f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1995.

BRITO, E. O.; BATISTA, D. C. Chapas de madeira aglomerada de uma camada de *Pinus elliottii* Engelm com a adição das cascas de *Eucalyptus pellita* F. Muell. **Cerne**, v. 11, n. 4, p. 369-375, 2005.

BOLAND, D. J.; BROOKER, M. I. H.; CHIPPENDALE, G. M.; HALL, N.; HYLLAND, B. P. M.; JOHNSTON, R. D.; KLEINING, M. W.; McDONALD, M. W. TURNER, J. D. **Forest Trees of Australia.** CSIRO. Melbourne, 687p. 1984.

BROOKER, M. I. H.; KLEINING, D. A. **Field Guide to Eucalypts** (Volume 1: South-eastern Australia) (3 ed.). Melbourne: Bloomings Books. 182p. 2006.

CARLL, C. **Wood particleboard and flakeboard: Types, grades, and uses.** Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory; 1986. 9 p.

CARNEIRO, A. C. O.; VITAL, B. R.; PIMENTA, A. S.; DELLA LUCIA, R. M. Propriedades de chapas de flocos fabricadas com adesivo de uréia-formaldeído e de taninos de casca de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden ou de *Eucalyptus pellita* F. Muell. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 28, n. 5, p. 715-724, 2004.

CARPANEZZI, A. A. **Zoneamento ecológico para plantios florestais no Estado de Santa Catarina.** Curitiba: EMBRAPA: CNPF, 1988. 113 p.

CARVALHO, A. G. **Utilização de adesivos tânicos de *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville em painéis de madeira reconstituída.** 100f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira). Universidade Federal de Lavras. Lavras-MG, 2013.

CARVALHO, A. G.; LELIS, R. C. C.; NASCIMENTO, A. M.; Avaliação de adesivos a base de tanino de *Pinus caribaea* var. *bahamensis* e de *Acacia mearnsii* na fabricação de painéis aglomerados. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, n. 2, p. 479-489, abr.-jun., 2014 (a).

CARVALHO, A. G.; ZANUNCIO, A. J. V.; MENDES, R. F.; MORI, F. A.; SILVA, M. G.; MENDES, L. M. Adesivos tânicos de *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville na produção de painéis aglomerados. **Revista Árvore**, v. 38, n. 1, p. 195-202, 2014 (b).

CHIPANSKI, E. R. **Proposição para melhoria do desempenho ambiental da indústria de aglomerado no Brasil.** 2006. 193f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais)– Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

COLODETTE, J. L. **Química da madeira, Apostila Teórica.** 2001. 196 p.

COMMERCIAL STANDARD. CS 236-66: **mat formed wood particleboard.** [S.l.], 1968.

CLOUTIER, A. Oriented strandboard (osb): raw material, manufacturing process, proprieties of wood-based fiber and particle materials. In: INTERNATIONAL SEMINAR ON SOLID WOOD PRODUCTS AND TECNOLOGY, 1998, Belo Horizonte, **Anais ...**, Belo Horizonte: SIF, 1998. p. 173-185.

CUNHA, A. B.; LONGO, B. L.; RODRIGUES, A. A.; BREHMER, D. R.; Produção de painéis de madeira aglomerada de *Eucalyptus benthamii*, *Eucalyptus dunni* e *Eucalyptus grandis*. **Scientia Forestalis**. Piracicaba, v. 42, n. 102, p. 259-267, jun. 2014.

DEL MENEZZI, C. H. S.; SOUZA, M. R.; GONÇALVES, J. C. Fabricação e avaliação tecnológica de chapas de madeira aglomerada de mistura de *Eucalyptus urophylla* T. S. Blake e *Pinus oocarpa* Schiede. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 20, n. 3, p. 371-379, 1996.

DEL MENEZZI, C. H. S. **Estabilização dimensional por meio do tratamento térmico e seus efeitos sobre as propriedades de painéis de partículas orientadas (OSB)**. 2004. 242 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

DIAS, F. M. **Aplicação de resina poliuretana à base de mamona na fabricação de painéis de madeira compensada e aglomerada**. 2005. 116 f. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.

DOS SANTOS, R. C; MENDES, L. M.; MORI, F. A. MENDES, R. F. Chapas de partículas aglomeradas a partir de resíduos gerados após a extração de óleo da madeira de candeia (*Eremanthus erytropapus*). **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v.37, n.84, p. 437-446, 2009.

EINSFELD, C. L. **Análise da competitividade entre as indústrias de painéis de madeira: compensado, MDF e OSB no estado do Paraná**. 83f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

ELEOTÉRIO, J. R. Propriedades físicas de painéis MDF de diferentes densidades e teores de resina. 121 p. Dissertação (Mestrado em Ciências). Escola Superior de Agricultura “Luís de Queiroz”. Universidade de São Paulo. Piracicaba - SP, 2000.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Zoneamento ecológico para plantios florestais no estado do Paraná**. Curitiba, 1986. 89 p.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Zoneamento ecológico para plantios florestais no estado de Santa Catarina**. Curitiba, 1988. 113 p.

EUCATEX. **Eucaprint BP**. Disponível em: < <http://www.eucatex.com.br/pt/paineis/mdp/produto.aspx?id=24> > Acesso: 09/01/2015.

FAO – **Food and Agriculture Organization of United Nations. Fiber and Particleboard**. Report of na international consultation of insulation board, hardboard and particleboard. 179p. Rome, 1958.

FERREIRA, O. P.; ZENID, G. J.; NAHUZ, M. A. R.; MIRANDA, M. J. de A. C.; BRAZOLIN, S. **Madeira: uso sustentável na construção civil**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas: SVMA: Sinduscon – SP, 2003. 59p.

FOSTER, W. G. Species variation. In PROCEEDINGS OF FIRST SYMPOSIUM OF PARTICLEBOARD, **Anais ...** Washington, EUA, 1967.

FOELKEL, C.E.B. Densidade básica; sua verdadeira utilidade como índice de qualidade da madeira de eucalipto para produção de celulose. In: Congresso Florestal Brasileiro, **Anais ...** Campos do Jordão, SP. 1990.

FRAGA, D. G.; SILVA JÚNIOR, F. G.; GONÇALEZ, J. C. Avaliação da polpação soda de *Pinus taeda* com adição de antraquinona. In: CONGRESSO IBEROAMERICANO DE INVESTIGACIÓN EN CELULOSA Y PAPEL, **Anais ...** CAMPINAS – SP, 2002.

FRANÇA, M. C. **Produção de painéis aglomerados de fibras Oversize de uma indústria de MDF**. 2015. 170 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal). Universidade do Estado de Santa Catarina. Lages, SC. 2015.

FRIHART, C. R. Wood adhesion and adhesives. In: ROWELL, R. M. (Ed.). **Handbook of Wood Chemistry and Wood Composites**. CRC Press: Florida, Chapter 9, p. 215-278, 2005.

GAMA, R. O. **Utilização do rejeito de UKP/BKP (Unbleach Kraft Polp/ Bleach Kraft Polp) da indústria de celulose em painéis de partículas.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial). Centro Universitário do Leste de Minas. Coronel Fabriciano, MG. 2010.

GOLDSTEIN, I. S. Overview of the chemical composition of wood. P.1-5. 1991. In: International Fiber Science and Technology, **Proceedings**, v.11, 1991, 488p.

GONÇALVES, F. G. Painéis aglomerados de madeira de *Acacia mangium* com adesivos de uréia-formaldeído e tanino em pó de casca de *Acacia mearnsii*. 2012. 105 f. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais e Florestais) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica, 2012.

GORSKI, L. **Produção de painéis de partículas orientadas (OSB) a partir da madeira de *Pinus spp.* e *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage em diferentes combinações.** 2014. 125 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Centro de Ciências Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2014.

GRUBERT, W. CUNHA, A. B.; HILLESHEIM, V. S.; FERRARI, L. H.; PEREIRA, G. F.; Utilização de feixes de fibras de *Pinus spp.* e partículas de Polietileno de baixa densidade (PEBD) na produção de painéis aglomerado. IN: VIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS. **Anais ...** Recife, 2014.

GRUBERT, W.; CUNHA, A. B.; PEREIRA, G. F.; VIEIRA, H. C.; RIOS, P. D.; BELINI, U. L.; ANTUNES, R.; KNISS, D. D. C. Propriedades mecânicas de painéis de fibras de *Pinus spp.* reforçados com polietileno de baixa densidade. In: II CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA MADEIRA. **Anais ...** Belo Horizonte, 2015.

GUIMARÃES, I. L.; GUIMARÃES JÚNIOR, J. B.; LISBOA, F. J. N.; ANDRADE, C. R.; SIQUEIRA, H. F. Caracterização química e física da madeira de procedências de *Eucalyptus*. **Enciclopédia biosfera**. v.9, n.17; p. 636, Goiânia – GO, 2013.

GUIMARÃES JÚNIOR, J. B.; ARAÚJO, B. L. M.; LOPES, O. P.; MENDES, R. F.; MENDES, L. M. Produção de painéis aglomerados da madeira de desrama de *Acacia mangium*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v.33, n.76, p.387-391, 2013.

HASELEIN, C. R. **Análise de parâmetros para a fabricação de chapas de partículas aglomeradas de madeira de eucalipto (*Eucalyptus grandis* W. Hill ex-Maiden) e embaúba (*Cecropia* sp.)**. 75 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) -Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1989.

HIGA, A. R; KAGEYAMA, P. Y; FERREIRA, M. Variação da densidade básica da madeira de *Pinus elliottii* var. *Elliottii* e *Pinus taeda*. **IPEF**. n.7, p.79-91, 1973.

