



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**COMPARAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS DE PAINÉIS DE MADEIRA
AGLOMERADA DE *Pinus patula* e *Pinus sp.* DE ORIGEM INDUSTRIAL**

GIULIANO FERREIRA PEREIRA

Curitibanos/SC

2014

GIULIANO FERREIRA PEREIRA

**COMPARAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS DE PAINÉIS DE MADEIRA
AGLOMERADA DE *Pinus patula* e *Pinus sp.* DE ORIGEM INDUSTRIAL**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC – Curitibanos, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do Título Bacharel em Engenharia Florestal, sob a orientação do Professor Msc. Magnos Alan Vivian e co-orientação da Professora Dra. Polliana D'angelo Rios.

Curitibanos/SC

2014

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Pereira, Giuliano Ferreira

COMPARAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS DE PAINÉIS DE MADEIRA AGLOMERADA
DE *Pinus patula* e *Pinus sp.* DE ORIGEM INDUSTRIAL /

Giuliano Ferreira Pereira ; orientador, Magnos Alan Vivian
; coorientador, Polliana D`angelo Rios. - Florianópolis, SC, 2014.

56 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Curitibanos. Graduação em Engenharia Florestal.

Inclui referências

1. Engenharia Florestal. 2. Painéis aglomerados. 3. *Pinus patula*. 4. Pinus industrial. 5. Ureia-formaldeído.

I.

Vivian, Magnos Alan. II. Rios, Polliana D`angelo. III.

Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia Florestal. IV.

GIULIANO FERREIRA PEREIRA

**COMPARAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS DE PAINÉIS DE
MADEIRA AGLOMERADA DE *PINUS PATULA* E *PINUS SP.* DE
ORIGEM INDUSTRIAL**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado ao Colegiado do Curso de ENGENHARIA FLORESTAL, do Campus Curitibanos da Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Florestal.

Orientador: Magnos Alan Vivian
Co-orientadora: Polliana D'angelo Rios

Data da defesa: 11 de julho de 2014.

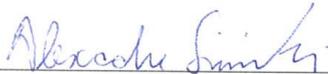
MEMBROS COMPONENTES DA BANCA EXAMINADORA:



Presidente e Orientador: MSc. Magnos Alan Vivian
Universidade Federal de Santa Catarina
Campus Universitário Curitibanos



Membro Titular: Dr. Ugo Leandro Belini
Universidade Federal de Santa Catarina
Campus Universitário Curitibanos



Membro Suplente: Dr. Alexandre Siminski
Universidade Federal de Santa Catarina
Campus Universitário Curitibanos

Local: Universidade Federal de Santa Catarina
Campus de Curitibanos
Coordenação do Curso de Graduação em Engenharia Florestal

Dedico

Com carinho e gratidão a minha mãe Maria de Fátima

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela oportunidade 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, dedicação e amor 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, meu primo Paulo e minha prima Anna Karoline pelo auxílio em vários momentos durante a graduação.

Ao meu orientador Magnos Alan Vivian pela orientação e auxílio durante esse trabalho.

A prof. Dr. Polliana D'angelo Rios, por todos os ensinamentos, dicas e auxílio durante esse período.

A Banca Examinadora, Dr. Alexandre Siminski e Dr. Ugo Leandro Belini, pela disponibilidade de avaliação deste trabalho.

Aos docentes do Campus Curitibanos da UFSC e do PPGEF da UDESC pelo auxílio direto e indireto nesse trabalho, em especial aos professores, Dr. Alexandre Bayerstorff da Cunha, Dr. Juliano Wendt, Dr. Marcelo Callegari Scipioni, Dr. Pedro Higuchi, Juliana Ceccato Ferreira e Karina Montibeller.

Ao professor Dr. Márcio Carlos Navroski, pelo auxílio durante as análises estatísticas

Ao professor David Buratto, pelo incentivo para a realização do estágio no CAV-UDESC.

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

Aos meus colegas de turma da UFSC – Curitibanos em especial, Dezio, Rodrigo Alberton, Rodrigo Rosa, Diogo, Israel, Linconl, Luis Felipe, Bruno e Marcos, pelos diversos momentos de aprendizado e crescimento pessoal ocorridos durante a graduação.

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

Aos meus amigos Luís Fernando, Maicon e Rafael 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 Florestal Gateados, Bonet e Sudati, pelo fornecimento dos materiais que possibilitaram a realização desse trabalho.

A Universidade Federal de Santa Catarina – Campus Curitibanos pela oportunidade de realizar a graduação nessa área encantadora que é a Engenharia Florestal.

A Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC por prover da estrutura para a realização de estudo e pela oportunidade de aprimorar meus estudos em Tecnologia da Madeira.

“O futuro pertence àqueles que acreditam na beleza de seus sonhos.”

Eleanor Roosevelt

RESUMO

O presente estudo teve como objetivo comparar as propriedades físicas de painéis do tipo aglomerado produzidos a partir da madeira de *Pinus patula* e de *Pinus* sp. (origem industrial) utilizando diferentes teores do adesivo ureia-formaldeído. Foram confeccionados painéis com partículas de *Pinus patula* e de *Pinus* sp utilizando os teores de 6, 8, 10 e 12 % do adesivo ureia-formaldeído., As propriedades físicas determinadas foram: densidade, razão de compactação, absorção de água e inchamento em espessura após 2 e 24 horas de imersão em água. A densidade média dos painéis produzidos com *Pinus patula* foi de 564 kg/m³, não diferindo estatisticamente dos painéis produzidos com *Pinus* sp. (industrial) que apresentaram densidade média de 566 kg/m³. O *pinus patula* apresentou valores de razão de compactação, absorção de água em 2 e 24 horas e inchamento em espessura em 2 horas estatisticamente melhores que os encontrados pelos painéis de *Pinus* sp, para a variável inchamento em espessura em 24 horas não houve diferença estatística. Em relação aos diferentes teores de adesivo ureia-formaldeído não foi encontrado diferença estatística para as variáveis densidade dos painéis e razão de compactação, em contrapartida para as variáveis absorção de água e inchamento em espessura em 2 e 24 horas foi constatado que o aumento nos teores de adesivo ocasionou uma melhora nas propriedades dos painéis. Com o presente trabalho foi possível concluir que a madeira de *Pinus patula* apresenta propriedades físicas adequadas para a confecção de painéis do tipo aglomerado, uma vez que apresentou valores médios estatisticamente melhores ou iguais ao *Pinus* sp. de origem industrial.

Palavras-chave: Painéis reconstituídos, ureia-formaldeído, absorção de água, inchamento em espessura, densidade, razão de compactação.

ABSTRACT

The present study aimed to compare the physical properties: density, compaction ratio, water absorption and thickness swelling after 2 and 24 hours of immersion in water. Were produced Particleboards produced from *Pinus patula* and *Pinus sp.* from industrial origin using different levels of urea formaldehyde adhesive. Particleboards were produced with *Pinus patula* and *Pinus sp.* of industrial origin and using the contents of 6%, 8%, 10% and 12% of the total urea-formaldehyde adhesive, totaling 24 panels. The average density of the panels produced with *Pinus patula* was 564 kg / cm³ (CV = 4.91%) were not statistically different panels produced with industrial Pinus with a mean density of 566 kg/ cm³ (CV = 7.57 %). The *pinus patula* showed values of compression ratio, water absorption in 2 and 24 hours and thickness swelling in 2 hours statistically better than those found by panels of Pinus industrial origin except to swell variable thickness within 24 hours there was no difference statistics. In relation to the different amounts of urea formaldehyde adhesive was no statistical difference between the different levels was found for the variables density panels and compression ratio, in contrast to the variable water absorption and thickness swelling in 2 and 24 hours was found that the increased levels of adhesive caused an improvement in the characteristics of the panels. With this study it was concluded that wood of *Pinus patula* has physical properties suitable for the manufacture of particleboard panes type once had mean statistically better or equal to the values *Pinus sp.* of industrial origin.

Keywords: reconstituted panels, urea formaldehyde, water absorption, thickness swelling, density, compaction ratio.

LISTA DE FÍGURAS

Figura 1. Localização das indústrias de painéis de madeira no Brasil. Fonte: ABIPA (2014).....	4
Figura 2. Histórico da produção de painéis de madeira no Brasil durante os anos de 2002 a 2012. Fonte: ABIPA (2012) adaptado por ABRAF (2013).....	5
Figura 3. Esquema representativo dos painéis de madeira. Fonte: Iwakiri et al.,2005.....	6
Figura 4. Processo de produção de painéis aglomerados Fonte: Santos Andirá Móveis (2014).....	7
Figura 5. Localização dos povoamentos de Pinus no Brasil em 2012. Fonte: ABRAF (2013).....	8
Figura 6. Região de ocorrência natural do Pinus patula. Fonte: Adaptado de Gillespie (1992).....	9
Figura 7. Esquema de retirada dos discos ao longo de tronco. Fonte: Xavier (2009).	13
Figura 8. Cunhas utilizadas para a determinação da massa específica básica. Fonte: O Autor (2014). 13	
Figura 9. Determinação do volume da madeira através de uma balança hidrostática. Fonte: O Autor (2014)	14
Figura 10. A) Partículas de Pinus patula utilizadas no trabalho. B) Partículas de Pinus sp. doadas pela empresa utilizadas no estudo. Fonte: O autor (2014).	15
Figura 11. A)Tambor do tipo rotatório B) partículas colocados no tambor. Fonte: O Autor (2014)	17
Figura 12. A) Caixa formadora com dimensões de 40 cm x 40 cm de comprimento B) colchão de partículas após a etapa de pré-prensagem. Fonte: O Autor (2014).....	18
Figura 13. A) Prensa a quente utilizada no experimento. B) Painel após passar pela etapa de prensagem.....	18
Figura 15. Layout utilizado para a confecção dos corpos de prova. Fonte: (Adaptado de Mendes, 2001). Onde : 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.....	20
Figura 16. A) Paquímetro e B) Balança de precisão utilizados para obtenção da massa e volume com o intuito de realizar o cálculo da densidade aparente dos painéis. Fonte: O Autor (2014)	21
Figura 17. Regressão linear para a variável absorção de água em 2 horas de acordo com os diferentes teores de adesivo. Fonte: O Autor (2014).....	28
Figura 18. Regressão linear para a variável absorção de água em 24 horas de acordo com os diferentes teores de adesivo. Fonte: O Autor (2014).....	29
Figura 19. Regressão linear para a variável inchamento em 2 horas de acordo com os diferentes teores de adesivo. Fonte: O autor (2014)	30
Figura 20. Regressão linear para a variável inchamento em 24 horas de acordo com os diferentes teores de adesivo. Fonte: Autor (2014).	31

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Delineamento utilizado no projeto.....	15
Tabela 2. Valores médios de densidade básica da madeira de Pinus patula.....	24
Tabela 3. Valores da densidade básica para Pinus taeda e Pinus elliottii.....	25
Tabela 4. Valores médios de densidade aparente para os diferentes materiais.	25
Tabela 5. Valores médios de densidade aparente para os diferentes teores de adesivo.	26
Tabela 6. Valores de razão de compactação para as diferentes espécies.....	26
Tabela 7. Valores médios de razão de compactação para os diferentes teores de adesivo.....	26
Tabela 8. Valores médios de teor de umidade para os diferentes materiais.	27
Tabela 9. Valores médios de teor de umidade para os diferentes teores de adesivo.	27
Tabela 10. Valores de absorção de água (AA) em 2 e 24 horas de imersão em água para os diferentes materiais.	27
Tabela 11. Valores de Inchamento em espessura em 2 horas de imersão em água para os diferentes materiais.	30
Tabela 12. Valores de Inchamento em espessura em 24 horas de imersão em água para os diferentes materiais.	31

