

JULIANA JERÁSIO BIANCHE

**PROPRIEDADES DE AGLOMERADO FABRICADO COM
PARTÍCULAS DE EUCALIPTO (*Eucalyptus urophylla*), PARICÁ
(*Schizolobium amazonicum*) E VASSOURA (*Sida* spp.)**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2009

JULIANA JERÁSIO BIANCHE

**PROPRIEDADES DE AGLOMERADO FABRICADO COM
PARTÍCULAS DE EUCALIPTO (*Eucalyptus urophylla*), PARICÁ
(*Schizolobium amazonicum*) E VASSOURA (*Sida* spp.)**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 31 de julho de 2009.

Prof. Benedito Rocha Vital
(Co-Orientador)

Prof.^a Ana Márcia M. Ladeira Carvalho
(Co-Orientadora)

Prof. José de Castro Silva

Dr. Daniel Camara Barcellos

Prof.^a Angélica de Cássia Oliveira Carneiro
(Orientadora)

A Deus,
OFERECÇO

Aos meus pais,
Águeda Jerásio Leão e Ilson César Bianche (in memoria m),
DEDICO

Um dia eu tive um sonho,
sonhei que estava andando na praia com o Senhor e que, no céu,
passavam cenas da minha vida; para cada cena que passava, percebi
que eram deixados dois pares de pegadas na areia: um era meu,
e o outro do Senhor. Quando a última cena passou diante de nós,
olhei para trás, para as pegadas na areia, e notei que só havia um par de pegadas.
Notei, também, que isto aconteceu nos momentos mais difíceis e angustiantes da minha vida,
isso me aborreceu e perguntei, então, ao Senhor: Senhor, Tu me disseste que tendo eu
escolhido
te seguir, Tu andarias sempre comigo em todo o caminho?
Não compreendo por que, nos momentos mais difíceis e angustiantes da minha vida,
Tu me deixaste sozinha... E o Senhor me respondeu:
Minha querida filha, jamais Eu te deixaria nas horas de prova e de sofrimento;
quando viste apenas um par de pegadas, eram as minhas! Foi exatamente aí que te carreguei
nos braços.

(Pegadas na Areia)

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por realizar lindas obras em minha vida e por me fazer chegar até aqui.

Aos meus pais, Águeda Jerásio Leão e Ilson César Bianche (in memoria m), por todo apoio, incentivo, amor ao longo dos anos e por lutarem por mim.

Ao meu irmão Mateus, pela amizade, amor, carinho e por fazer parte da minha vida.

Ao meu namorado Diego, pelo amor, carinho, compreensão, amizade, alegria e por tornar os meus dias mais felizes.

Aos meus tios, tias, primos e prima, por torcerem sempre por mim.

Aos meus queridos avós, Olímpia Afonso Jerásio e José Leão Júnior, pelo amor e carinho de sempre.

À Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade de realização do curso.

À Capes, pela concessão da bolsa.

Ao Departamento de Engenharia Florestal (DEF).

À professora Angélica de Cássia Oliveira Carneiro, pela orientação, apoio e, acima de tudo, amizade.

Aos professores Benedito Rocha Vital e Ana Márcia, pela ajuda e co-orientação.

Ao professor José de Castro Silva e ao Daniel Camara Barcellos, pela disposição em colaborar e pela participação na banca examinadora .

Aos funcionários do Laboratório de Painéis e Energia da Madeira (Lapem), em especial, ao Sr. Maninho, Sr. José Maria, Sálvio (Moiado) e Bráulio, pelas incansáveis ajudas e contribuições.

Ao funcionário do Laboratório de Propriedades da Madeira (LPM), Joel Stanciola, pela ajuda nos cortes anatômicos e confecção das lâminas .

Aos funcionários da parte de polpação do Laboratório de Celulose e Papel, pela s ajudas nas análises químicas.

Aos estagiários graduandos de Engenharia Florestal, Bruno César, Raul e Alessandra, pela amizade e valiosa ajuda no decorrer de todo o trabalho .

Ao Wesley, pelas inúmeras contribuições na parte da anatomia da madeira .

Aos amigos do Lapem, Mariana (Mainha), Fábio (Sete), Zaíra, Solange, Carla e Pedro (Primo), por todas as ajudas e por tornarem os dias de trabalho mais alegres.

Aos sempre e grandes amigos, Gláucia, Luciana, Renato, Fabiana, Flávia, Tânea, Flaviana, pelos momentos de descontração e muita alegria.

A todos os que contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho, eu só tenho que agradecer;

Muito obrigada a todos vocês!

BIOGRAFIA

JULIANA JERÁSIO BIANCHE, filha de Águeda Jerásio Leão e Ison César Bianche, nasceu em 06 de outubro de 1981, em São Pedro dos Ferros, Estado de Minas Gerais. Concluiu o ensino fundamental na Escola Estadual “Effie Rolfs” e o ensino médio no Colégio Equipe, em Viçosa-MG.