HIGA, R. C. V.; HIGA, A. R.; ALVES, E. C. Comportamento de progênies de *Eucalyptus badjensis* Beuzev. & Welch em dois locais da Região Sul do Brasil. **Boletim de Pesquisa Florestal**. Colombo, n. 45, jul/dez. 2002.

HILLIG, E. **Qualidade de chapas aglomeradas estruturais, fabricadas com madeira de pinus, eucalipto e acácia negra, puras ou misturadas, coladas com tanino formaldeído**. 96 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, 2000.

HUGEN, L. N. **Efeito do tratamento hidrotérmico em partículas *strand* para painéis OSB**. 2013. 70p. Relatório final de Estágio Curricular Supervisionado (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2013.

IRLE, M. A.; BARBU, M. C.; REH, H.; BERGLAND, L.; ROWELL, R. M.; Adhesives with wood materials: Bond formation and performance. In: Forest Products Laboratory. **Wood Handbook**. Wood as engineering material. Madison, WI: US. Departamento of agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 2010.

IBÁ, Industria Brasileira de Árvores, **Anuário Estatístico 2014**. Disponível em: <http://www.bracelpa.org.br/shared/iba_2014_pt.pdf> Acesso: 05/01/2015.

IBÁ, Industria Brasileira de Árvores, **Anuário Estatístico 2015**. Disponível em: <http://www.bracelpa.org.br/shared/iba_2014_pt.pdf> Acesso: 05/01/2015.

IBÁ, Industria Brasileira de Árvores, **Painéis de Madeira Industrializados**. Disponível em: < <http://www.bracelpa.org.br/web/pt/nossos-produtos/paineis-madeira-industrializados.htm> > Acesso: 05/01/2015.

IWAKIRI, S. **A influência das variáveis de processamento sobre propriedades das chapas de partículas de diferentes espécies de *Pinus***. 130 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1989.

IWAKIRI, S.; CUNHA, A. B. C.; ALBUQUERQUE, C. E. C.; GORNIK, E.; MENDES, L. M. Resíduos de serrarias na produção de painéis de madeira aglomerada de eucalipto. **Scientia Agrária**, v.1, n.1-2, p.23-28, 2000.

IWAKIRI, S.; SILVA, J. R. M.; MATOSKI, S. L. S.; LEONHARDT, G.; CARON, J. Produção de chapas de madeira aglomerada de cinco espécies de *Pinus* tropicais. **Floresta e ambiente**, Rio de Janeiro, v. 8 n.1 p 137-142, 2001.

IWAKIRI, S.; DEL MENEZZI, C. H. S.; LAROCCA, C.; VENSON, I.; MATOSKI, S. S. Produção de compensados de *Pinus taeda* e *Pinus oocarpa* com resina fenol-formaldeído. **Cerne**, Lavras, v. 11, n. 2, p. 92 - 97, 2002.

IWAKIRI, S.; SHIMIZU, J.; SILVA, J. C.; DEL MENEZZI, C. H. S.; PUERINGHER, C. A.; VENSON, I.; LARROCCA, C. Produção de painéis de madeira aglomerada de *Grevillea Robusta* A. Cunn ex R. Br. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, 2004.

IWAKIRI, S.; KEINERT JÚNIOR, S; MENDES, L. M; ALBUQUERQUE, C. E. D; LATORRACA, J. E. F; **Painéis de Madeira**. Curitiba: FUPEF, 2005a, 196p.

IWAKIRI, S.; ANDRADE, A. S.; CARDOSO JÚNIOR, A. A.; CHIPANSKI, E .R.; PRATA, J. G.; ADRIAZOLA, M.K.O.; Produção de painéis aglomerados de alta densificação com uso de resina melamina-uréia-formaldeído. **Cerne**, Lavras, v. 11, n. 4, p. 323-328, 2005b.

IWAKIRI, S.; MATOS, J. L. M. DE; TRIANOSKI, R.; PRATA, J. G. Produção de painéis aglomerados homogêneos e multicamadas de *Melia azedarach* (CINAMOMO) e *Pinus taeda* com diferentes teores de resina. **Cerne**, Lavras, v. 18,n. 3, p. 465-470, jul./set. 2012.

KELLY, M. W. Critical literature review of relationship between processing parameters and physical properties of particleboard. USDA. Forest **Service Rep**. FPI, V.10, 66 p, 1977.

KLOCK, U. **Qualidade da madeira juvenil de *Pinus maximinoi*** H. E. Moore. 2000. 324p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2000.

KLOCK, U.; MUÑIZ, G. I. B.; HERNANDEZ, J. A.; ANDRADE, A. S.de. **Química da Madeira**. 3 ed. Curitiba: UFPR, 2005. 86p.

KOLLMANN, F.; KENZI, P.; STAMM, A.; **Principles of wood science and technology II. Wood based materials**, 703p. New York, USA, 1975.

JANKOWSKI, I. P. **Colagem de madeiras**. Esalq Piracicaba, 45p. 1988.

JOSELEAU, J. P. *et al.* Detection in situ and characterization of lignin in the Glayer of tension wood fibres of *Populus deltoids*. **PLANTA**, Berlin, v.219, n. 2, p. 338-345, Apr. 2004.

LATORRACA, J. V, F. ***Eucalyptus* spp., na produção de painéis de cimento-madeira**. 2000. 208p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) -Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2000.

LIMA, A. L.; SZUCS, C. A.; ROVERE, H. L. Análise de vigas em I em madeira com mesa em Pinus e alma em OSB, In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E ESTRUTURAS DE MADEIRA, 9, **Anais ...** Cuiabá: Universidade Federal do Mato Grosso, 2004.

LOBÃO, M. S.; CASTRO, V. R. de; RANGEL, A.; SARTO, C.; FILHO, M. T.; JÚNIOR, F. G. da S.; NETO, L. C.; BERMUDEZ, M. A. R. C. Agrupamento de espécies florestais por análises univariadas e multivariadas das características anatômica, física e química das suas madeiras. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 39, n. 92, p. 469-477, dez. 2011.

LOH, Y. W.; H'NG, P. S.; LEE, S. H.; LUN, W. C.; TAN, C. K.; Proprieties of particleboard produced from Rubberwood and Mahang Species. **Asian jornal of Applied Sciencies**, Serdang, Malaysia, 2010.

LONGO, B. L.; CUNHA, A. B.; RIOS, P. D.; TEREZO, R. F.; ALMEIDA, C. C. F. Caracterização tecnológica de painéis particulados produzidos com resíduos de cinco espécies tropicais comerciais. **Scientia Forestalis**. Piracicaba. V. 43, n. 108. p.907-917, 2015

MALONEY, T. M. **Modern particleboard and dry-process fiberboard manufacturing**. 2. ed. São Francisco: Miller Freeman, 1993. 689 p.

MALONEY, T. M. The Family of wood composite materials. **Forest Products Journal**. v.46, n.2, p.19-26, 1996.

MANTERO, C.; FERNÁNDEZ, V.; ROZ, A. Anatomía, peso específico aparente de la madera y porcentaje de corteza en orígenes de dos especies de *Eucalyptus* cultivadas em Uruguay (*Eucalyptus dunnii* Maiden y *Eucalyptus badjensis* Beuzev. & Welch). **Agrociencia**. Montevideu. v.22, n.1, p 20-30, 2008.

MARRA, A. A. **Technology of wood bonding**. Principles and practice. New York, Van Nostrand Reinhold, 1992, 453p.

MATOS, J. L. M.; KEINERT JR, S. Estudo do ciclo da prensa para a produção de painéis *waferboards* – Parte I – Efeito sobre as propriedades de resistência. **Revista Floresta**, Curitiba, v.18, n.12, 1988.

MATTOS, R. L. G.; GONÇALVES, R. M.; CHAGAS, F. B. das. **Painéis de madeira no BRASIL: panorama e perspectivas**. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 27, p. 121-156, mar. 2008.

MATTOS, B. D.; GATTO, D. A.; STANGERLIN, D. M.; CALEGARI, L.; MELO, R.R.de; SANTINI, E.J. Variação axial da densidade básica da madeira de três espécies de gimnospermas. **Rev. Bras. Ciênc. Agrár.**, Recife, v.6, n.1, p.121-126, 2011.

MELO, R. R.; SILVESTRE, S.; OLIVEIRA, T. M.; PEDROSA, T. D.; Variação radial e longitudinal da densidade básica da madeira de *Pinus elliottii* ENGELM. Com diferentes idades. **Ciência da Madeira**, Pelotas, v. 04, n. 01, p. 83-92, 2013.

MENDES, C. J.; Influência da idade em *Pinus taeda* sobre a qualidade da madeira para a produção de celulose. **IPEF**, Piracicaba, v.9, n.27, p.81 – 90, 1993.

MENDES. L. M. ***Pinus* spp. na produção de painéis de partículas orientadas (OSB)**. 2001. 156 f. Tese (Doutorado) – Programa de pós graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2001.

MENDES, L. M.; IWAKIRI, S.; MATOS, J. L. M. de; KEINERT JR, S.; SALDANHA, L. K. *Pinus* spp. na produção de painéis de partículas orientadas (OSB). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 12, n. 2, p. 135-145. 2002.

MENDES, L. M.; IWAKIRI, S; MORI, F. A.; GUIMARÃES JÚNIOR, J. B.; MENDES R. F.; *Eucalyptus urophylla* stands wood utilization at two different ages for production of particleboard panels. **Cerne**, Lavras, v. 15, n. 3 p. 288-294. 2009.