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	1
1.1	Objetivos.....	3
1.1.1	Objetivo geral	3
1.1.2	Objetivos específicos.....	3
2	REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1	Painéis de madeira.....	4
2.2	Painéis de madeira aglomerada	6
2.2.1	Matéria-prima	7
2.2.2	Gênero Pinus	8
2.2.3	Adesivo.....	10
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	12
3.1	Materiais.....	12
3.1.1	Madeira.....	12
3.1.2	Adesivo.....	12
3.2	Métodos.....	12
3.2.1	Determinação da densidade básica da madeira	12
3.2.2	Geração de partículas.....	14
3.2.3	Descrição do delineamento.....	15
3.2.4	Cálculos dos componentes dos painéis.....	15
3.2.5	Determinação do teor de umidade das partículas	17
3.2.6	Preparo dos painéis.....	17
3.2.7	Prensagem.....	18
3.2.8	Climatização	19
3.2.9	Determinação das propriedades físicas dos painéis.....	19
3.2.10	Absorção de água e inchamento em espessura	22
3.2.11	Análise estatística	22
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	24
4.1	Densidade básica da madeira.....	24
4.2	Propriedades físicas dos painéis	25
4.2.1	Densidade aparente.....	25
4.2.2	Razão de compactação.....	26
4.2.3	Teor de umidade (Umidade de equilíbrio).....	27
4.2.4	Absorção de água.....	27
4.2.5	Inchamento em espessura	29
5	CONCLUSÕES.....	32

6	RECOMENDAÇÕES.....	33
7	REFERÊNCIAS	34

1. INTRODUÇÃO

Os painéis de madeira aglomerada ou painéis do tipo “aglomerado”, são painéis produzidos com pequenas partículas de madeira, incorporadas através de adesivos sintéticos, reconstituídas numa matriz randômica e consolidadas através da aplicação de calor e pressão em uma prensa quente. Devido a seus fatores de produção esse tipo de painel de madeira apresenta algumas vantagens em relação a madeira serrada e chapas de compensado, entre as quais se destacam: o menor custo de produção, eliminação de efeitos de anisotropia da madeira, possibilidade de adequação das propriedades físico-mecânicas da chapa através do controle das variáveis do processo, entre outras (IWAKIRI et al., 2005).

Uma das variáveis de maior importância na confecção de painéis de madeira é o adesivo, chegando a representar 50% do custo total dos mesmos. Na confecção de painéis para ambientes internos o adesivo mais utilizado é o ureia-formaldeído (UF) (PIZZI, 1994; CARNEIRO et al. 2004; GONÇALVES, 2012). Segundo Albuquerque (2012) o aumento nos teores de adesivo ocasiona uma melhora das propriedades físicas dos painéis.

Outra variável de grande relevância para a produção desse tipo de painel é a espécie, uma vez que interfere significativamente na qualidade do mesmo, em geral madeiras de baixa densidade são mais adequadas, pois aumentam a razão de compactação e desse modo concedem melhores características aos painéis produzidos (IWAKIRI et al., 2005). Por apresentarem baixa densidade e crescimento rápido, as espécies mais utilizadas no Brasil para a confecção de aglomerados são as do gênero *Pinus* (IWAKIRI et al., 2001).

O gênero *Pinus* apresenta sua ocorrência natural em todo o hemisfério Norte, o qual começou a ganhar destaque no Brasil entre os anos de 1960 e 1970, em decorrência de políticas de incentivos fiscais instituídas pelo governo federal com o intuito de incentivar o reflorestamento (NOGUEIRA, 2003; VASQUES et al. 2007). Atualmente o Brasil apresenta grandes áreas de povoamentos de *Pinus spp.* com destaque para a região sul onde está localizada mais de 80% da área plantada com espécies do gênero no país (ABRAF, 2013).

Devido a características como rápido crescimento e resistência a geadas as duas espécies do gênero *Pinus* mais cultivadas no país são o *Pinus taeda* e o *Pinus elliottii* (SHIMIZU, 2005). Tendo em vista o grande volume de madeira requerida no processo industrial de fabricação de aglomerados e do requisito quanto à baixa densidade da madeira, torna se necessário, o aumento na oferta de matéria-prima com estas características, principalmente com as espécies de rápido crescimento, como as do gênero *Pinus* (IWAKIRI et al., 2001). Dentre as espécies do gênero uma espécie ainda pouco estudada e que se pressupõe ter um grande potencial como matéria-prima para a fabricação de painéis de madeira reconstituída é o *Pinus patula*.

A árvore de *Pinus patula* é facilmente identificada por suas acículas verde-pálidas, finas e pendentes. (SHIMIZU, 2005). É nativa das montanhas do leste do México, entre 18 ° N e 26 ° N de latitude, e entre 1650 e 3000 m de altitude. Nesta área, a precipitação varia entre 1000 a 1500 mm e

ocorre principalmente no verão, com uma estação seca relativamente curta, ocorrendo geadas ocasionais. Embora tenha uma distribuição natural muito restrita a espécie tem apresentado desenvolvimento satisfatório em povoamentos industriais ao longo dos trópicos e sub-trópicos, como por exemplo em países da América do Sul, Índia, Austrália, com destaque para a África do Sul onde é a espécie de coníferas mais plantada no país. (DOCUMENTOS FLORESTAIS, 1990; DAFF, 2010).

No Brasil, o melhor desenvolvimento do *Pinus patula* ocorre em regiões de altitude elevada (900 m ou mais) como na Serra da Mantiqueira, no Nordeste do estado de São Paulo, Sudeste de Minas Gerais, Sudoeste do Paraná, Oeste de Santa Catarina e Nordeste do Rio Grande do Sul, nessas regiões apresenta produtividade de madeira maior que a do *Pinus taeda*. Quando introduzida em altitudes apropriadas a espécie *Pinus patula* apresenta características adequadas para painéis de madeira aglomerada, como por exemplo baixa densidade (SHIMIZU, 2005; SHIMOYAMA e WIECHETECK, 1993). Contudo para que a espécie seja apontada como potencial para a produção ainda são necessários estudos sobre as propriedades dos painéis produzidos.

Em decorrência desses fatores, fica evidente a relevância de estudos que avaliem diferentes parâmetros envolvidos na produção de painéis aglomerados, como matérias-primas e sua correlação com as propriedades dos painéis. Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar as propriedades físicas de painéis aglomerados de *Pinus patula*, e compará-las com painéis produzidos com *Pinus* proveniente da indústria, bem como analisar o efeito dos diferentes teores de adesivo ureia-formaldeído sobre os painéis produzidos.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

O objetivo do presente estudo foi comparar as propriedades físicas de painéis aglomerados produzidos com a madeira de *Pinus patula* e *Pinus sp.* (industrial)

1.1.2 Objetivos específicos

- confeccionar painéis aglomerados utilizando partículas de *Pinus patula* com diferentes teores de ureia-formaldeído;

- confeccionar painéis aglomerados utilizando partículas de *Pinus sp* (origem industrial) com diferentes teores de ureia-formaldeído;

- analisar o efeito dos diferentes teores do adesivo ureia-formaldeído sobre as características dos painéis produzidos;

- avaliar as propriedades físicas (densidade, absorção de água, inchamento em espessura e razão de compactação) dos painéis produzidos;

- comparar as propriedades dos painéis aglomerados produzidos com *Pinus patula* e *Pinus sp.*

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Painéis de madeira

Os painéis de madeira podem ser conceituados como produtos compostos de elementos de madeira como lâminas, sarrafos, partículas e fibras, obtidos a partir da redução da madeira sólida e reconstituídas através de ligação adesiva (IWAKIRI et al., 2005), 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 principalmente pela exploração desenfreada dos recursos florestais naturais (TORQUATO, 2008). A utilização de painéis de madeira reconstituída 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).

No Brasil as indústrias do setor estão localizadas majoritariamente nas regiões Sul e Sudeste (Figura 1). O país está entre os mais avançados do mundo na fabricação de painéis de madeira reconstituída, é também o país com o maior número de fábricas de última geração (ABIPA, 2014).

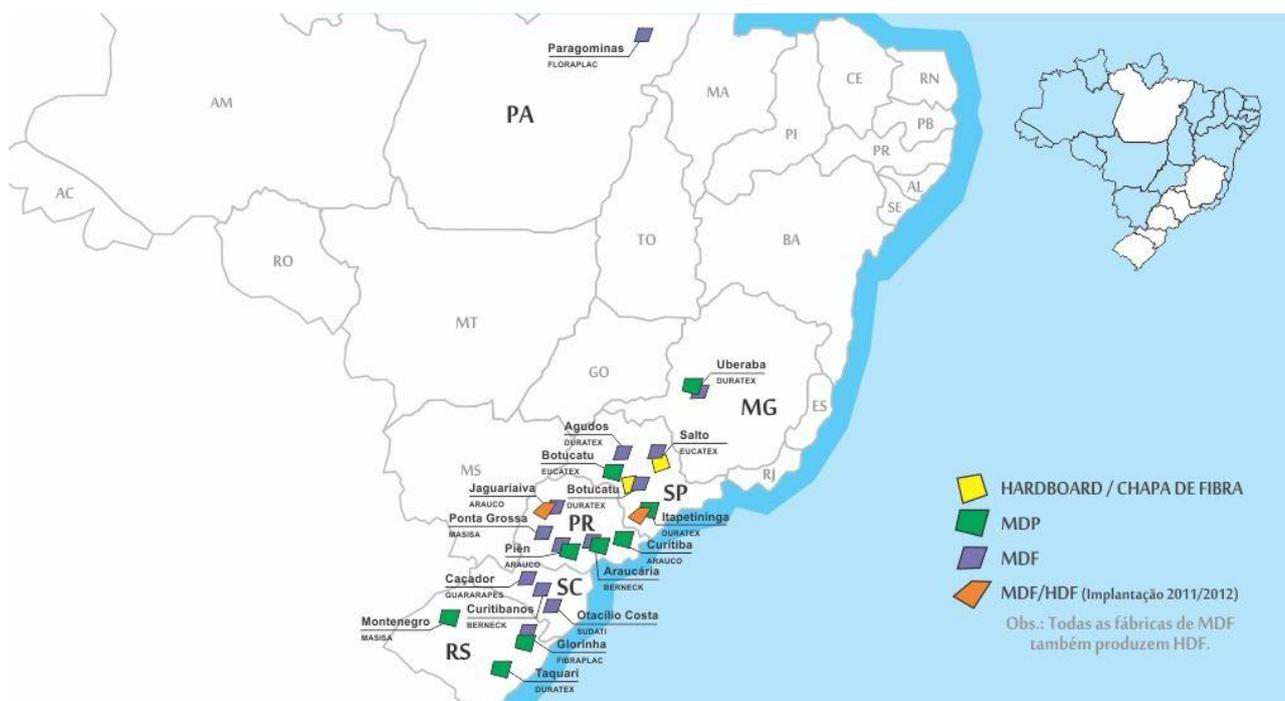


Figura 1. Localização das indústrias de painéis de madeira no Brasil. *Fonte: ABIPA (2014).*

Atualmente o mercado de painéis de madeira reconstituída encontra-se em fase de expansão no país, segundo dados da ABIPA (2012), a produção e o consumo apresentaram crescimento significativo entre os anos de 2002 e 2012 (Figura 2), o consumo passou de 2,8 milhões de m³/ano em 2002 para 7,2

milhões de m³/ano em 2012, por sua vez a produção nacional que em 2002 era 3,1 milhões m³/ano ano atingiu a marca de 7,3 milhões de m³/ano em 2012.