Em maio de 2002, iniciou o Curso de Engenharia Florestal na Universidade Federal de Viçosa, sendo o mesmo concluído em março de 2007. No mesmo ano, iniciou o Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal da Universidade Federal de Viçosa, em nível de mestrado, na área de Tecnologia da Madeira, defendendo a dissertação em julho de 2009.

ÍNDICE

| | Página |
|--|--------|
| RESUMO | VIII |
| ABSTRACT | x |
| 1. INTRODUÇÃO | 1 |
| 2. REVISÃO DE LITERATURA | 4 |
| 2.1. Mercado de painéis de madeira | 4 |
| 2.2. Painéis de madeira aglomerada | 6 |
| 2.3. Misturas de espécies para produção de painel aglomerado | 8 |
| 2.4. Matérias-primas utilizadas para a confecção dos painéis | 10 |
| 2.4.1. Vassoura (<i>Sida</i> spp.)..... | 10 |
| 2.4.2. Eucalipto (<i>Eucalyptus urophylla</i>) | 11 |
| 2.4.3. Paricá (<i>Schizolobium amazonicum</i>) | 12 |
| 2.5 Fatores que influenciam nas propriedades dos painéis de aglomerado | 13 |
| 2.5.1. Densidade da madeira | 13 |
| 2.5.2. Conteúdo de umidade | 15 |
| 2.5.3. Propriedades químicas | 16 |
| 2.5.4. Tamanho das partículas | 18 |
| 2.5.5. Coeficiente de esbeltez | 20 |
| 2.5.6. Razão de compactação | 21 |
| , | 24 |
| 3. MATERIAL E MÉTODOS..... | 24 |

| | |
|--|----|
| 3.1. Propriedades das matérias-primas | 24 |
| 3.1.1. Densidade básica | 24 |
| 3.1.2. Análise química | 25 |
| 3.1.3. Análise anatômica | 25 |
| 3.2. Propriedades do adesivo de uréia-formaldeído | 26 |
| 3.3. Produção dos painéis de aglomerado | 26 |
| 3.3.1. Preparação das partículas | 26 |
| 3.3.2. Produção dos painéis | 27 |
| 3.4. Delineamento experimental | 29 |
| 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO | 30 |
| 4.1. Densidade básica e constituição química das matérias-primas | 30 |
| 4.2. Descrição anatômica qualitativa | 33 |
| 4.2.1. <i>Schizolobium amazonicum</i> | 33 |
| 4.2.2. <i>Sida</i> spp. | 34 |
| 4.2.3. <i>Eucalyptus urophylla</i> | 34 |
| 4.3. Caracterização anatômica quantitativa | 37 |
| 4.3.1. Fibras | 37 |
| 4.3.2. Frequência e diâmetro dos vasos | 40 |
| 4.4 Propriedades dos painéis | 41 |
| 4.4.1. Propriedades físicas | 42 |
| 4.4.1.1. Densidade aparente dos painéis | 44 |
| 4.4.1.2. Umidade de equilíbrio higroscópico dos painéis | 46 |
| 4.4.1.3. Absorção de água após imersão em duas (2h) e vinte quatro (24h) horas | 47 |
| 4.4.1.4. Inchamento em espessura após imersão em água durante duas (2h) e vinte quatro (24h) horas | 50 |
| 4.4.1.5. Expansão linear | 53 |
| 4.4.2. Propriedades mecânicas dos painéis | 54 |
| 4.4.2.1. Tração perpendicular | 56 |
| 4.4.2.2. Flexão estática (MOR e MOE) | 58 |
| 4.4.2.2.1. Módulo de ruptura (MOR) | 58 |
| 4.4.2.2.2. Módulo de Elasticidade (MOE) | 61 |
| 4.4.2.3. Dureza Janka (MPa) | 63 |
| 4.4.2.4. Arrancamento de parafuso (N) | 64 |
| 4.8. Composição dos painéis x teor de adesivo | 65 |
| 4.8.1. Módulo de elasticidade | 65 |
| 5. CONCLUSÕES | 68 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 70 |

RESUMO

BIANCHE, Juliana Jerásio. M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2009. **Propriedades de aglomerado fabricado com partículas de eucalipto (*Eucalyptus urophylla*), paricá (*Schizolobium amazonicum*) e vassoura (*Sida spp.*)**. Orientador: Angélica de Cássia Oliveira Carneiro. Co-Orientadores: Benedito Rocha Vital e Ana Márcia Macedo Ladeira Carvalho.