MENDES, R. F.; MENDES, L. M.; ABRANCHES, R. A. S.; SANTOS, R. C.; GUIMARÃES JÚNIOR, J. B. Painéis aglomerados produzidos com bagaço de cana em associação com madeira de eucalipto. **Scientia Forestalis**. Piracicaba, v. 38, n. 86, p. 285-295, jun. 2010.

MENDES, R. F.; MENDES, L. M.; GUIMARÃES JÚNIOR, J. B.; SANTOS, R. C.; CÉSAR, A. A. S.; Efeito da associação do bagaço de cana, do tipo e do teor de adesivo na produção de painéis aglomerados. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.22, n.1, p.161- 170, 2012.

MENDES, R. F.; MENDES, L. M.; MENDONÇA, L. L.; GUIMARÃES JÚNIOR, J. B.; MORI, F. A. Qualidade de painéis aglomerados homogêneos produzidos com a madeira de clones de *Eucalyptus urophylla*. **Cerne**, Lavras, v.20, n.2, p.329-336, 2014.

MOSLEMI, A. A. **Particleboard**. Illinois: Southern Illinois University, 1974. 244p.

MORAIS, W. W. C.; HASELEIN, C. R.; SUSIN, F.; VIVIAN, M. A.; MORAIS, J. B. F. Propriedades físico-mecânicas de painéis aglomerados com *Bambusa tuldoides* e *Pinus taeda*. **Ciência Florestal**. Santa Maria. v. 25, n. 4, 2015.

MULLER, B. V. **Caracterização tecnológica da qualidade da madeira de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cabbage em sistemas de desdobro primário**. 2013. 115p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

NAPOLI, L. M.; SANCHES, F. L.; IWAKIRI, S.; HILLIG, E. Propriedades físicas da madeira e de painéis aglomerados produzidos com misturas de espécies florestais, **Floresta**. Curitiba, PR, v. 43, n. 3, p. 475 - 484, jul. / set. 2013

NASSER, A. A. S. Physical and Mechanical Properties of Three-Layer Particleboard Manufactured from the Tree Pruning of Seven Wood Species. **World Applied Sciences Journal** 19 (5): 741-753, 2012.

NISGOSKI, S.; MUNIZ, G. I. B.; KLOCK, U. Caracterização anatômica da madeira de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.8, n.1, p. 67-76, 1998.

NEAR, W. J. **Effect of water soluble extractives on the volumetric shrinkage and equilibrium moisture content of eleven tropical and domestic woods**. Mont Alto: Pennsylvania State University, 1955. 37p.

NEGRI, D. C. **Análise das propriedades físico-mecânicas de painel particulado de eucalipto composto por três camadas com duas variações de pressão**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Industrial Madeireira) Universidade Estadual Paulista, Itapeva-SP, 2013.

OLIVEIRA, J. T. S.; HELLMEISTER, J. C.; FILHO, M. T. Variação do teor de umidade e da densidade básica na madeira de sete espécies de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.29, n.1, p.115-127, 2005.

PALERMO, G.P. de M.; LATORRACA, J.V. de F.; SEVERO, E.T.D.; REZENDE, M.A. de; ABREU, H. dos S.

Determinação da densidade da madeira de *Pinus elliottii* Engelm., através de atenuação de radiação gama comparada a métodos tradicionais. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v.11, n.1, p.1-6, ago/dez 2004.

PEDROSA, A. L.; IWAKIRI, S.; MATOS, J. L. M. Produção de vigas estruturais e perfil “I” com painéis de madeira reconstituída de *Pinus taeda* L. e *Eucalyptus dunnii* Maiden. **Floresta**, v. 35, n.3, set./dez. Curitiba, 2005.

PENFOLD, A. R. **The eucalypts : botany, cultivation, chemistry and utilization**. London : Leonardo Hill, 1961.

PEREIRA, J. C. D.; MATTOS, P. P.; SCHAITZA. E. G. Características da madeira de seis espécies de Eucalipto plantadas em Colombo – PR. **Boletim de pesquisa e desenvolvimento**. Colombo: Embrapa Florestas. 14p. 2003.

PEREIRA, G. F. **Comparação das propriedades físicas de painéis de madeira aglomerada de *Pinus patula* e *Pinus sp.* de origem industrial**. 2014. 56 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Catarina. Curitibanos – SC, 2014.

PIZZI, A. **Advanced wood adhesives technology**. New York: M. Dekker, p. 289, 1994.

POBLETE, W. H. Tableros de partículas con renovales de roble (*Nothofagus obliqua*), raulí (*N. alpina*) y un híbrido de ambos. **BOSQUE**: Valdivia – Chile. v.10, n.1, p.9-17, 1989.

PLANTS DATABASE, *Eucalyptus badjensis*. Disponível em: <<http://plants.usda.gov/core/profile?symbol=EUBA>>7. Acesso em: 19/08/2015.

RBGSYD, THE ROYAL BOTANIC GARDENS & DOMAIN TRUST, A Web Guide to the Eucalypts: *Eucalyptus badjensis*. Disponível em: <https://www.rbgsyd.nsw.gov.au/science/Scientific_publications/telopea> Acesso: 19/08/2015.

RIGATTO, P. A.; DEDECEK, R. A.; MATOS, J. L. M. de. Influência dos atributos do solo sobre a qualidade da madeira de *Pinus taeda* para produção de celulose Kraft. **Revista Árvore**, Viçosa, v.28, n.2, p.267-273, 2004.

RIOS, P. D.; VIEIRA, H. C.; STUPP, A. M.; KNISS, D. D. C.; BORBA, M. H.; CUNHA, A. B.; Avaliação física e mecânica de painéis reconstituídos compostos por partículas de galhos secos de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze e madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. **Scientia Forestalis**. Piracicaba, v. 43, n. 106, p. 283-289, jun. 2015.

ROCHA, M. P. *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e *Eucalyptus dunnii* Maiden como fontes de matéria prima para serrarias. 2000. 185 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2000.

RODRIGUES, C. K.; HILLIG, E. MACHADO, G. O. Análise química da madeira de *Pinus oocarpa*. In: SEMANA DA INTEGRAÇÃO ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO. **Anais ...** Irati – PR, 2006.

ROWELL, R. M.; HAN, J. S.; ROWELL, J. S. Characterization and factors affecting fiber properties. In: FROLLINI, E.; LEÃO, A.L.; MATTOSO, L.H.C. (Ed.) **Natural polymers and agrofibers based composites**. São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2000. p.115-134.

SANCHES, L. F.; **Qualidade de painéis aglomerados produzidos com mistura de madeiras de quatro espécies florestais**. 2012. 80f. Dissertação (Mestrado em Ciências florestais) - Universidade Estadual do Centro- Oeste. Irati – PR, 2012.

SANTOS ANDIRÁ. **MDP, Painéis de partículas de média densidade**. Disponível em: <<http://www.isa.com.br/index.jsp?view=387>> Acesso: 07/01/2015.

SANTOS, R. C.; MENDES, L. M.; MORI, F. A.; MENDES, R. F.; Chapas de partículas aglomeradas produzidas a partir de resíduos gerados após a extração do óleo da madeira de candeia (*Eremanthus erythropappus*). **Scientia Forestalis**. Piracicaba, v. 37, n. 84, p. 437-446, dez. 2009.

SANTOS, I. D. **Influência dos teores de lignina, holocelulose e extrativos na densidade básica, contração da madeira e nos rendimentos e densidade do carvão vegetal de cinco espécies lenhosas do cerrado**. 2008. 92f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade de Brasília, Brasília – DF, 2012.

SCHNEID, G. N.; BARBOSA, L. C. ; FERREIRA, E. S. ; PEDRAZZI, C. . Efeito dos teores de resina e geometria das partículas, obtidas do resíduo do picador, nas propriedades físico-mecânicas em painéis de madeira aglomerada de *Pinus taeda*.. In: 45 Congresso Internacional de Celulose e Papel da ABTCP / VII Congresso Ibero-Americano de Pesquisa de Celulose e Papel, CIADICYP 2012, São Paulo. **Proceedings..** POSADAS - Argentina: RIADICYP, 2012.

SJOSTROM, E. **Wood Chemistry fundamentals and applications**. New York. Academica Press. 223p, 1981.

SCOTT, A. J., KNOTT, M. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, v.30, n.3, p.507-12, 1974.

SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. An analysis of variance test for normality (complete samples). **Biometrika**, p. 591-611, 1965.

STARK, N. M.; CAI, Z.; CARLL, C. Wood-Based Composite Materials Panel Products, Glued-Laminated Timber, Structural Composite Lumber, and Wood–Nonwood Composite Materials. **Forest Products Laboratory**. 1998. 190p.

STAMM, A. J. **Wood and cellulose Science**. The Ronald Press Company, New York, 1964, 549p.

SOUSA, J. S. I.; PEIXOTO, A. M.; TOLEDO, F. F. **Enciclopédia agrícola brasileira: E-H**. EDUSP, São Paulo. 511p. 1995.

SOUZA, K. B.; ALMEIDA, K. N. S. GUIMARÃES JÚNIOR, J. B.; GUIMARÃES NETO, J. B.; Comparação das propriedades físicas de painéis aglomerados de Pinus de origem industrial e laboratorial. **Scientia Plena**. V.8, n.4, 2012.

SUN, R. C.; TOMKINSON, J. Comparative study of organic solvent and water-soluble lipophilics extractives from wheat straw yield and chemical composition. **Journal of Wood Science**, 2003, 49, 47-52.

TAPPI - Technical Association of the Pulp and Paper Industry **TAPPI 413**: Ash in wood, pulp, paper and paperboard: combustion at 900°C, Test Method. ATLANTA TAPPI PRESS, 1993. 4p.