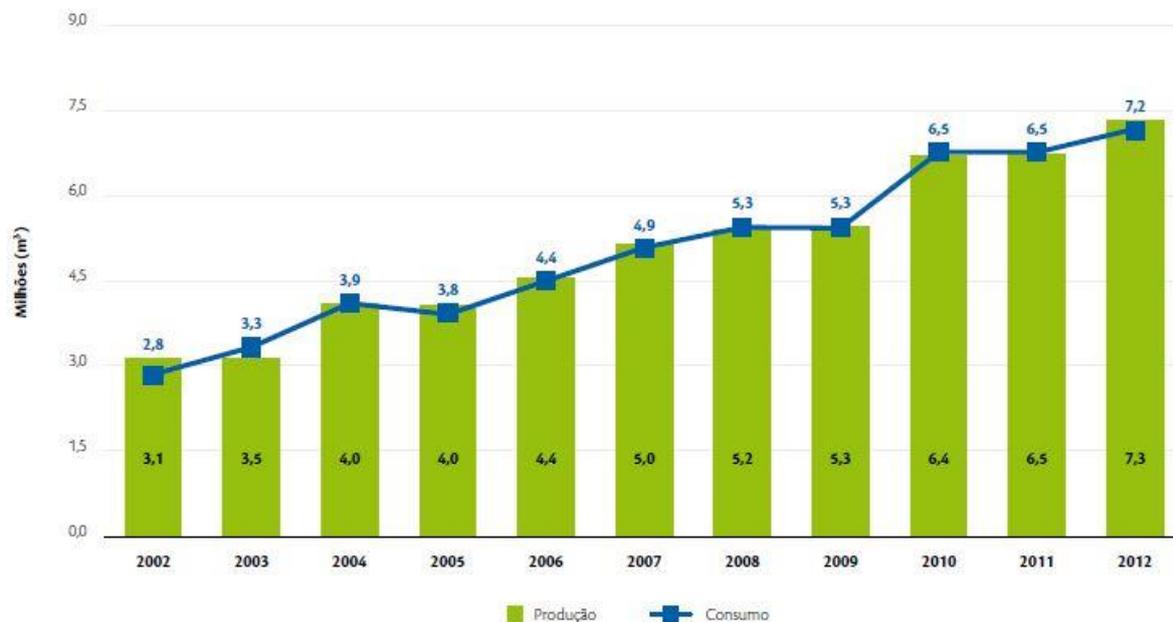


Figura 2. Histórico da produção de painéis de madeira no Brasil durante os anos de 2002 a 2012.

Fonte: ABIPA (2012) adaptado por ABRAF (2013).

A indústria de painéis de madeira reconstituída apresenta uma imensa gama de produtos, os quais costumam ser classificados em: compostos laminados e compostos particulados, o que pode ser observado de forma simplificada na Figura 3.



Figura 3. Esquema representativo dos painéis de madeira. *Fonte: Iwakiri et al., 2005.*

2.2 Painéis de madeira aglomerada

O aglomerado é um tipo de painel de madeira reconstituída produzido com pequenas partículas dispostas aleatoriamente, aglutinadas utilizando adesivos e consolidadas com o emprego de calor e pressão (TSOUMIS, 1991; MALONEY, 1993; MATTOS et al., 2008; MENDES et al., 2009).

Segundo Iwakiri et al. (2005) esse tipo de painel surgiu no início da década de 1940 na Alemanha, como forma de viabilizar a utilização de resíduos madeireiros, frente a escassez de madeira de qualidade durante a Segunda Guerra Mundial. No Brasil a produção teve início no ano de 1966 na cidade de Curitiba – PR, porém em decorrência da 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 então criaram a denominação MDP (BELINI, 2012). Essa estratégia deu tão certo que o consumo de aglomerados no Brasil cresceu e continua 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.

O processo de fabricação dos painéis aglomerados é altamente tecnológico e automatizado, passando por diversas etapas até chegar no produto final (Figura 4).

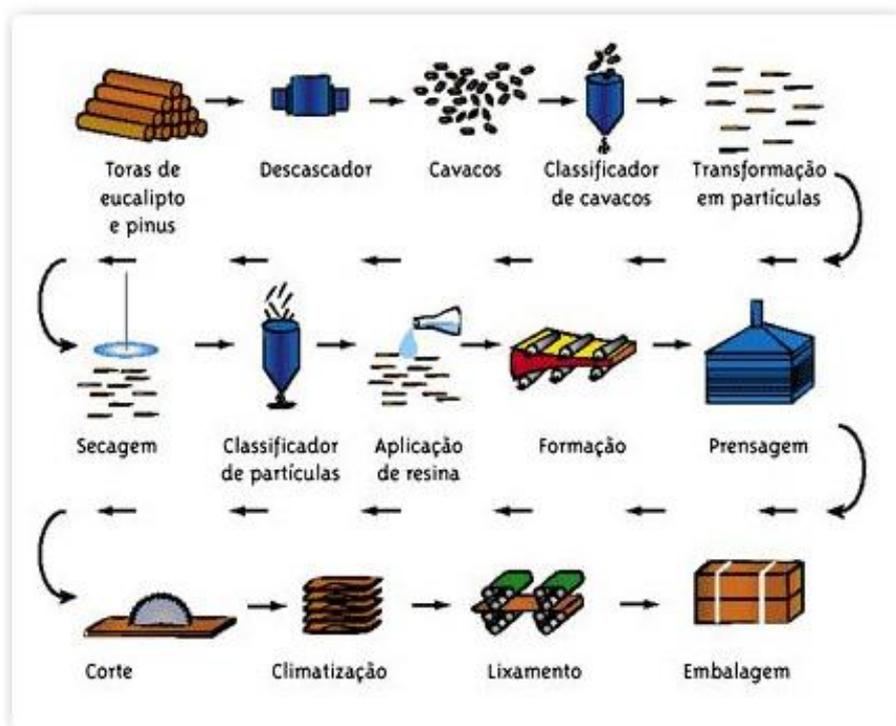


Figura 4. Processo de produção de painéis aglomerados *Fonte: Santos Andirá Móveis (2014).*

Nesse processo produtivo inúmeras variáveis interagem influenciando nas propriedades do painel. Entre estas, as principais são decorrentes da matéria prima utilizada, tais como, espécie, densidade da madeira, geometria das partículas. Os 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 (BRITO et al., 2005) também tem grande influência no processo. Segundo Tsoumis (1991), o controle dessas variáveis afeta diretamente na qualidade do produto final.

2.2.1 Matéria-prima

A princípio qualquer material lignocelulósico pode ser usado como matéria-prima para a confecção de painéis aglomerados, contudo a principal matéria-prima utilizada ao redor do mundo é a madeira. A qual além de apresentar propriedades favoráveis para a confecção desse tipo de painel, é uma fonte renovável (SANCHEZ, 2012). Devido a propriedades desejáveis, concomitantemente com crescimento rápido e boa oferta de material no Brasil a principal matéria-prima utilizada na produção de painéis aglomerados é a madeira do gênero *Pinus* (IWAKIRI et al., 2005b).

2.2.2 Gênero *Pinus*

O gênero *Pinus* pertence à ordem *Coniferae*, do grupo das *Gymnospermae*. Sua área de ocorrência natural vai da região polar até os trópicos, englobando os continentes da Europa, Ásia, América do Norte e Central, não ocorrendo naturalmente na América do Sul. O gênero *Pinus* apresenta cerca de 105 espécies identificadas, que são fisiologicamente resistentes à seca, muito exigentes com luz (suportando sombreamento apenas na fase jovem), suportam temperaturas de -65°C até 50°C . Apresentam diferentes exigências quanto à fertilidade, textura e profundidade do solo. Devido à sua grande versatilidade possibilita o plantio em diferentes condições de ambiente (ROCHA et al., 2009).

No Brasil os povoamentos de *Pinus* estão localizados principalmente na região Centro-Sul do país (Figura 5), onde o gênero é amplamente cultivado com fins quase que em sua totalidade madeireiros (ABRAF, 2014).



Figura 5. Localização dos povoamentos de *Pinus* no Brasil em 2012. Fonte: ABRAF (2013).

A utilização da madeira de espécies do gênero *Pinus* surgiu como alternativa à falta de madeira de *Araucaria angustifolia* e demais espécies nativas do sul do país, com produção em declínio já na década de 1970. Devido a características intrínsecas ao gênero como a boa adaptação a solos ligeiramente ácidos, fácil implantação e rusticidade no campo, foi possível sua implantação em extensas áreas, especialmente, no sul do país (COELHO et al., 2010).

As espécies mais cultivadas no Brasil são *Pinus taeda* e *Pinus elliottii* (IWAKIRI et al, 2002), Contudo, em vista do grande volume de madeiras requeridas no processo industrial de fabricação de aglomerados e do requisito quanto à baixa densidade da madeira, torna-se necessário o aumento na oferta de matéria-prima com estas características, principalmente com as espécies de rápido crescimento, como as do gênero *Pinus* (IWAKIRI et al., 2001). Uma espécie do gênero *Pinus* ainda pouca estudada e que se pressupõe ser adequado para a fabricação de painéis aglomerados é o *Pinus patula*.

2.2.3 *Pinus patula*: Características gerais

A espécie *Pinus patula* é facilmente identificada por suas acículas finas e pendentes, sendo endêmica do México de uma região conhecida como Sierra Madre Oriental (Figura 6) (GILLESPIE, 1992). Embora tenha uma distribuição natural muito restrita a espécie tem sido muito bem sucedida em povoamentos industriais ao longo dos trópicos e sub-trópicos, apresentando boa forma e grande porte (DVORAK, 2006; ORWA et al., 2009).

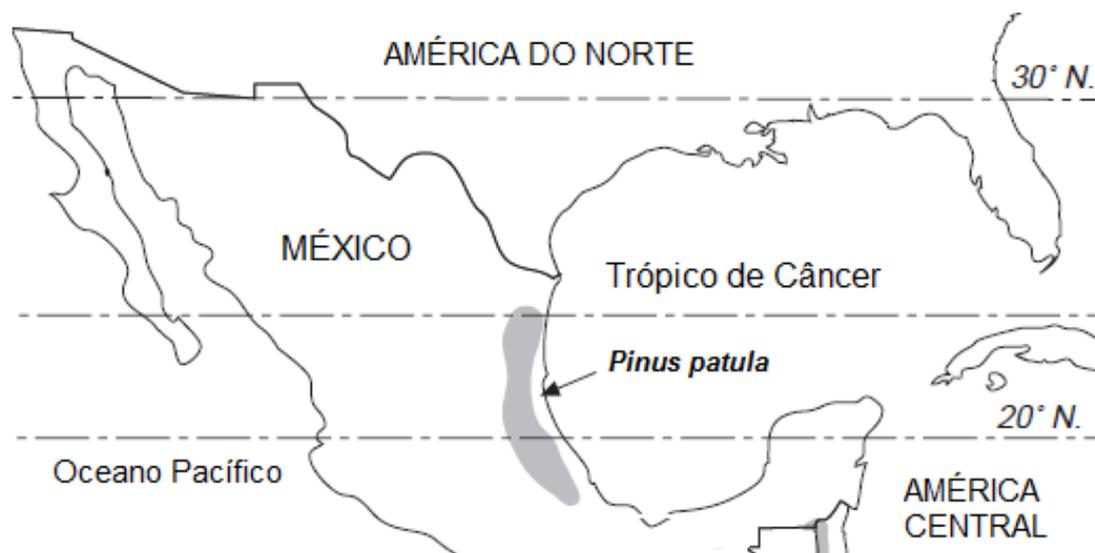


Figura 6. Região de ocorrência natural do *Pinus patula*. Fonte: Adaptado de Gillespie (1992).

As árvores de *Pinus patula* geralmente apresentam rápido crescimento e alto incremento médio anual, sua madeira apresenta menor densidade que grande parte das coníferas de regiões temperadas,

fato esse que indica que a espécie pode ser considerada como potencial para a produção de painéis aglomerados (GILLESPIE, 1992).

2.2.4 Adesivo

Segundo Iwakiri et al. (2005) os adesivos utilizados para a colagem de madeira podem ser classificados de acordo com a sua origem em:

a) Adesivos naturais

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

b) Adesivos sintéticos termoplásticos

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

c) Adesivos sintéticos termoendurecedores/termofixos

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

Para painéis de madeira os adesivos mais utilizados são os do tipo termoendurecedores/termofixos, com destaque para a utilização de fenol-formaldeído para produtos destinados a ambientes externos e ureia-formaldeído para ambientes internos. Como os aglomerados são destinados em sua grande maioria a ambientes internos o adesivo mais utilizado é o ureia-formaldeído (GONÇALVES, 2002).

2.2.4.1 Ureia-formaldeído

O adesivo ureia-formaldeído possui uma ampla aplicação na indústria madeireira em todo o mundo, na colagem de madeira sólida, compostos laminados e particulados em geral. Mais de 90 % dos produtos compostos de madeira utilizam esse adesivo, tendo em vista o seu baixo custo em relação às outras resinas, o qual foi desenvolvido início da década de 30.

A composição desse adesivo é baseada, principalmente, na ureia e formaldeído. A ureia é produzida comercialmente pela reação de dióxido de carbono e amônia, numa faixa de temperatura entre 135 a 200 °C e pressão de 70 a 130 atm. O formaldeído é obtido pela oxidação do metanol, preparado comercialmente a partir de monóxido de carbono e hidrogênio, ou de petróleo (IWAKIRI *et al.*, 2005).

Nos países em desenvolvimento o custo do adesivo é muito alto em relação ao custo total dos painéis, devido ao fato de que quase todas as matérias-primas para fabricação de adesivos são feitas à base de produtos derivados do petróleo (PIZZI, 1994). Assim, pesquisas que visam introduzir alterações nos adesivos sintéticos são de relevante importância para se produzir painéis a um custo menor e de boa qualidade (LELIS *et al.*, 2000).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Materiais

3.1.1 Madeira

Para a confecção dos painéis utilizou-se a madeira de *Pinus patula* e *Pinus sp.* A madeira de *Pinus patula* foi fornecida pela empresa Seiva Florestas e Indústrias S.A. do grupo Gerdau S.A. localizada no município de Ponte Alta do Norte – SC, a qual era proveniente de povoamentos com 8 anos de idade. As árvores foram derrubadas e seccionadas em toras de 1,5 m, para em seguida serem transportadas até o Centro de Ciências Agroveterinárias (CAV) da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), localizada em Lages –SC.

Já as partículas de *Pinus sp.* foram fornecidas pela empresa Bonet Madeiras e Papéis Ltda. localizada no município de Santa Cecília – SC, as quais eram provenientes 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 *Pinus taeda* e *Pinus elliottii*, desse modo ela foi denominada no presente trabalho de *Pinus sp.*

3.1.2 Adesivo

O adesivo utilizado na confecção dos painéis foi o ureia-formaldeído, que foi doado pela empresa Sudati MDF Ltda., localizada no município catarinense de Otacílio Costa, sendo que este apresentava teor de sólidos de 70,20%.

3.2 Métodos

A metodologia do presente trabalho foi desenvolvida com base nos trabalhos de Pedreschi (2009), Trianoski (2010) e Weber (2011) que realizaram estudos similares utilizando painéis aglomerados.

3.2.1 Determinação da densidade básica da madeira

Para a determinação da densidade básica da madeira de *Pinus patula* foram seccionadas toras, sendo posteriormente retirados discos com 5 cm de espessura a 0,10 m; 1,30 m (DAP); 25%, 50%, 75% e 100% da altura comercial do tronco (Figura 7)

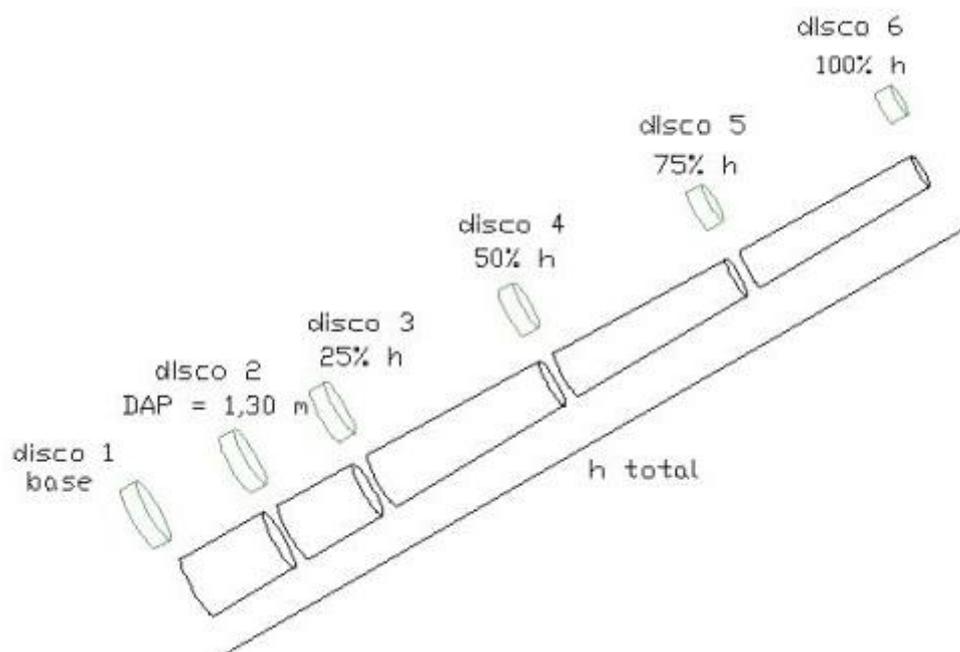


Figura 7. Esquema de retirada dos discos ao longo de tronco. *Fonte: Xavier (2009).*

De cada disco, foram retiradas duas cunhas, opostas entre si, formando um ângulo de cunha de 30° (Figura 8).

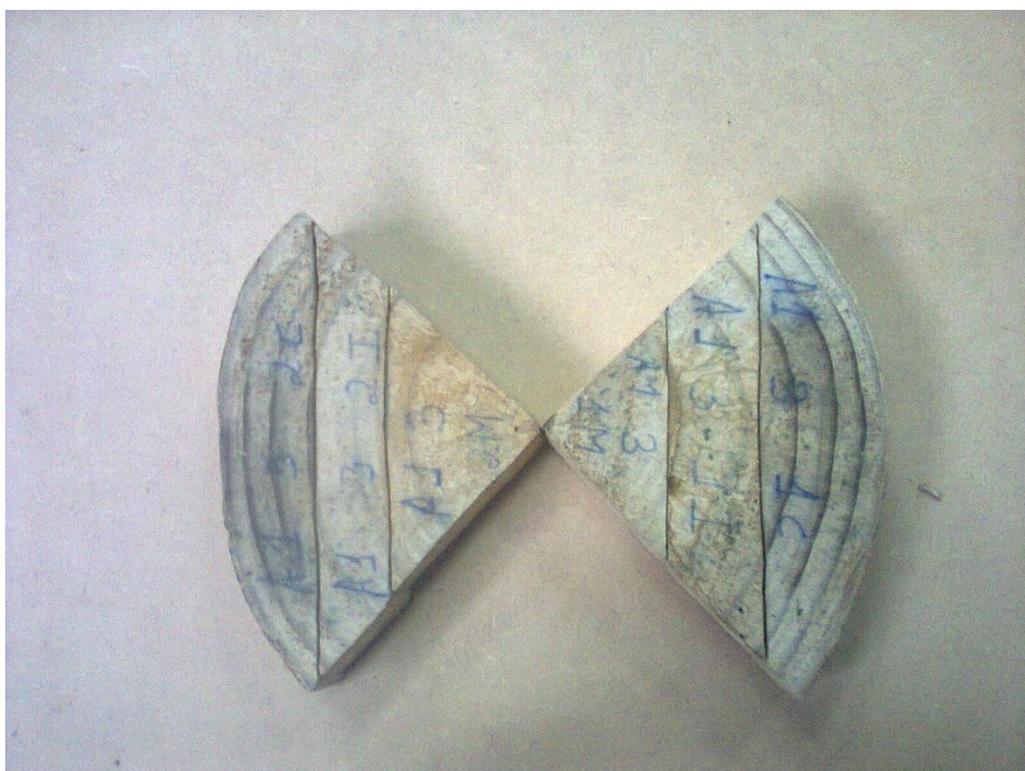


Figura 8. Cunhas utilizadas para a determinação da massa específica básica. *Fonte: O Autor (2014)*

A partir das cunhas foi obtido o volume saturado utilizando o método da balança hidrostática (Figura 9), e o peso seco após secagem em estufa $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, conforme o método por Vidal (1987).



Figura 9. Determinação do volume da madeira através de uma balança hidrostática. Fonte: O Autor (2014)

A partir do peso seco e volume verde, determinou-se a densidade básica de cada cunha através da Equação 1:

$$\rho = \frac{P0\%}{V_{\text{saturado}}} \quad \text{(Equação 1)}$$

Onde: ρ : Densidade básica (g/cm^3)

$P0\%$: Peso seco em estufa a $103 \pm 2^{\circ}\text{C}$ (g)

V_{saturado} : Volume saturado (cm^3)

Devido ao fato da madeira de *Pinus sp.*(industrial) ter várias procedências a determinação da densidade básica foi realizada através do cálculo da média de valores encontrados na literatura para *Pinus taeda* e *Pinus elliottii*.

3.2.2 Geração de partículas

Para a transformação dos toretes de *Pinus patula* em partículas, utilizou-se primeiramente um picador, e na sequência um moinho do tipo Willey, utilizando malhas de 4,37 mm de diâmetro (Figura

10 A). Em contrapartida as partículas de *Pinus sp.* (industrial) como já se encontravam na forma de partículas foram utilizadas com a mesma granulometria utilizada na empresa (Figura 10 B).

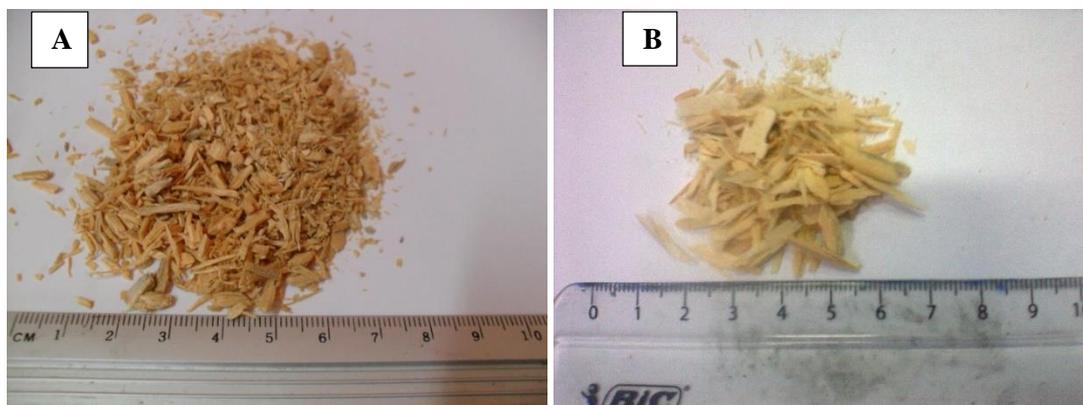


Figura 10. A) Partículas de *Pinus patula* utilizadas no trabalho. B) Partículas de *Pinus sp.* doadas pela empresa utilizadas no estudo. Fonte: O autor (2014).

3.2.3 Descrição do delineamento

O experimento foi montado em delineamento inteiramente casualizado (DIC), constituído por 8 tratamentos com 3 repetições cada, totalizando 24 painéis, com diferentes teores de resina ureia-formaldeído (UF) (Tabela 1).