TAPPI - Technical Association of the Pulp and Paper Industry **TAPPI T222**: Acid-insoluble lignin in wood and pulp, Test Method. ATLANTA TAPPI PRESS, 2002. 5p.

TRIANOSKI, R., **Avaliação do potencial de espécies florestais alternativas de rápido crescimento para produção de painéis de madeira aglomerada**. 2010. 260 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2010.

TRIANOSKI R.; IWAKIRI, S.; MATOS, J. L. M. Potential use of Fast-Growing species for production of particleboard. **Journal of Tropical Forest Science**. Malaysia. v.23, n.3, p. 311-317, 2011a.

TRIANOSKI, R.; IWAKIRI, S.; MATOS, J. L. M.; PRATA, J.G. Viabilidade da utilização de *Acrocarpus fraxinifolius* em diferentes proporções com *Pinus spp.* para produção de painéis aglomerados. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v.39, n.91, p. 343-350, set 2011b.

TRIANOSKI, R. **Avaliação da qualidade da madeira de espécies de pinus tropicais por meio de métodos convencionais e não destrutivos**. 2012. 554p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

TRUGILHO, P. F. Densidade básica e estimativa de massa seca da madeira e de lignina na madeira de *Eucalyptus*. **Ciênc. agrotec.** v.33 n.5 Lavras. 2009

TORQUATO, L. P. **Caracterização dos painéis MDF comerciais produzidos no Brasil**. Curitiba, 2008. 93 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

TSOUMIS, G. **Science and technology of wood: structure, properties and utilization**. New York, 1991. 494 p.

USDA, United States Departmente of Agriculture. **Classification for Kingdom Plantae Down to Species *Eucalyptus badjensis* Beuzev. & M.B. Welch**. Disponível em: <<http://plants.usda.gov/java/ClassificationServlet?source=display&classid=EUBA7>> Acesso: 07/08/2015.

VALE, A. T.; MOURA, V. P. G.; MARTINS, I. S. Densidade básica média em função da produtividade e da penetração do pino *Pilodyn* e da classe diamétrica e variação axial da densidade básica em *Eucalyptus grandis* W. Hill ex. Maiden. **Árvore**, v. 19, n. 1, p.80-91, 1995.

VIEIRA, H. C.; KNISS, D. D. C.; GARCIA, B. M.; CUNHA, A. B.; RIOS, P. D. Análise química da madeira de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cabbage. In: I CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA MADEIRA E III SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA MADEIRA. **Anais ...** , Petrópolis, RJ, p. 388-389, 2013.

VITAL, B. R. **Effects of species and panel densities on properties of hardwood particleboard.** 111p. Dissertação (Magister in Forestry), University of Wisconsin, Madison – WI, 1973.

VITAL, B. R.; LEHMANN.; BOONE, R. S. How Species and Board Densities Affect Properties of Exotic Hardwood Particleboards. **Forest Products Journal**, 1974.

VITAL, B. R. **Métodos de determinação da densidade da madeira.** Viçosa, MG: Sociedade de investigação florestal (SIF/UFV), 1984. 21p.

WEBER, C.; IWAKIRI, S. Utilização de resíduos de compensados, MDF, MDP para a produção de painéis aglomerados. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 25, n. 2, p. 405-413, 2015.

WEIGL, M.; HARM, M.; WIMMER, W. Influence os wood mixture in particle board propreties.. In: **Proceedings of the 42nd International Wood Composites Symposium**. 2008.

WIKIMEDIA COMMONS – **Mapa de Santa Catarina**. Disponível

em:<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/1/1a/SantaCatarina_Municip_Lages.svg/640pxSantaCatarina_Municip_Lages.svg.png>. Acesso em 28/01/2015.

XAVIER, J. A. **Variabilidade da massa específica básica de *Pinus taeda* L. em diferentes idades de plantio**. 2009. 50 f. Monografia (Graduação em Engenharia Industrial Madeireira) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2009.

YOUNGQUIST, J. A. Wood based composites and panel products. Wood handbook – Wood as an engineering material. Madison, WI: US. **Forest products laboratory**. 1999. 463p.

APÊNDICES

APÊNDICE A: Cálculo dos componentes dos painéis.

O cálculo da quantidade de material necessário para a confecção de cada painel foi realizado através da Equação 5.

$$D = \frac{m}{v} \quad \text{(Equação 5)}$$

Em que:

D = Densidade nominal do painel ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)

m = Massa necessária para se obter a densidade desejada (g)

V = Volume do painel = E*L*C (m^{-3})

E = Espessura do painel (m)

L = Largura do painel (m)

C = Comprimento do painel (m)

Através da Equação 5 foi obtida a Equação 6

$$M = D \times V \quad \text{(Equação 6)}$$

Em que:

D = Densidade nominal do painel ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)

M = Massa necessário para se obter a densidade desejada (kg)

V = Volume do painel

Com base na equação 6 foi obtida a massa de partículas secas necessárias para a confecção dos painéis com 12 % de umidade, contudo pelo fato dos painéis terem sido confeccionados com partículas com teores de umidade de aproximadamente 4 %, esse cálculo foi ajustado da seguinte forma:

Em um painel com 12 % de umidade tem-se:

100 partes de partículas com umidade 0 %

8 partes de resina (variando de acordo com o tratamento)

12 partes de água

Totalizando 120 partes, onde 120 partes correspondem a M (massa de partículas a 12% de umidade).

Esse cálculo foi realizado para todos os teores de adesivo (8%,10%,12%) de acordo com o tratamento.

Em seguida foi calculada a massa de partículas a 0% de umidade:

$$M0 = \frac{(M \times 100)}{118} \quad \text{(Equação 7)}$$

Em que:

M0 = massa de partículas com 0 % de umidade (kg)

A partir de M0 foi possível calcular a massa de partículas para qualquer teor de umidade, por meio da Equação 8:

$$Mn = \left(\frac{n}{100} + 1 \right) \times M0 \quad \text{(Equação 8)}$$

Em que:

Mn = massa de partículas a um determinado teor de umidade “n” (kg)

Em seguida foi calculada, com base na massa seca das partículas, a quantidade de resina necessária e essa por sua vez foi adaptada de acordo com o seu teor de sólidos.

Como durante o processo de produção de painéis de madeira aglomerada geralmente ocorre uma perda de material, foi realizada uma adição 15% de partículas e de adesivos quando os mesmos foram adicionados no tambor rotatório para a aplicação de adesivo.

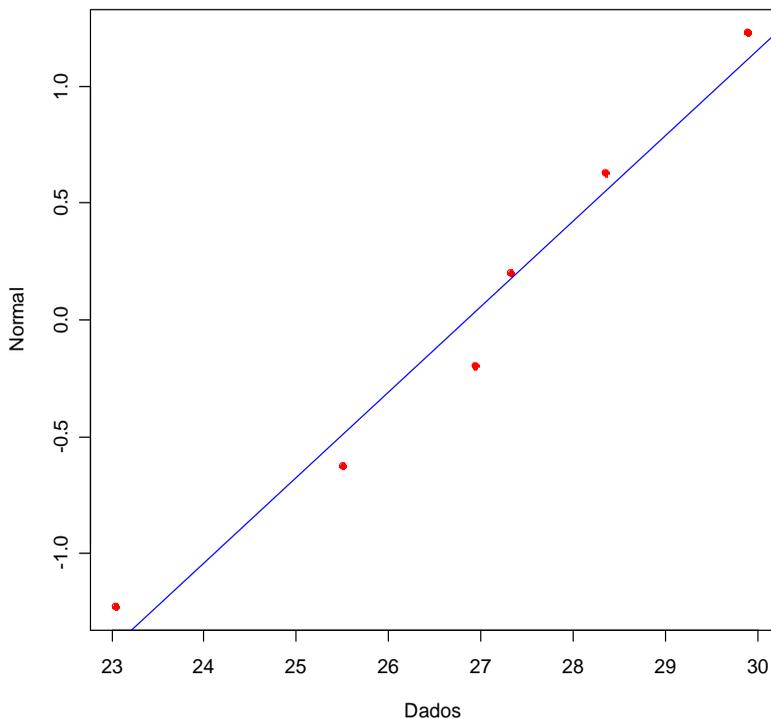
APÊNDICE B – Teste de normalidade (Kolmogorov-Smirnov)