Tabela 1. Delineamento utilizado no projeto

Tratamento	Espécie	Teor de adesivo (%)
T1	<i>Pinus patula</i>	6
T2	<i>Pinus patula</i>	8
T3	<i>Pinus patula</i>	10
T4	<i>Pinus patula</i>	12
T5	<i>Pinus sp.</i> (industrial)	6
T6	<i>Pinus sp.</i> (industrial)	8
T7	<i>Pinus sp.</i> (industrial)	10
T8	<i>Pinus sp.</i> (industrial)	12

3.2.4 Cálculos dos componentes dos painéis

O cálculo da quantidade de material necessário para a confecção de cada painel foi realizado através da Equação 2.

$$D = \frac{m}{v} \quad \text{(Equação 2)}$$

Onde: D = Densidade desejada do painel (g/cm³)

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

V = Volume do painel = ExLxC (cm³)

E = Espessura do painel (cm)

L = Largura do painel (cm)

C = Comprimento do painel (cm)

Através da Equação 1 foi obtida a Equação 3

$$M = D \times V \quad \text{(Equação 3)}$$

Onde: D = Densidade desejada do painel (kg/m³)

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

V = Volume do painel

Com base nesta Equação 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 %

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

12 partes de água

Totalizando 118 partes, onde 118 partes correspondem a M (massa de partículas a 12% de umidade).

Este cálculo foi realizado upara todos os teores de resina (8%,10%,12%) de acordo com o tratamento.

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

$$M0 = \frac{(M \times 100)}{118} \quad \text{(Equação 4)}$$

Onde: M0 = massa de partículas com 0 % de umidade (g)

A partir de M0 foi possível calcular a massa de partículas para qualquer teor de umidade, através da Equação 5:

$$Mn = \left(\frac{n}{100} + 1 \right) \times M0 \quad \text{(Equação 5)}$$

Onde : Mn = massa de partículas a um determinado teor de umidade “n” (g)

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 aglomerados geralmente ocorre uma perda de material, foi realizada uma adição 15% a mais de partículas e de adesivos em todos os painéis produzidos.

3.2.5 Determinação do teor 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 valores próximos de 4 %.

3.2.6 Preparo dos painéis

3.2.6.1 Aplicação de adesivo

Após a secagem as partículas de madeira foram pesadas e separadas de acordo com a necessidade de cada tratamento para a aplicação do adesivo.

O adesivo foi aplicado de acordo com o delineamento experimental utilizando o método de aspersão em uma encoladeira do tipo tambor rotatório (Figura 11) com auxílio de uma pistola dotada de um copo dosador.



Figura 11. A)Tambor do tipo rotatório B) partículas colocados no tambor. *Fonte: O Autor (2014)*

3.2.6.2 Pré-Prensagem

Posteriormente as partículas foram depositadas em uma caixa formadora com dimensões de 40 cm x 40 cm de comprimento (Figura 12), na sequência essas partículas passaram por uma pré-prensagem a frio em uma prensa hidráulica com uma pressão de 5 kgf/cm², 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.



Figura 12. A) Caixa formadora com dimensões de 40 cm x 40 cm de comprimento B) colchão de partículas após a etapa de pré-prensagem. *Fonte: O Autor (2014)*

3.2.7 Prensagem

Após o colchão passar pela etapa de pré-prensagem, o mesmo foi conduzido a uma prensa a quente (Figura 13), onde passou pela etapa de prensagem propriamente dita. Essa etapa teve como finalidade comprimir o colchão de partículas até atingir as dimensões finais do painel, através da consolidação e cura do adesivo em decorrência da transferência de calor e a remoção da umidade.

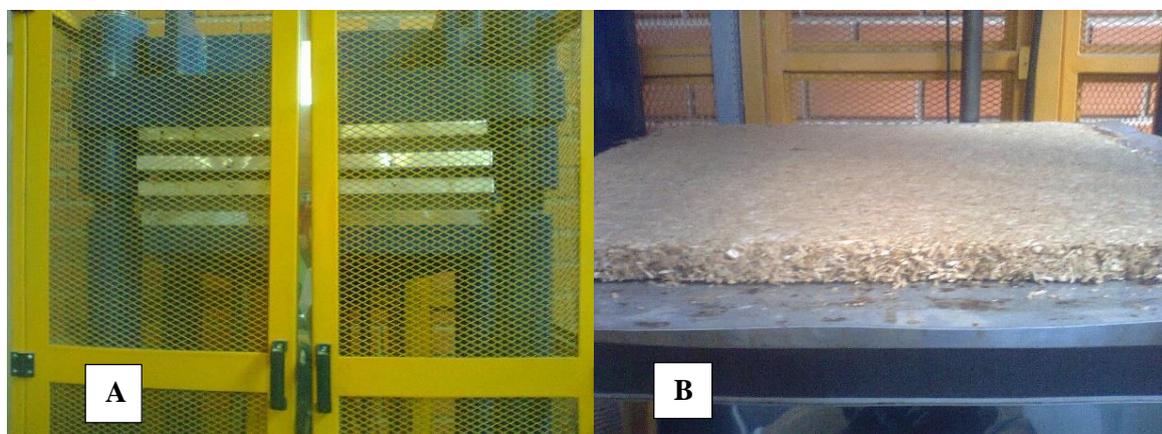


Figura 13. A) Prensa a quente utilizada no experimento. B) Painel após passar pela etapa de prensagem

Os parâmetros utilizados na prensagem foram:

- Temperatura: 180 °C
- Pressão específica: 40 kgf/cm²
- Tempo: 8 minutos

3.2.8 Climatização

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

3.2.9 Determinação das propriedades físicas dos painéis

3.2.9.1 Confeção dos corpos de prova

Para a determinação das propriedades físicas os painéis foram esquadrejados em corpos de prova de acordo com a Figura 14. Nesse procedimento foram retiradas as bordas, uma vez que essas interferem significativamente nas propriedades dos painéis analisados.

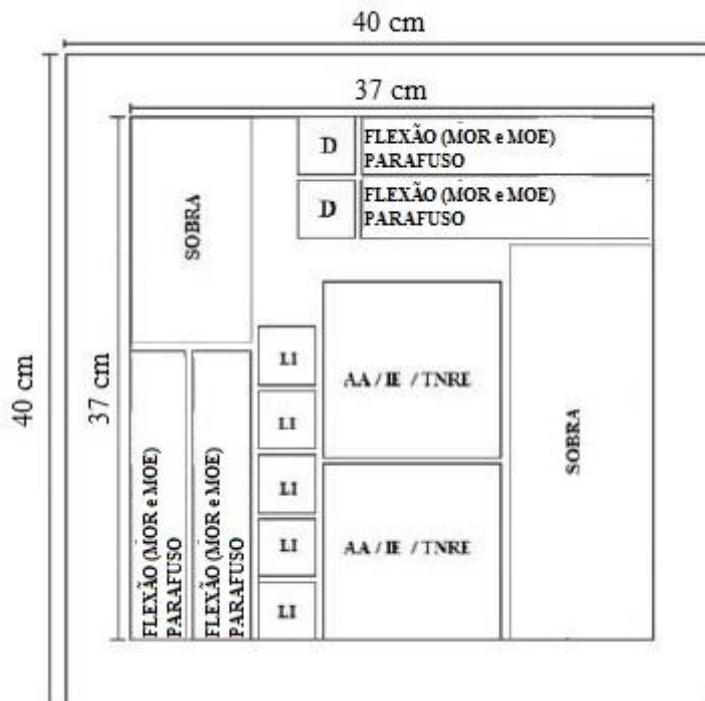


Figura 14. Layout utilizado para a confecção dos corpos de prova. Fonte: (Adaptado de Mendes, 2001). Onde : LI: ligação interna; AA: Absorção em água; IE: inchamento em espessura; TNRE: Taxa de não retorno em espessura; MOE: Módulo de elasticidade; MOR: Módulo de ruptura; Parafuso: Arrancamento de parafuso.

O número de corpos de prova obtidos por painel foi de: 5 unidades para o ensaio de absorção d'água e inchamento em espessura; 4 unidades para o ensaio de flexão estática; 3 unidades para arrancamento de parafuso na superfície; 3 unidades para arrancamento de parafuso no topo; e 5 unidades para de ligação interna.

Vale ressaltar que o Layout para obtenção de corpos de prova foi planejando visando a análise das propriedades físicas e mecânicas, contudo nesse trabalho foram analisadas apenas as propriedades físicas.

Após a confecção dos corpos de prova os mesmos foram conduzidos para sala de climatização até atingirem umidade de equilíbrio.

Os ensaios das propriedades físicas foram conduzidos de acordo com as seguintes normas:

- Absorção de água e inchamento em espessura: ASTM D1037 (1996);
- Teor de Umidade: ABNT / NBR 14810 (2006).

3.2.9.2 Densidade aparente dos painéis

A densidade aparente dos painéis foi determinada através da Equação 6, com auxílio de paquímetro digital e balança de precisão .

$$D_{ap} = \frac{m_{12}}{v_{12}} \quad \text{(Equação 6)}$$

Onde:

D_{ap} = Densidade aparente

m_{12} = massa específica do corpo de prova a 12% de umidade (g)

v_{12} = volume do corpo de prova de madeira a 12% de umidade (cm³)

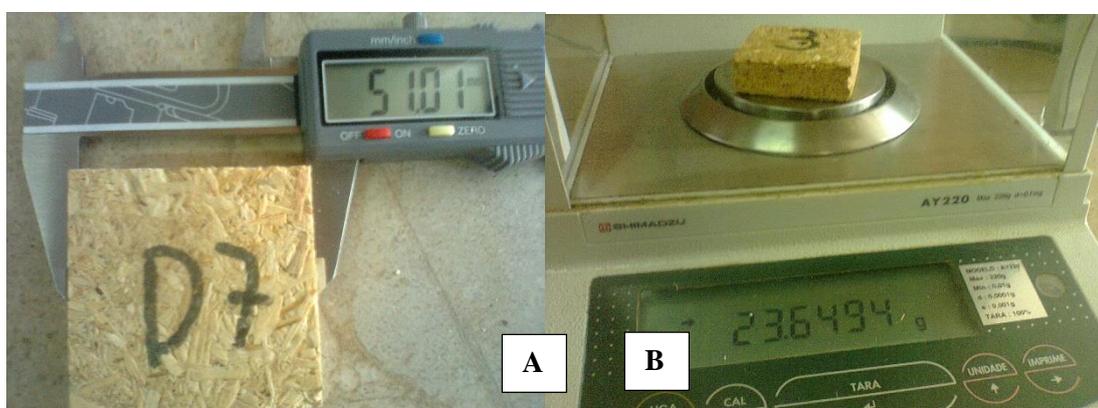


Figura 15. A) Paquímetro e B) Balança de precisão utilizados para obtenção da massa e volume com o intuito de realizar o cálculo da densidade aparente dos painéis. *Fonte: O Autor (2014)*

3.2.9.3 Razão de compactação dos painéis

A razão de compactação das chapas foi determinada através da Equação 7.

$$R_c = \frac{d_{\text{painel}}}{d_{\text{madeira}}} \quad \text{(Equação 7)}$$

Onde:

R_c = Razão de compactação

d_{painel} = Densidade aparente do painel

d_{madeira} = Densidade básica da madeira

3.2.9.4 Teor de umidade dos painéis

O teor de umidade foi determinado de acordo com a norma NBR 14810 (2006). As amostras foram pesadas para a obtenção do peso úmido, e posteriormente levadas a estufa (103 ° C ± 2) para

obtenção do peso seco, os quais foram utilizados para o cálculo do teor de umidade através da Equação 8.

$$Tu = \frac{Pu - Ps}{Ps} \quad \text{(Equação 8)}$$

Onde:

Tu = Teor de umidade (%)

Pu = Peso úmido (g)

Ps = Peso seco (g)

3.2.10 Absorção de água e inchamento em espessura

Para a determinação dessas propriedades foram aferidos a espessura e a massa das amostras antes e depois da imersão em água a 20 °C em períodos de 2 e 24 horas. O inchamento em espessura foi calculado por meio da Equação 9, enquanto a absorção de água foi calculada pela Equação 10.

$$Gt = \frac{T2 - T1}{T1} * 100 \quad \text{(Equação 9)}$$

Onde:

Gt = Inchamento (%)

T1 = espessura inicial (mm)

T2 = espessura final em (mm)

$$Am = \frac{M2 - M1}{M1} * 100 \quad \text{(Equação 10)}$$

Onde:

Am = Absorção (%)

M1 = Massa inicial (g)

M2 = Massa final (g)

3.2.11 Análise estatística

Com o objetivo de verificar a existência de diferença estatística foi realizada uma análise estatística em todos os conjuntos de dados do experimento, em arranjo fatorial 2x4 com fatores qualitativos (diferentes espécies) e quantitativos (diferentes teores de adesivo),

Para testar a aderência de dados a distribuição normal, foi realizado o teste de Shapiro Wilk, em que com exceção dos dados de inchamento em espessura, todos os outros apresentaram distribuição normal. Para testar a homogeneidade de dados foi realizado o teste de Bartlett, em que de forma análoga aos resultados do teste de normalidade, todos os dados, exceto os de inchamento em espessura, apresentaram distribuição normal. Em decorrência da falta de homogeneidade e normalidade dos dados, foi necessária a realização de transformação matemática para a variável inchamento em espessura, através do tipo Box-Cox.