Variável: Lignina

Estatística: Kolmogorov-Smirnov 0,182933382

P-valor 0,764461144

Papel de Probabilidade



Variável: Teor de Cinzas

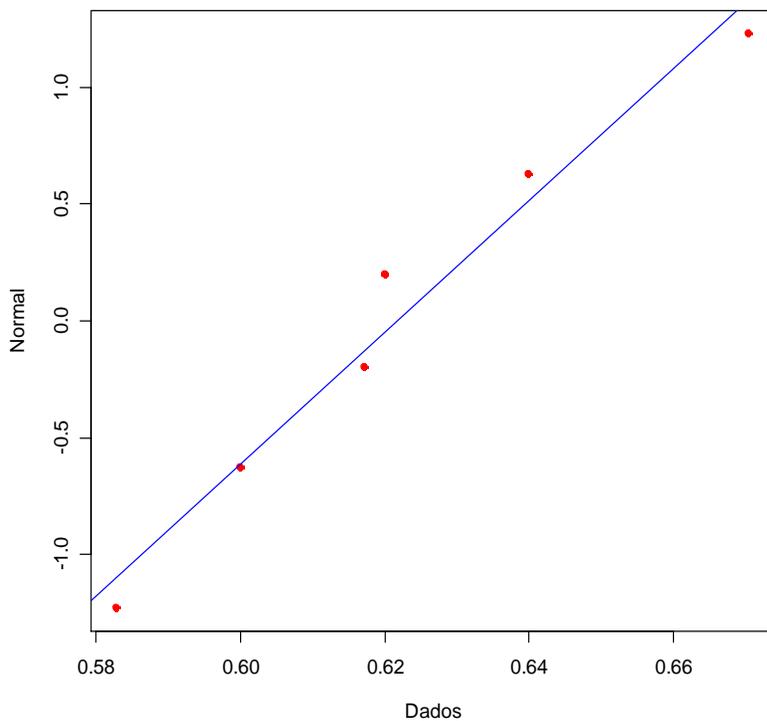
Estatística: Kolmogorov-Smirnov

0,189449564

P-valor

0,716564612

Papel de Probabilidade



Variável: Extrativos totais

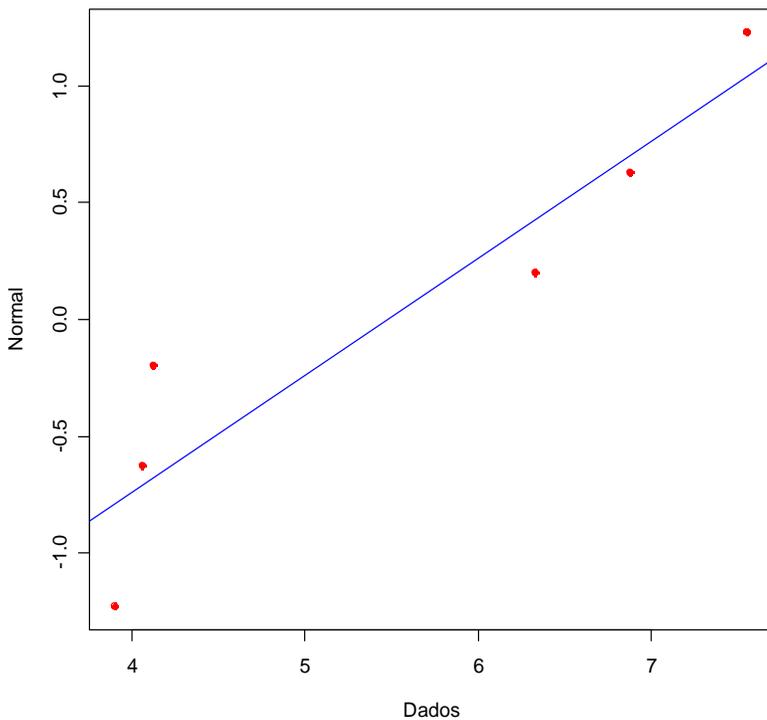
Estatística: Kolmogorov-Smirnov

0,29598146

P-valor

0,10191617

Papel de Probabilidade



Variavel: Teor de holocelulose

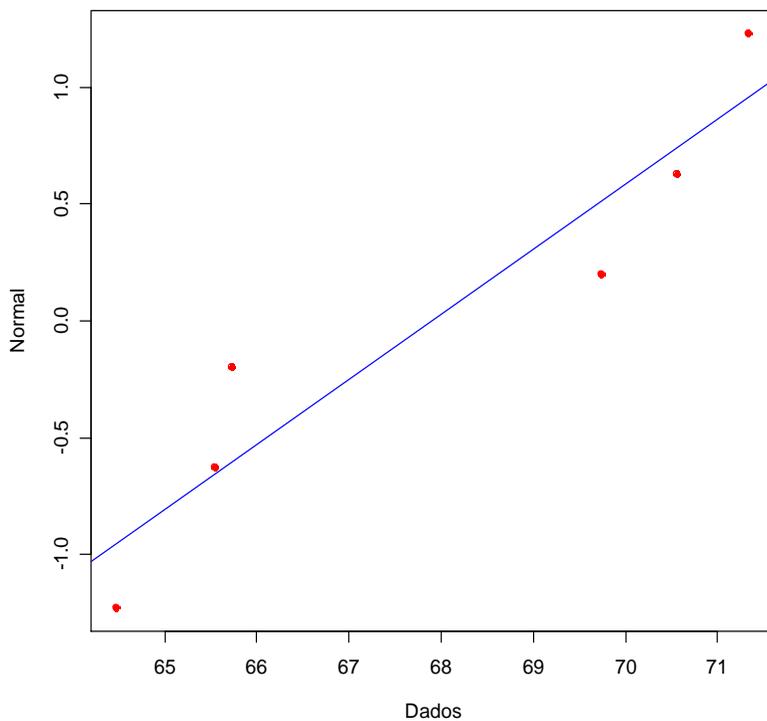
Estatística: Kolmogorov-Smirnov

0,26766058

P-valor

0,195206812

Papel de Probabilidade

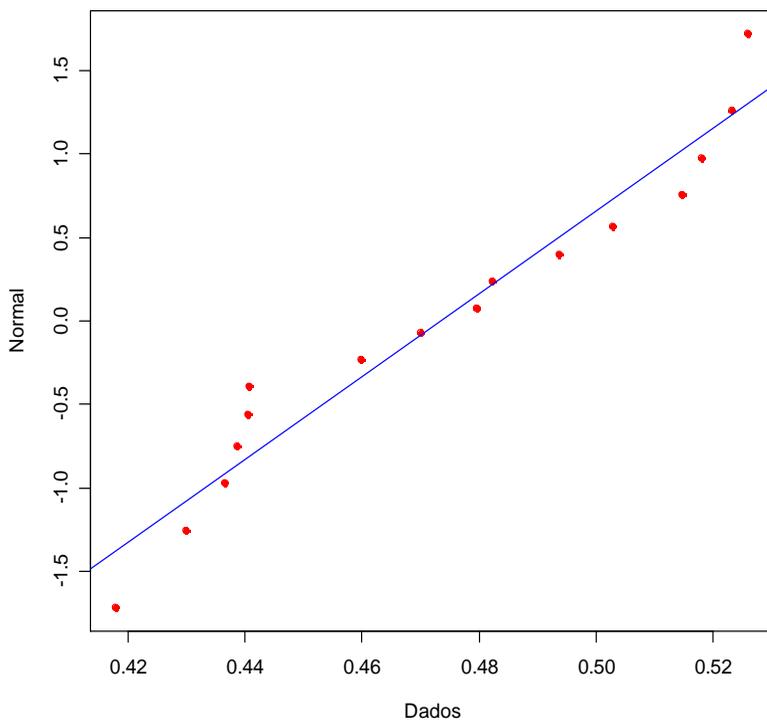


Variável: Densidade básica da madeira de *E. badjensis*

Estatística: Kolmogorov-Smirnov 0,187437282

P-valor 0,139128627

Papel de Probabilidade



Variável: Densidade aparente dos painéis

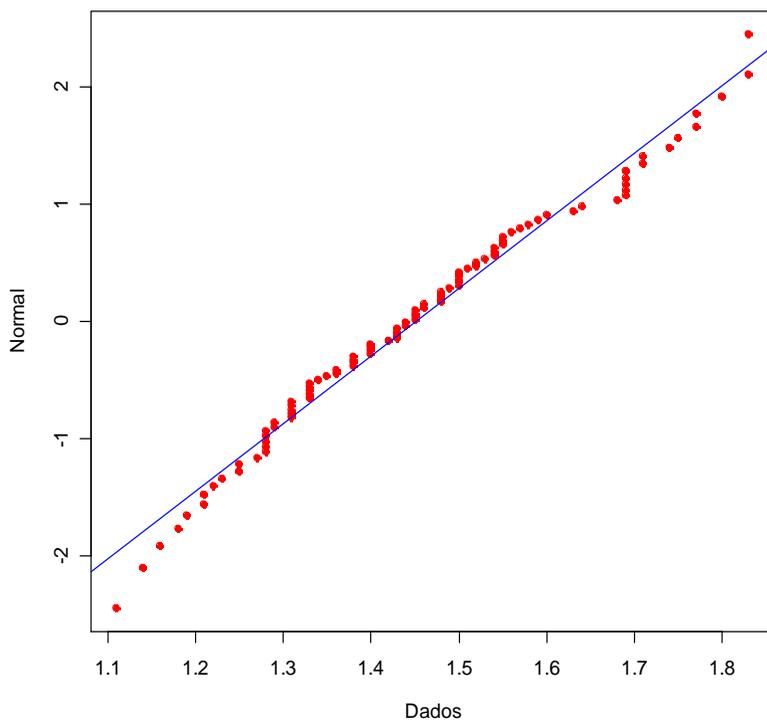
Estatística: Kolmogorov-Smirnov

0,082986584

P-valor

0,099791625

Papel de Probabilidade

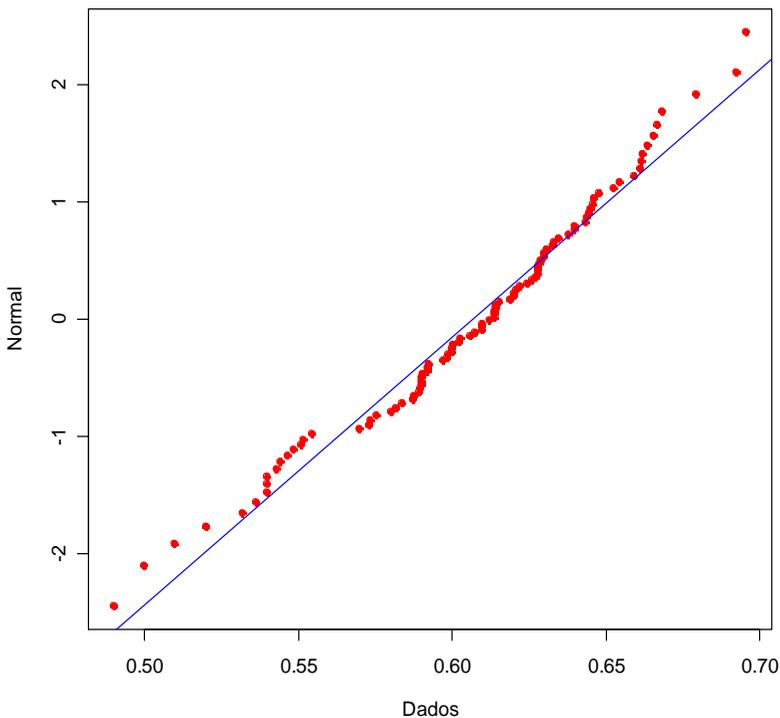


Variável: Razão de compactação

Estatística: Kolmogorov-Smirnov : 0,068101139

P-valor: 0,334524681

Papel de Probabilidade

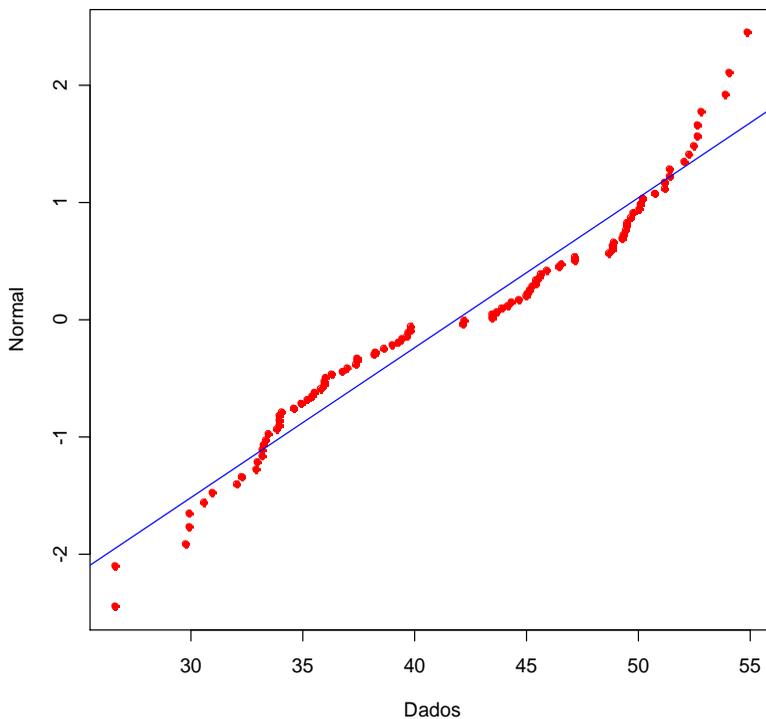


Variável: Teor de umidade dos painéis

Estatística: Kolmogorov-Smirnov: 0,108999256

P-valor: 0,06808854

Papel de Probabilidade



Variável: AA2h

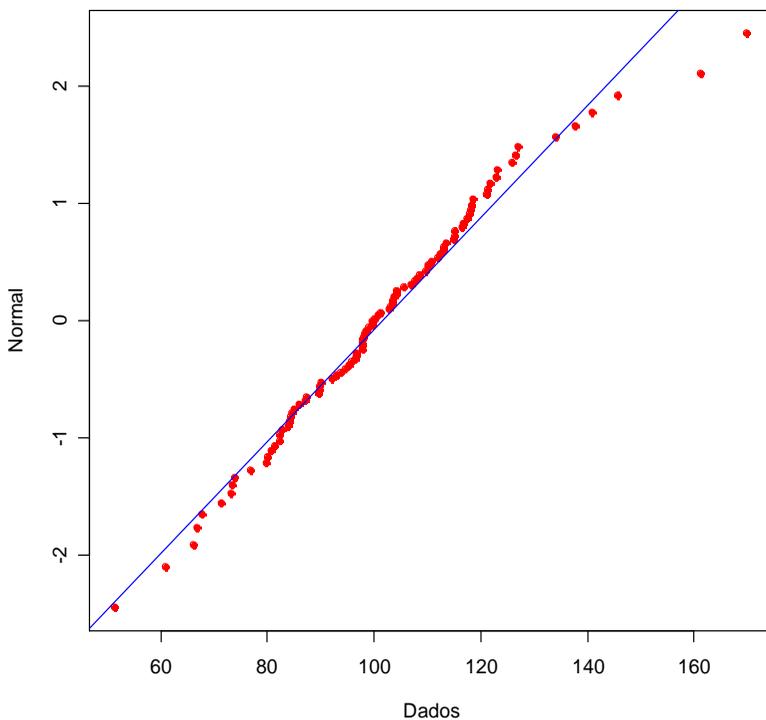
Estatística: Kolmogorov-Smirnov

0,054737933

P-valor

0,682176973

Papel de Probabilidade



Variável: IE2h sem transformação

Estatística: Kolmogorov-

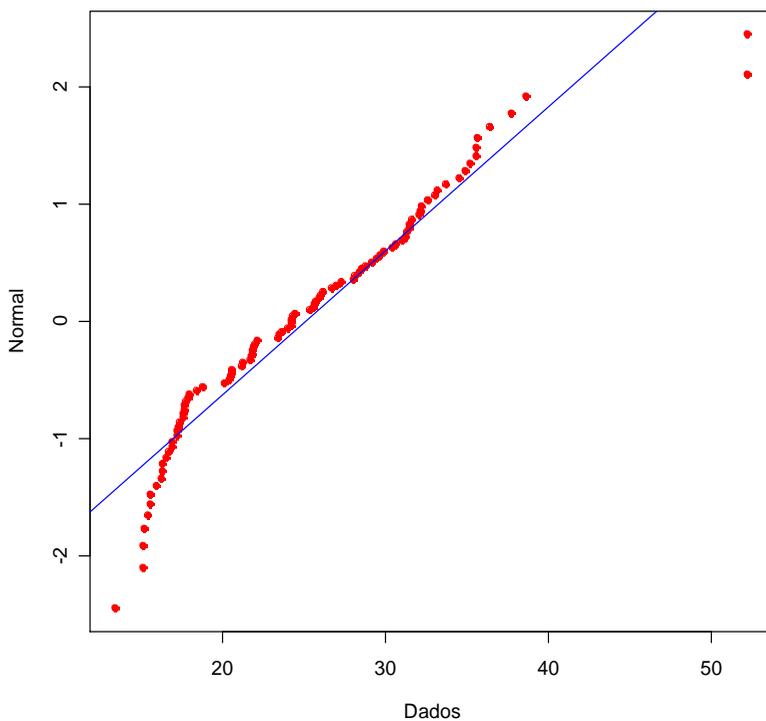
Smirnov

0,092875193

P-valor

0,040160877

Papel de Probabilidade

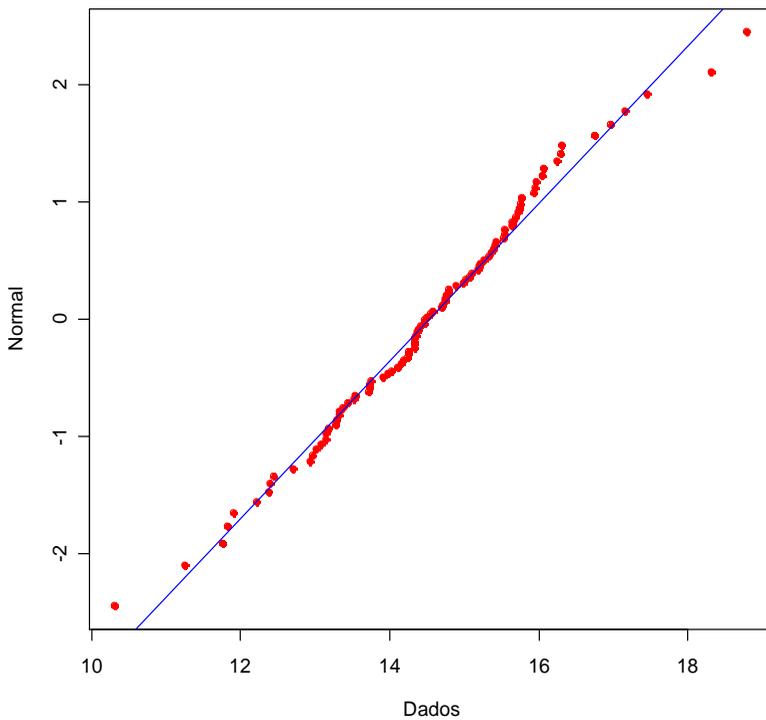


Variável: IE2h transformado

Estatística: Kolmogorov-Smirnov 0,05767885

P-valor 0,601400815