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 F e em seguida o teste de médias de Scott-Knott para os fatores qualitativos e a análise de regressão com posterior confecção de gráficos para os fatores qualitativos. A escolha do melhor modelo foi baseada na significância estatística dos coeficientes de regressão, no maior coeficiente de determinação (R^2) e na análise dos resíduos.

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 Densidade básica da madeira

Os valores médios de densidade básica da madeira de *Pinus patula* estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Valores médios de densidade básica da madeira de *Pinus patula*.

Árvore	Densidade básica (kg/m ³)	CV (%)
1	336 a	3,23
2	302 a	4,17
3	328 a	4,92
4	304 a	10,01
5	330 a	6,40
6	318 a	2,27
Média geral	320	7,28

Os valores encontrados são semelhantes aos obtidos por outros autores como Moreschi et al. (1977), que encontraram os valores de 322 kg/m³ (0,322 g/cm³) para árvores de 10 anos localizadas em um povoamento em Campo do Tenente – PR e por Ladrach (1987), que encontrou valores de 344 kg/m³ para árvores de 7 anos na África do Sul e Ladrach & Lambert (1991) que encontraram para árvores de 7 anos na Colômbia valores de massa específica de 342 kg/m³. Porém difeririam dos resultados encontrados por Moura et al. (1991), em estudos sobre crescimento de diferentes espécies de *Pinus* no Cerrado, com valores médios de densidade para árvores *Pinus patula* de 12 anos de idade de 399 kg/m³ (g/cm³) para povoamentos localizados na cidade de Planaltina - DF, de 421 kg/m³ (0,421g/cm³) para povoamentos na cidade de Serranópolis - GO e valores de 407 kg/m³ (0,407 g/cm³) para as árvores povoamentos localizados na cidade de Jaciara - MT.

Segundo Trianoski (2010), as diferenças encontradas entre os valores obtidos e os apresentados pelos autores citados podem ser justificadas em virtude de diferentes idades, variedades, sítios, condições de crescimento e métodos de ensaio.

Os valores da literatura utilizados para cálculo da densidade básica do *Pinus sp.* (industrial), estão descritos na Tabela 3.

Tabela 3. Valores da densidade básica para *Pinus taeda* e *Pinus elliottii*.

Espécie	Densidade básica (kg/m³)	Idade (anos)	Procedência	Autor (es)
<i>Pinus taeda</i>	396	9	Guarapuava - PR	Xavier, 2009
<i>Pinus taeda</i>	395	10	Guarapuava - PR	Xavier, 2009
<i>Pinus taeda</i>	332	8	Correia Pinto - SC	Mendes, 1993
<i>Pinus taeda</i>	349	10	Correia Pinto - SC	Mendes, 1993
<i>Pinus elliotti</i>	319	7	Lages – SC	Higa et al., 1973
<i>Pinus elliotti</i>	326	9	Lages – SC	Higa et al.; 1973
<i>Pinus elliotti</i>	390	8	Itapetininga - SP	Palermo et al., 2004
<i>Pinus elliotti</i>	332	9	Vale do Itajaí - SC	Melo et al., 2013
Média	354			

Os valores encontrados para o *Pinus patula* e para o *Pinus sp* (industrial) encontram-se adequados para a produção de painéis de madeira aglomerada, uma vez que espécies de madeira com densidade básica de até 550 kg/m³, 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 (MOSLEMI, 1974; MALONEY, 1993).

4.2 Propriedades físicas dos painéis

4.2.1 Densidade aparente

Para a densidade aparente não houve diferença estatística para as variáveis espécie e teor de resina, contudo os valores se mostraram inferiores aos desejados que eram de 650 kg/m³ (Tabela 4), fato que em partes se explica pelo escorrimento de partículas durante a etapa de prensagem, semelhante ao relatado Trianoski (2010) e Iwakiri et al., (2005b) em seus estudos.

Tabela 4. Valores médios de densidade aparente para os diferentes materiais.

Material	Médias (kg/m³)	CV (%)
<i>Pinus patula</i>	564 a	4,91
<i>Pinus sp. (industrial)</i>	566 a	7,57

NOTA: Médias com letras diferentes em uma mesma coluna diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade;

Os resultados obtidos de acordo com diferentes teores de adesivo demonstram que não houve influência do teor de adesivo na densidade aparente (Tabela 5).

Tabela 5. Valores médios de densidade aparente para os diferentes teores de adesivo.

Teor de adesivo (%)	Médias (kg/m ³)	CV (%)
6	547 a	3,70
8	572 a	5,57
10	572 a	2,96
12	568 a	3,32

NOTA: Médias com letras diferentes em uma mesma coluna diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

4.2.2 Razão de compactação

Para a variável razão de compactação as espécies estudadas diferiram estatisticamente entre si (Tabela 6). Os dados obtidos demonstraram que a espécie *Pinus patula* apresentou valores maiores para essa variável.

Tabela 6. Valores de razão de compactação para as diferentes espécies.

Material	Médias (%)	CV (%)
<i>Pinus patula</i>	1,764 a	1,90
<i>Pinus sp.</i> (industrial)	1,599 b	1,95

Nota: Médias com letras diferentes em uma mesma coluna diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade;

Os valores indicam que as duas espécies são adequadas para a confecção de aglomerados, de acordo com Iwakiri et al. (2005a), para que uma espécie seja adequada para a confecção de painéis ela deve apresentar valores de razão de compactação superiores a 1,3, para que dessa forma ocorra a densificação necessária da chapa.

Por sua vez a variável teor de adesivo não apresentou diferença estatística (Tabela 7), fato que indica que a quantidade de adesivo não interfere nessa variável.

Tabela 7. Valores médios de razão de compactação para os diferentes teores de adesivo.

Teor de adesivo (%)	Médias (%)	CV (%)
6	1,630 a	3,70
8	1,707 a	5,57
10	1,703 a	2,96
12	1,687 a	3,32

Fonte: O autor (2014). Nota: Médias com letras iguais em uma mesma coluna não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade

4.2.3 Teor de umidade (Umidade de equilíbrio)

O teor de umidade dos painéis seguiu a mesma tendência observada para a densidade aparente, ou seja, não ocorreu diferença estatística para as variáveis espécie e teor de resina (Tabelas 8 e 9).

Tabela 8. Valores médios de teor de umidade para os diferentes materiais.

Material	Médias (%)	CV (%)
<i>Pinus patula</i>	11,25 a	1,90
<i>Pinus sp.</i> (industrial)	11,30 a	1,95

NOTA: Médias com letras diferentes em uma mesma coluna diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 9. Valores médios de teor de umidade para os diferentes teores de adesivo.

Teor de adesivo (%)	Médias (%)	CV (%)
6	11,29 a	1,07
8	11,33 a	1,97
10	11,20 a	1,50
12	11,28 a	1,08

NOTA: Médias com letras diferentes em uma mesma coluna diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

4.2.4 Absorção de água

Os valores de absorção de água em 2 e 24 horas apresentaram diferença estatística entre as diferentes espécies e teores de resina, contudo não ocorreu interação significativa entre as variáveis teor de resina e espécies. Desse modo os resultados serão apresentados separadamente para as variáveis espécie e teor de resina.

Para a variável espécie, o *Pinus patula* apresentou menores percentuais de absorção de água em comparação ao *Pinus industrial* (Tabela 10).

Tabela 10. Valores de absorção de água (AA) em 2 e 24 horas de imersão em água para os diferentes materiais.

Material	AA 2h (%)	CV (%)	AA 24 h (%)	CV (%)
<i>Pinus patula</i>	105,79 a	15,78	118,50 a	15,56
<i>Pinus sp.</i> (industrial)	113,31 b	12,94	127,06 b	11,96

NOTA: Médias com letras diferentes em uma mesma coluna diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Os altos valores de absorção de água encontrado para os dois materiais, em parte são explicados pelo fato das madeiras utilizadas apresentarem baixa densidade, fator que segundo (IWAKIRI *et al.*, 2005) ocasiona uma maior liberação das tensões de compressão imposta durante a prensagem e por sua vez maiores taxas de absorção de água. Porém Brito (1995) ressalta que os valores de absorção de água podem ser influenciados por uma série de fatores, tais como densidade dos painéis, teor de parafina, eficiência na aplicação da cola e condições de prensagem.

Um fator que contribui significativamente para os valores encontrados foi a não adição de parafina, uma vez que a adição da mesma em painéis aglomerados reduz drasticamente a higroscopicidade dos painéis. Guimarães Júnior *et al.* (2013) constatou em seu estudo que a adição de 1 % de parafina promove uma redução de aproximadamente 47 % na absorção de água em 2 horas.

Outro fator que pode ter contribuído significativamente para os grandes percentuais de absorção de água encontrados no estudo foram as características das partículas, que apresentavam menor comprimento e a maior espessura, fato que durante a formação do painel causa uma maior proporção de partículas posicionadas verticalmente, fato que de acordo Moslemi (1974), contribui para maior instabilidade dimensional.

Por sua vez quando a variável analisada é a quantidade de adesivo, os dados demonstraram que com o aumento do teor de adesivo ocorreu uma redução dos valores médios de absorção de água (Figura 16).

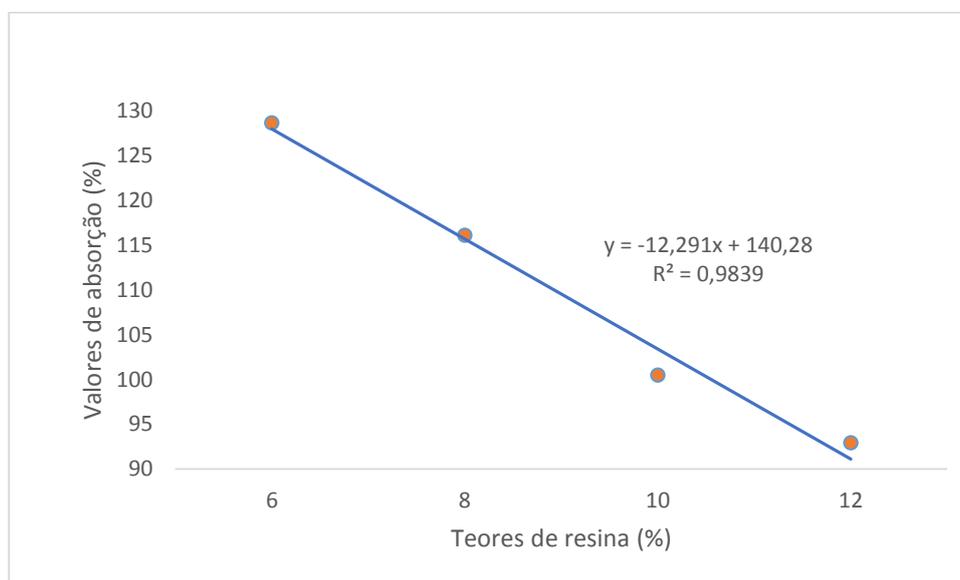


Figura 16. Regressão linear para a variável absorção de água em 2 horas de acordo com os diferentes teores de adesivo. *Fonte: O Autor (2014).*

Os dados da Figura 18, demonstram que houve uma redução nos percentuais de absorção de água em decorrência do aumento dos teores do adesivo Ureia-formaldeído, uma vez que as maiores médias de absorção de água foram encontradas nos tratamentos em que ocorreu uma menor adição do composto e que os menores índices de absorção de água em 2 horas se encontram nos tratamentos com 12% do adesivo ureia-formaldeído.