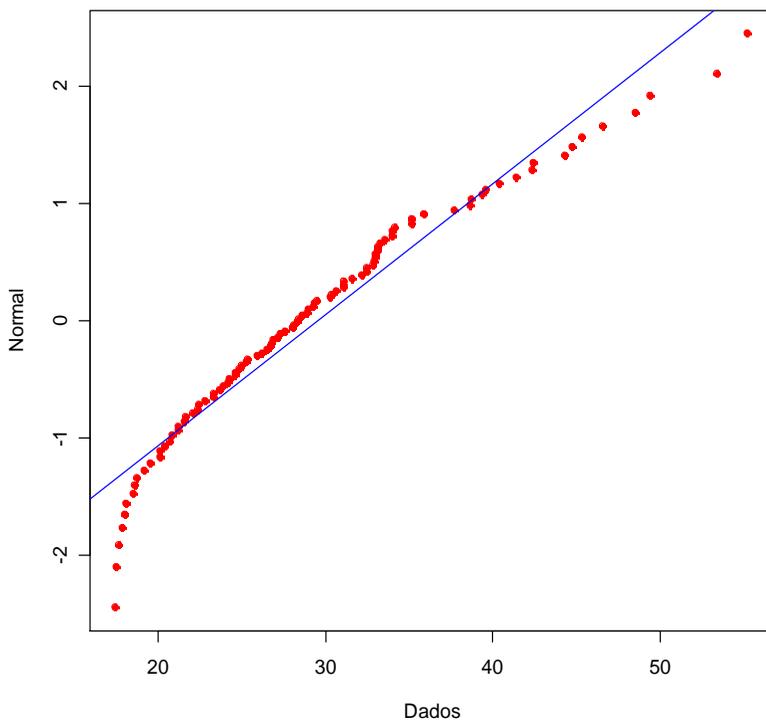
Papel de Probabilidade



Variável: IE24h

Estatística: Kolmogorov-Smirnov 0,086557108
P-valor 0,07297115

Papel de Probabilidade

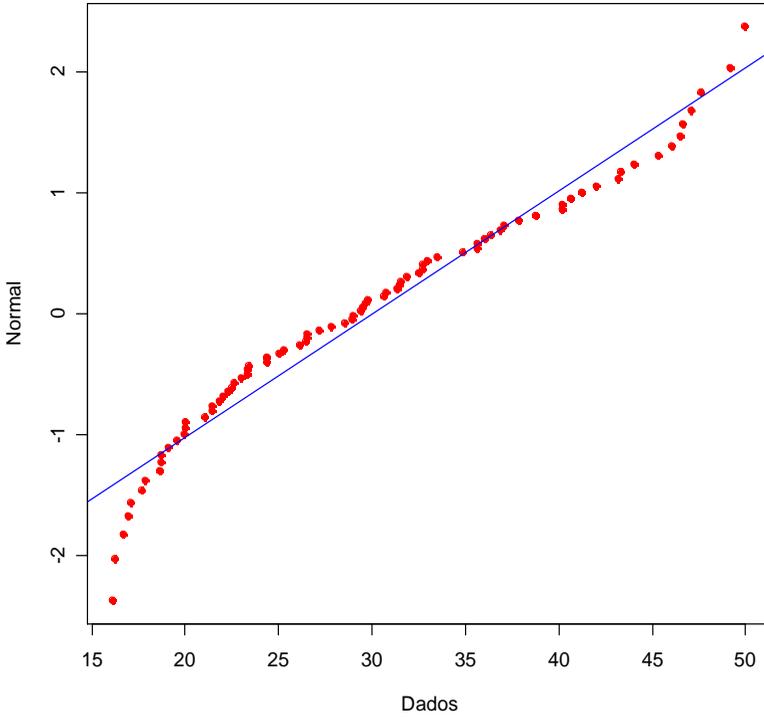


Variável: Taxa de Não Retorno em Espessura

Estatística: Kolmogorov-Smirnov: 0,095303561

P-valor: 0,069462025

Papel de Probabilidade



Variável: Módulo de Elasticidade

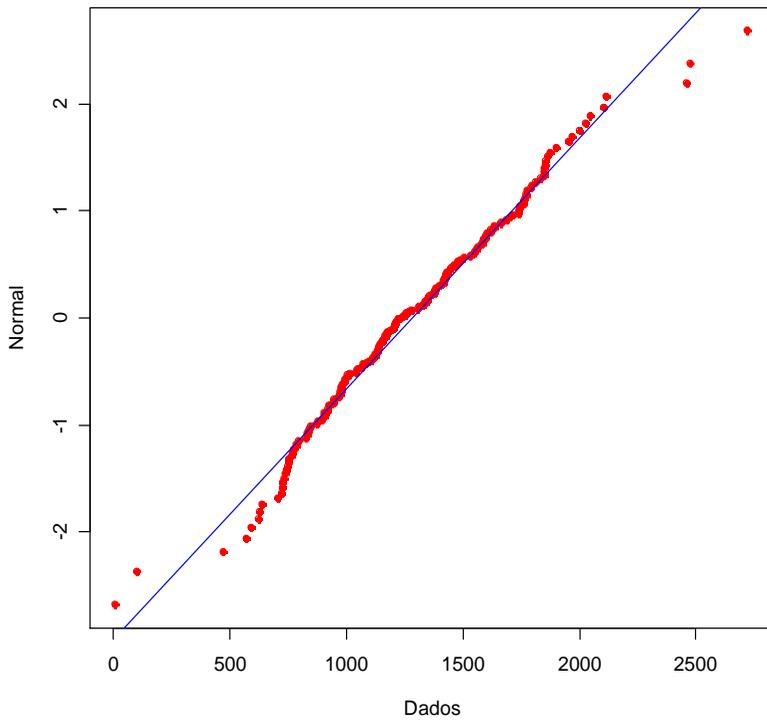
Estatística: Kolmogorov-Smirnov

0,055780856

P-valor

0,153448741

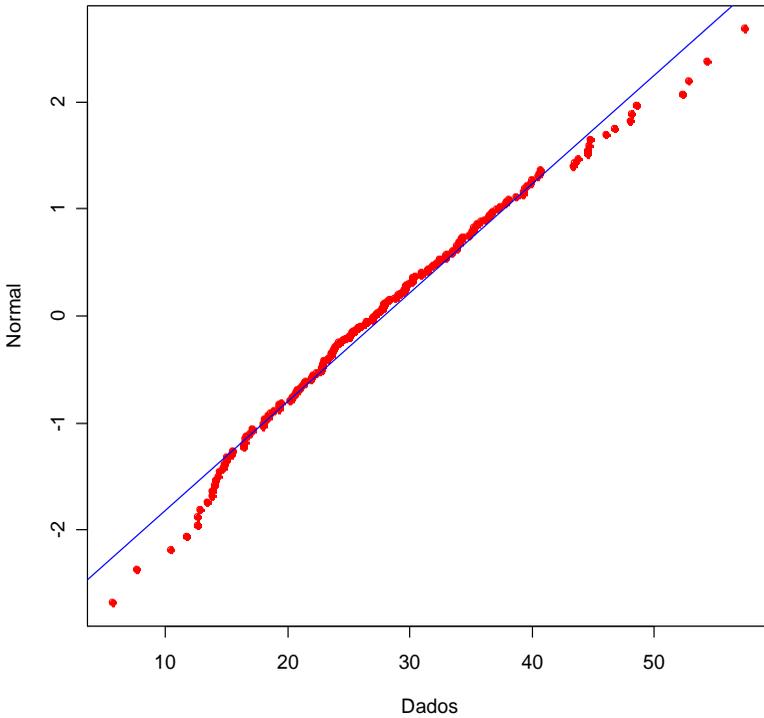
Papel de Probabilidade

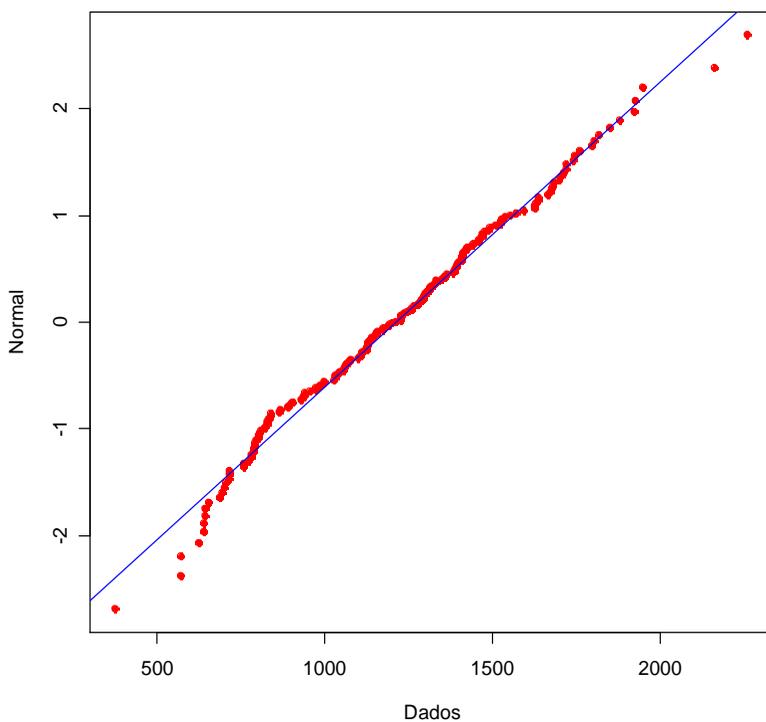


Variável: Módulo de Ruptura

Estatística: Kolmogorov-Smirnov 0,050920773
P-valor 0,260138017

Papel de Probabilidade

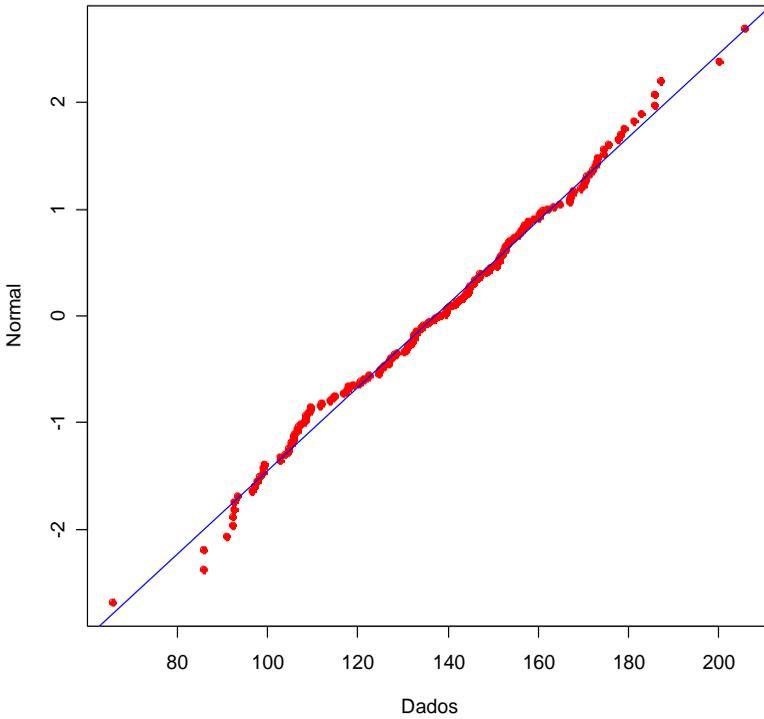


Variável: Arrancamento de parafuso – Superfície**Estatística: Kolmogorov-Smirnov** 0,057306783**P-valor** 0,126606555**Papel de Probabilidade**