Por sua vez para a absorção de água em 24 horas ocorreu um efeito semelhante aos encontrados nos testes de absorção de água em 2 horas, onde com o aumento nos teores de adesivo ocorreu uma redução nos percentuais de absorção de água (Figura 17). Os maiores valores médios foram encontrados nos tratamentos com 6% de ureia-formaldeído (143,37 %), em contrapartida os menores valores de absorção de água foram encontrados nos tratamentos com 12 % de ureia-formaldeído (104,95 %). Fato que sugere que a adição do adesivo ureia-formaldeído ocasiona uma redução nos percentuais de absorção de água. Segundo Albuquerque (2002) isso é explicado pelo fato de 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.

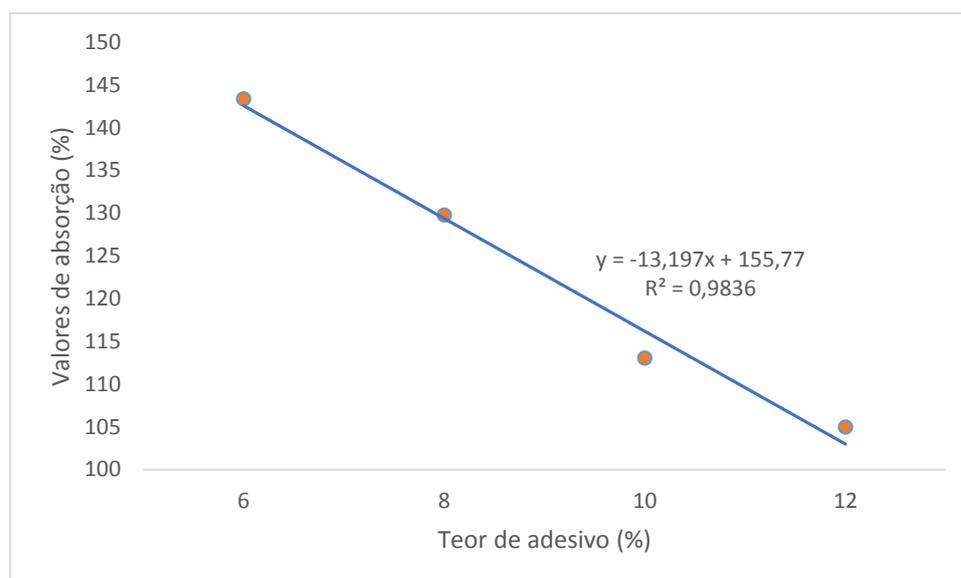


Figura 17. Regressão linear para a variável absorção de água em 24 horas de acordo com os diferentes teores de adesivo. *Fonte: O Autor (2014).*

4.2.5 Inchamento em espessura

Devido à falta de normalidade e homogeneidade constatada durante a realização dos testes de Bartlett e de Shapiro Wilk, os dados de inchamento em espessura passaram por uma transformação do tipo Box-Cox.

Para o teste de inchamento em espessura em 2 horas as análises estatísticas não aferiram interação entre os fatores, contudo ocorreu diferença estatística, onde as médias dos painéis produzidos com *Pinus patula* apresentaram-se estatisticamente superiores aos dos painéis produzidos com *Pinus* industrial (Tabela 11).

Tabela 11. Valores de Inchamento em espessura em 2 horas de imersão em água para os diferentes materiais.

Material	Médias (%)	Dados transformados	CV (%)
<i>Pinus patula</i>	20,75	1,50 a	3,16
<i>Pinus sp.</i> (industrial)	25,64	1,53 b	3,43

Nota: Médias com letras diferentes em uma mesma coluna diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Por sua vez quando se analisam os diferentes teores de ureia-formaldeído, a análise de regressão mostra que o ponto de máxima eficiência técnica se encontra com a aplicação de 12 % de adesivo e que os valores menos satisfatórios são encontrados com a aplicação de 6 % de adesivo (Figura 18), fato que sugere que o aumento nos teores de ureia-formaldeído nos painéis ocasionara uma redução no inchamento em espessura dos mesmos.

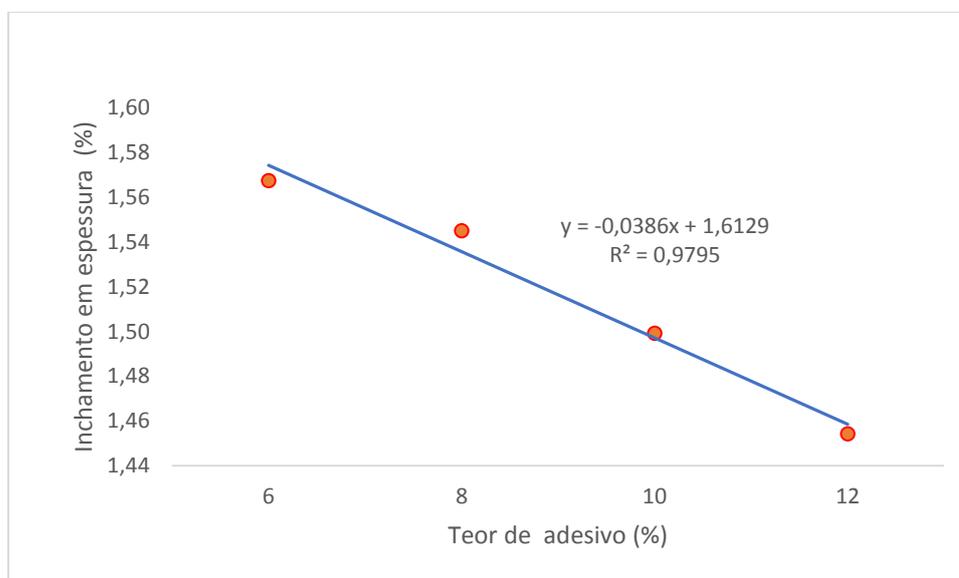


Figura 18. Regressão linear para a variável inchamento em 2 horas de acordo com os diferentes teores de adesivo. Fonte: O autor (2014).

Os valores encontrados no estudo foram superiores aos determinados pela norma NBR 14810 que determina valores máximos de Inchamento em espessura em 2 horas de 8 %, o fato pode ser

explicado em parte pela baixa densidade do painel e pela não adição de parafina, Segundo Guimarães Júnior et al. (2013) a adição de 1% de parafina na produção de painéis ocasiona uma redução de aproximadamente 10,9% no inchamento em espessura.

De forma análoga ao teste de Inchamento em espessura após 2 horas de imersão em água, os dados da imersão de imersão após 24 horas não aferiram a ocorrência de interação entre as variáveis, contudo para a variável espécie não houve diferença estatística (Tabela 12). Os valores encontrados são inferiores aos encontrados por Guimarães et al. (2013) que encontrou valores inchamento em espessura de 40,29 % para painéis de madeira aglomerada de *Pinus oocarpa* sem adição de parafina e com 8% de ureia-formaldeído.

Tabela 12. Valores de Inchamento em espessura em 24 horas de imersão em água para os diferentes materiais.

Material	Médias (%)	Dados transformados	CV (%)
<i>Pinus patula</i>	26,75	3,26 a	6,85
<i>Pinus sp.</i> (industrial)	28,87	3,31 a	8,28

NOTA: Médias com letras iguais em uma mesma coluna não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Para a variável teor de adesivo, da mesma forma com que ocorreu para o teste de inchamento em espessura, a máxima eficiência técnica foi encontrada com 12 % de adesivo (Figura 19), corroborando para validar a hipótese de que o aumento nos teores de ureia-formaldeído ocasiona a redução do inchamento em espessura dos painéis.

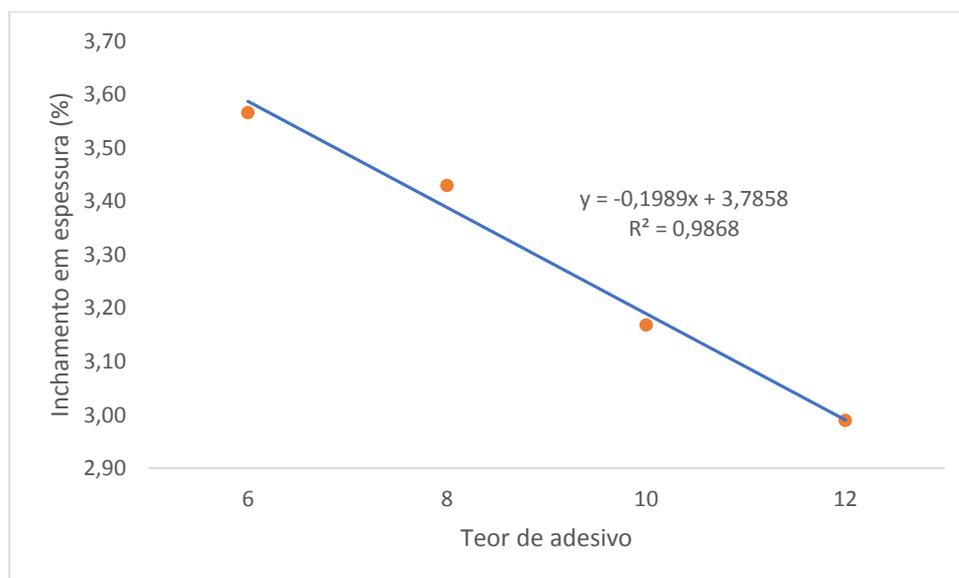


Figura 19. Regressão linear para a variável inchamento em 24 horas de acordo com os diferentes teores de adesivo. Fonte: Autor (2014).

5 CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos no presente estudo é possível concluir que:

- Os painéis produzidos a partir da madeira *Pinus patula* apresentaram melhores valores para as variáveis Absorção de água em 2 e 24 horas e Inchamento em espessura em 2 horas, em comparação ao *Pinus sp.* (industrial), não diferindo estatisticamente para os valores de Inchamento em espessura;
- Os painéis produzidos com *Pinus patula* e *Pinus* de origem industrial apresentaram densidades estatisticamente iguais, 0,566 kg/cm³ e 0,564 kg/cm³, respectivamente, contudo os valores foram menores que os desejados, fato que em parte explica os elevados valores de Absorção de água e Inchamento em Espessura;
- O aumento no teor de adesivo ureia-formaldeído ocasionou uma melhora nas características de absorção de água e inchamento em espessura, contudo esse aumento não interferiu nas propriedades de densidade e razão de compactação.

6 RECOMENDAÇÕES

Com base nos resultados e conclusões obtidas nesse estudo são feitas as seguintes recomendações:

- Estudar as propriedades mecânicas de painéis aglomerados produzidos com *Pinus patula*;
- Realizar o estudo de painéis de *Pinus patula* com diferentes densidades, visando estudar o efeito das mesmas sobre propriedades físicas de absorção de água e inchamento em espessura;
- Confeccionar painéis de madeira aglomerada com *Pinus patula* utilizando parafina, de forma a reduzir os valores de absorção de água e inchamento em espessura;
- Avaliar a viabilidade técnica do uso da madeira de *Pinus patula* para a produção de outros painéis de madeira como OSB, MDF e compensados.

7 REFERÊNCIAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas - **Chapas de Madeira Aglomerada, Parte 2: Requisitos; NBR 14810**. Rio de Janeiro, 2006.

ABRAF, Associação brasileira de produtores de florestas plantadas, **Anuário estatístico da ABRAF 2013 ano base 2012**. Brasília: ABRAF, 2013. 149 p.

ABIPA, Associação brasileira da indústria de painéis de madeira, **MDP, Medium density particleboard – Painéis de partícula de média densidade**. Disponível em: <<http://www.abipa.org.br/industrias.php>> Acesso: 12/05/2014.

AGUIAR, A. V; SOUZA, V. A; SHIMIZU, J. Y. Cultivo de *Pinus: Pinus taeda.*, **Sistemas de Produção**, Colombo-PR, n5. 2001.

ASTM. American Society of testing Materials. **Standard Test Methods for Evaluating Properties of Wood-base Fiber and Particle Panel Materials**. ASTM D 1037 – 91. Philadelphia: Annual Book of ASTM Standards. 1996. (v. 04.09 wood).

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

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.

BELONI, C. **Análise comparativa da eficiência entre as espécies florestais *Pinus taeda* e *Araucária angustifolia* no sequestro de Co² em reflorestamento na região sul do Brasil**. 2006. 140f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Centro de Ciências Tecnológicas, Universidade Regional de Blumenau. 2006.

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.

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* e *Eucalyptus pellita*. R. **Árvore**, Viçosa-MG, v.28, n.5, p.715-724, 2004.

COELHO, V. C. M.; **Avaliação da produção ecoômica da madeira de *Pinus taeda* L. com características qualitativas superiores.** 2010. 117f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

DAFF, Department of Agriculture, Forestry and Fisheries, **Report on commercial timber resources and primary roundwood processing in South Africa 2008/9.** Pretoria - South Africa, 2010.

DVORAK, M. S. Species Descriptions - *Pinus patula* Schiede & Schltdl. & Cham.; **Camcore**, 1996, n. 2 p. 632-635.

FERREIRA, D. F.; Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia** (UFLA), v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

GILLESPIE, A. J. R. *Pinus patula* Schiede and Deppe. Patula pine; U.S., **Forest Service**, 1992. New Orleans, LA. 5 p.

GUIMARRÃES FILHO, J. B. G; MENDES, L. M; MENDES, R. F; GUIMARRÃES, B. M. R; Efeito do teor de parafina nas propriedades físico-mecânicas de *Pinus oocarpa*. **Ciência da Madeira**, Pelotas, v. 04, n. 01, p. 72-82, 2013

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

IWAKIRI, S.; DA SILVA, J. S. M.; MATOSKI, S. L. S; LEONHADT, G.; CARON, J. Produção de chapas de madeira aglomerada de cinco espécies de *Pinus* tropicais. **Floresta e Ambiente**, V. 8, n.1, p.137 - 142. 2001.

IWAKIRI, S.; MATOSKI, S. L. S; LEONHADT, G.; CARON, J. Produção de compensados de *Pinus taeda* L. e *Pinus oocarpa* Schiede com diferentes formulações de Uréia-Formaldeído. **Árvore**, v. 26, n.3, p. 371-375, 2002.

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

OLIVEIRA, F. B; LIMA, I. L; GARCIA, J. N. Propriedades da madeira de *Pinus taeda* em função da idade e posição radial da tora, **Rev. Inst. Flor.**, São Paulo, v. 18, n. único, p. 59-70, 2006.

ORWA, C; MUTUA, A; KINDT R; JAMNDASS R; SIMONS, A; *Pinus Patula: A tree reference and selection guide*. **Agroforestry Database**, 2009.

LADRACH, W. E. Growth and heritability estimates for a seven-year-old open-pollinated patula pine progeny trial. Smurfit Carton de Colombia, Cali, Colombia, **Research Report** n. 115, 1987.

LADRACH, W. E.; LAMBETH, C. C.; Growth and heritability estimates for a seven-year-old open-pollinated *Pinus patula* progeny test in Colombia. **Silvae Genetica** v.40 p169-173. 1991.

LELIS, R. C. C.; TOSTES, A. S.; BRITO, E. O. Aproveitamento do tanino de Acácia Negra (*Acacia mearnsii* De Wild) em resina sintética à base de Fenol- Formaldeído. In: VI CONGRESSO E EXPOSIÇÃO INTERNACIONAL SOBRE FLORESTAS - FOREST 2000, Porto Seguro – BA, **Anais ...** p. 389-390, 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.

MOURA, V. G.; PARCA, M .L. S.; SILVA, M. A.; Variação da densidade da madeira espécies e procedências de *Pinus* Centro-Americanos em três locais na região dos Cerrados. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 22/23, p.29-44, 1991.

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

MARTO, G. B. T. Indicações para a escolha da espécie de Pinus. **Revista da madeira**, Curitiba, 2009.

MATTOS, R. L.; GONÇALVES, R. M.; CHAGAS, F. B. Painéis de madeira no Brasil: panorama e perspectivas. **BNDES Setorial**, v. 27, p. 121-156, 2008.

MELO, R. R.; SILVESTRE, S.; OLIVEIRA, T. M.; PEDROSA, T. D.; Variação radial e longitudinal da densidade básica da madeira de *Pinus elliotti* 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.; 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.

MORESCHI, J. C., TOMASELLI, I.; RICHTER, H. G.; Contribuição ao estudo da densidade básica de coníferas plantadas no sul do Brasil. **Floresta**, n. 8 p. 26-28. 1977.

PLANTS DATABASE, **Plants profile: *Pinus taeda* L.** Disponível em: <<http://plants.usda.gov/core/profile?symbol=PITA>>, Acesso em: 25/03/2014.

PORTAL ACTION, **Sobre o action**. Disponível em: <<http://www.portalaction.com.br/content/sobre-o-action>> Acesso: 24/06/2014.

PALERMO, G. P. M.; SEVERO.; E. T. D.; REZANDE, M. A.; ABREU, H. S. Determinação da densidade da madeira de *Pinus elliotti* Engelm, através da atenuação da radiação gama comparada aos métodos tradicionais. **Floresta e ambiente**. V. 11, n. 1, p. 01 - 06, 2004.

PEDRESCHI, R. Aproveitamento de bagaço de cana da indústria sucroalcooleira na produção de painéis aglomerados. 2009. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia da Madeira) – Universidade Federal de Lavras. 2009.

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

SANTOS ANDIRÁ MOVÉIS, **MDP Painéis de partículas de média densidade**. Disponível em: <<http://www.isa.com.br/index.jsp?view=387>> Acesso: 13/04/2014.

SANCHEZ, 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.

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.

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.

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

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.

WEBER, C. **Estudo da viabilidade do uso de compensados, MDF e MDP para a produção de painéis aglomerados**. 2011. 260 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia e Utilização de Produtos Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2011.

APÊNDICES

APÊNDICE A - TESTE DE SHAPIRO-WILK

Ensaio/variável	Estatística do teste	p-valor
Densidade dos painéis		
	0,973414895	0,155691065
Teor de Umidade		
	0,963971612	0,964664299
Absorção de água		
2 horas	0,981469875	0,640936192
24 horas	0,979895697	0,574363703
Inchamento em espessura		
2 horas	0,975750986	0,416331765
24 horas	0,964664299	0,155691065

APÊNDICE B - TESTE DE BARTLETT

Ensaio/variável	Estatística do teste	p-valor
Densidade dos painéis		
	5,301101637	0,623270169
Teor de Umidade		
	3,989200633	0,781020444
Absorção de água		
2 horas	5,626405192	0,583984024
24 horas	7,413910953	0,387091222
Inchamento em espessura		
2 horas	11,31677293	0,125385992
24 horas	13,33933456	0,103248583

APÊNDICE C - ANÁLISE DE VARIÂNCIA

Análise de variância para a variável massa específica básica da madeira

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
ÁRVORE	5	0.005011	0.001002	1.850	0.1380
erro	26	0.014086	0.000542		
Total corrigido	31	0.019097			
CV (%) =	7.28				
Média geral:	0.3196875	Número de observações:	32		

Análise de variância para a razão de compactação

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
ESP_CIE	1	0.325052	0.325052	28.419	0.0000
TEOR	3	0.044440	0.014813	1.295	0.2893
ESP_CIE*TEOR	3	0.203523	0.067841	3.931	0.0619
erro	40	0.457517	0.011438		
Total corrigido	47	1.030531			
CV (%) =	6.36				
Média geral:	1.6818750	Número de observações:	48		

Análise de variância para a variável densidade

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
ESPÉCIE	1	0.000052	0.000052	0.039	0.8449
TEOR	3	0.005156	0.001719	1.279	0.2946
ESPÉCIE*TEOR	3	0.022840	0.007613	5.666	0.0025
erro	40	0.053750	0.001344		
Total corrigido	47	0.081798			
CV (%) =	6.49				
Média geral:	0.5652083	Número de observações:	48		

Análise de variância para o teste de teor de umidade (umidade de equilíbrio)

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
ESPÉCIE	1	0.025669	0.025669	0.697	0.4089
TEOR	3	0.105506	0.035169	0.954	0.4236
ESPÉCIE*TEOR	3	1.407423	0.469141	12.730	0.0000
erro	40	1.474083	0.036852		
Total corrigido	47	3.012681			
CV (%) =	1.70				
Média geral:	11.2806250	Número de observações:	48		

Análise de variância para a teste de absorção de água em 2 horas.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
ESP_CIE	1	678.830419	678.830419	6.350	0.0158
TEOR	3	9212.488473	3070.829491	28.726	0.0000
ESPÉCIE*TEOR	3	121.758240	40.586080	0.380	0.7681
erro	40	4276.040417	106.901010		
Total corrigido	47	14289.117548			
CV (%) =	9.44				
Média geral:	109.5527083	Número de observações:	48		

Análise de variância para o teste de absorção de água em 24 horas.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
ESPÉCIE	1	878.855252	878.855252	7.111	0.0110
TEOR	3	10624.461273	3541.487091	28.657	0.0000
ESPÉCIE*TEOR	3	157.924690	52.641563	0.426	0.7354
erro	40	4943.362883	123.584072		
Total corrigido	47	16604.604098			
CV (%) =	9.05				
Média geral:	122.7802083	Número de observações:	48		

Análise de variância para o teste de Inchamento em espessura em 2 horas

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
ESPÉCIE	1	0.014352	0.014352	12.476	0.0011
TEOR	3	0.091190	0.030397	26.422	0.0000
ESPÉCIE*TEOR	3	0.003340	0.001113	0.968	0.4175
erro	40	0.046017	0.001150		
Total corrigido	47	0.154898			
CV (%) =	2.24				
Média geral:	1.5164583	Número de observações:	4		

Análise da variância para o ensaio de Inchamento em espessura em 24 horas

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
ESPÉCIE	1	0.030502	0.030502	1.246	0.2711
TEOR	3	2.405740	0.801913	32.746	0.0000
ESPÉCIE*TEOR	3	0.100406	0.033469	1.367	0.2668
erro	40	0.979550	0.024489		
Total corrigido	47	3.516198			
CV (%) =	4.76				
Média geral:	3.2885417		Número de observações:	48	

APENDICE D – MÉDIAS DE ABSORÇÃO DE ÁGUA E INCHAMENTO EM ESPESSURA PARA OS DIFERENTES TEORES DE ADESIVO.

Teor de adesivo (%)	Médias			
	AA 2h	AA 24h	IE 2h	IE 24h

6	128,69	143,37	29,51	35,72
8	116,10	129,76	25,95	31,24
10	100,50	113,04	20,82	24,33
12	92,92	104,95	16,50	19,97