Variável: Parafuso – topo

Estatística: Kolmogorov-Smirnov	0,059351033
P-valor	0,094797818

Papel de Probabilidade



**APÊNDICE B – Teste de homogeneidade de variâncias
(Teste de Bartlett)**

Variável	Bartlett (Estatística do teste)	P-valor
Lignina	2,921114182	0,087427477
Extrativos totais	3,239493387	0,071882863
Cinzas	0,340587549	0,908218486
Holocelulose	0,043404165	0,834966107
DB (madeira)	5,577773792	0,134060181
DA (painéis)	6,539980829	0,835020657
RC	9,723759124	0,555393117
TU	6,362347818	0,095252141
AA2	17,55098115	0,092601374
AA24	17,4154096	0,096174329
IE2	26,658758	0,005172771
IE2 transformado	16,60695735	0,120051216
IE24	33,4146098	0,000450621
IE24 transformado	18,00198061	0,081534668
TNRE	16,98040351	0,364369965
MOE	0,943550009	0,814907471
MOR	4,07668193	0,253302032
APS	17,14575985	0,103637366
APT	14,93423301	0,185527618
TP	17,69312997	0,088979679

APENDICE C – Análise de variância

Variável: Densidade painéis

FV	GL	SQ	QM	FC	Pr>FC
Composição	3	0.000233	5963.701	0.064	0.9791
Teor	2	0.000127	6767.828	0.053	0.9488
Comp*Teor	6	0.000698	386.350	0.093	0.9966
erro	84	0.101525	70.149		
T corrigido	95	0.102583	Número de observações: 96		
CV (%)	5.75	Média geral	0.60		

Variável: Razão de compactação

FV	GL	SQ	QM	FC	Pr>FC
Composição	3	1.90	5963.701	70.48	0.0000
Teor	2	0.01	6767.828	0.17	0.8398
Comp*Teor	6	0.04	386.350	0.80	0.5716
erro	84	0.75	70.149		
T corrigido	95	2.71	Número de observações: 96		
CV (%)	6.55	Média geral	1.45		

Variável: Teor de umidade

FV	GL	SQ	QM	FC	Pr>FC
Composição	3	31.8	10.6	21.7	0.0000
Teor	2	2.6	1.3	2.6	0.0733
Comp*Teor	6	11.8	1.9	4.0	0.0642
erro	84	41.0	0.4		
T corrigido	95	87,30	Número de observações: 96		
CV (%)	6.93	Média geral	10.09		

Variável: AA2h

FV	GL	SQ	QM	FC	Pr>FC
Composição	3	17891.104	5963.701	85.014	0.000
Teor	2	13535.657	6767.828	96.477	0.000
Comp*Teor	6	2318.101	386.350	5.508	0.000
erro	84	5892.560	70.149		
T corrigido	95	39637.425	Número de observações: 96		
CV (%)	9.78	Média geral	85.650		

Variável: AA24h

FV	GL	SQ	QM	FC	Pr>FC
Composição	3	8048.207	2682.73	78.361	0.000
Teor	2	14007.394	7003.69	204.573	0.000
Comp*Teor	6	2828.492	471.41	13.770	0.000
erro	84	2875.793	34.23		
T corrigido	95	27759.887	Número de observações: 96		
CV (%)	5.80	Média geral	100.91		

Variável: IE2h

FV	GL	SQ	QM	FC	Pr>FC
Composição	3	163.349	54.44	7.239	0.001
Teor	2	2473.000	1236.50	164.386	0.000
Comp*Teor	6	284.726	47.45	6.309	0.000
erro	84	631.841	7.521		
T corrigido	95	3552.918	Número de observações: 96		
CV (%)	11.41	Média geral	24.04		

Variável: TNRE

FV	GL	SQ	QM	FC	Pr>FC
Composição	3	385.983	128.661	2.846	0.0023
Teor	2	3775.777	1887.88	41.757	0.0000
Comp*Teor	6	726.268	121.044	2.677	0.0199
erro	84	3797.779	45.211		
T corrigido	95	8685.808	Número de observações: 96		
CV (%)	21.80	Média geral	30.84		

Variável: IE24h

FV	GL	SQ	QM	FC	Pr>FC
Composição	3	1406.253	468.751	49.125	0.000
Teor	2	2266.756	1133.37	118.777	0.000
Comp*Teor	6	585.542	97.590	10.227	0.000
erro	84	801.536	9.542		
T corrigido	95	5060.088	Número de observações: 96		
CV (%)	10.84	Média geral	28.501		

Variável: MOE

FV	GL	SQ	QM	FC	Pr>FC
Composição	3	13410036.7	4470012.2	54.971	0.000
Teor	2	4575494.4	2287747.2	28.134	0.000
Comp*Teor	6	874668.4	145778.0	1.793	0.1029
erro	180	14636876.5	81315.9		
T corrigido	191	33497076.1	Número de observações: 192		
CV (%)	22.	Média geral	1282.63		

Variável: MOR

FV	GL	SQ	QM	FC	Pr>FC
Composição	3	2156.15	718.71	50.516	0.000
Teor	2	1073.64	536.82	37.731	0.000
Comp*Teor	6	114.98	19.16	1.347	0.2387
erro	180	2560.97	14.22		
T corrigido	191	5905.75	Número de observações: 192		
CV (%)	22,43	Média geral	16.09		

Variável: Parafuso - Superfície

FV	GL	SQ	QM	FC	Pr>FC
Composição	3	4332073.73	2166036.8	36.102	0.0000
Teor	2	6255605.42	2085201.8	34.754	0.0000
Comp*Teor	6	319882.887	53313.814	0.889	0.5044
erro	180	10859686.5	59998.268		
T corrigido	191	21767248.6	Número de observações: 192		
		42			
CV (%)	20.	Média geral	1218.84		
	1				

Variável: Parafuso - Topo

FV	GL	SQ	QM	FC	Pr>FC
Composição	3	13160505.2	4386835.0	196.64	0.000
Teor	2	12337700.7	6168850.3	276.52	0.000
Comp*Teor	6	2034203.33	339033.88	15.197	0.000
erro	180	4037894.80	22308.81		
T corrigido	191	21767248.6	Número de observações: 192		
		42			
CV (%)	13	Média geral	1072.067		

Variável: Tração perpendicular

FV	GL	SQ	QM	FC	Pr>FC
Composição	3	0.48	0.16	26.02	0.000
Teor	2	1.71	0.85	137.68	0.000
Comp*Teor	6	0.52	0.08	14.15	0.000
erro	180	1.13	0.01		
T corrigido	191	3.86	Número de observações: 192		
CV (%)	21.69	Média geral	0.36		

APÊNDICE D – Valores de Syx e F das Regressões

Ensaio	Comp.	Syx	F
AA2	E. bad	2,17	99,20
	Pinus spp.	2,17	18,05
	Hom.	2,17	26,42
	Multi.	2,17	23,78
AA24	E. bad	2,07	132,93
	Pinus spp.	2,07	37,08
	Hom.	2,07	38,30
	Multi.	2,07	37,55
IE2	E. bad	0,97	64,56
	Pinus spp.	0,97	38,88
	Hom.	0,97	27,53
	Multi.	0,97	52,31
IE24	E. bad	1,09	51,06
	Pinus spp.	1,09	30,06
	Hom.	1,09	10,49
	Multi.	1,09	57,89
TNRE	E. bad	2,37	7,65
	Pinus spp.	2,37	15,88
	Hom.	2,37	12,33
	Multi.	2,37	13,91
MOE	-	35,54	36,07
MOR	-	0,47	74,54
APT	E. bad	43,61	90,61
	Pinus spp.	43,61	7,86
	Hom.	43,61	112,09
	Multi.	43,61	57,61

Continua ...

Ensaio	Comp.	Syx	F
APS	-	30,53	36,10
TP	E. bad	43,61	58,28
	Pinus spp.	43,61	4,16
	Hom.	43,61	68,82
	Multi.	43,61	36,98

Fonte: Produção do próprio autor, 2016. NOTA: AA2: Absorção de água em 2 horas; AA24: Absorção de água em 24 horas; IE2: Inchamento em espessura em 2 horas; IE24: Inchamento em espessura em 24 horas; TNRE: Taxa de não retorno em espessura. MOE: Módulo de elasticidade, MOR: Módulo de Ruptura, APT: Arrancamento de parafuso (Topo), APS: Arrancamento de parafuso (Superfície), TP: Tração perpendicular. *E. bad*: *Eucalyptus badjensis*; Hom.: Painel homogêneo.