Este trabalho teve como objetivo produzir painéis aglomerados de eucalipto (*Eucalyptus urophylla*) e paricá (*Schizolobium amazonicum*) em associação com vassoura (*Sida spp.*). Determinaram-se as propriedades anatômicas, químicas e a densidade básica das madeiras de paricá e eucalipto, e do caule de vassoura. Para a produção dos painéis de aglomerado, foram utilizadas misturas em 4 proporções (25, 50, 75 e 100%) de partículas de vassoura em associação com partículas de eucalipto e paricá, e associação de partículas de eucalipto com paricá, sendo adicionados a estas partículas dois teores de adesivo à base de ureia-formaldeído (6% e 8%). Os ensaios físicos e mecânicos foram realizados segundo a norma NBR/ABNT 14810-3(2002). Os resultados experimentais mostraram que o aumento no teor de adesivo na produção dos painéis de aglomerado contribuiu para melhorar algumas propriedades físicas e mecânicas. Conclui-se que o incremento de partículas de vassoura nos painéis teve efeito diferenciado em função das espécies utilizadas. O incremento da porcentagem de partículas de vassoura aos painéis produzidos com eucalipto não afetou a resistência à

tração perpendicular, arrancamento de parafuso e dureza Janka. O incremento da porcentagem de partículas de vassoura aos painéis produzidos com paricá não afetou a resistência à dureza Janka e ao arrancamento de parafuso. O incremento da porcentagem de partículas de vassoura aos painéis produzidos com paricá não afetou a densidade aparente e a absorção de água após vinte quatro horas de imersão. Por outro lado, os painéis produzidos com partículas de vassoura absorveram mais água e, por consequência, o inchamento em espessura aumentou, sendo, portanto, não recomendados para uso em ambientes com alto teor de umidade. Concluiu-se que o gênero *Sida*, de modo geral, apresentou potencial para produção dos painéis de aglomerado.

ABSTRACT

BIANCHE, Juliana Jerásio. M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July 2009. **Particleboard properties made from eucalyptus particles (*Eucalyptus urophylla*), paricá (*Schizolobium amazonicum*) and broom (*Sida spp.*)**. Adviser: Angélica de Cássia Oliveira Carneiro. Co-Advisers: Benedito Rocha Vital and Ana Márcia Macedo Ladeira Carvalho.

This study aimed to produce eucalyptus clusters panels (*Eucalyptus urophylla*) and paricá (*Schizolobium amazonicum*) in association with broom (*Sida spp.*). The anatomical properties, chemical, basic density of paricá and eucalyptus wood, and stem broom were determined. For the chipboard production, some mixtures in 4 proportions (25, 50, 75 and 100%) of broom particles were used, in association with eucalyptus particles and paricá, and association of eucalyptus particles with paricá, being added to these two levels of adhesive based on urea formaldehyde (6% and 8%). The physical and mechanical tests were performed according to NBR/ABNT 14810 -3 (2002). The experimental results showed that the adhesive content increasing in the chipboard production helped to improve some physical and mechanical properties. It is concluded that the broom particles increasing in panels had different effects, depending on the used species. The percentage increasing of broom particles to panels produced with eucalyptus did not affect the internal bond, pullout screw, and Janka hardness. The percentage increasing of broom particles to panels produced with paricá did not affect

the resistance to Janka hardness and pullout screw. The percentage increasing of broom particles to panels produced with paricá did not affect the apparent density and water absorption, after twenty four hours of immersion. Moreover, the panels produced with broom particle absorbed more water and therefore the thickness swelling increased and so, they were not recommended for using in environments with high humidity. It was concluded that the genus *Sida*, in general, has potential for chipboard production.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil apresenta excelentes condições para a produção de painéis de madeira em função, principalmente, da disponibilidade do cultivo, em larga escala, de essências florestais de rápido crescimento. O fato de a madeira ser uma matéria-prima renovável e requerer um baixo consumo de energia para ser processada apresenta uma vantagem comparativa em relação a outros produtos de mesma aplicação.

As indústrias de painéis particulados de madeira têm apresentado uma evolução significativa em termos de produção e inovação tecnológica, e a necessidade de melhor aproveitamento da matéria-prima, madeira, e o uso racional de recursos florestais têm incentivado as pesquisas pela busca de novas fontes de matéria-prima e desenvolvimento de novos produtos e processos produtivos.

Dentre os produtos à base de madeira, os painéis de partículas são um dos que vêm apresentando as maiores taxas de crescimento, em função da gama de produtos disponíveis e flexibilidade na aplicação para os mais variados fins. Os processos de produção, a matéria-prima utilizada em várias formas e geometrias, bem como os aditivos, conferem uma variação bastante ampla às propriedades do produto acabado (BRITO et al., 2004). Os setores de construção civil e de mobiliário são os principais responsáveis pela evolução tecnológica do segmento de indústrias de painéis particulados de madeira, tendo em vista sua utilização como matéria-prima básica.

Nesse sentido, os painéis reconstituídos estão substituindo a madeira maciça e vários tipos vêm ganhando espaço comercial em virtude da melhor relação preço/desempenho e da crescente conscientização dentro da sociedade moderna de que não é mais viável a convivência com processos que utilizam reservas florestais, com níveis elevados de perdas.

Em princípio, todo e qualquer material lignocelulósico pode ser utilizado como matéria-prima para a fabricação de painéis de partículas, havendo alternativas de outros materiais com potencialidade para serem associados à madeira, destacando-se o bagaço de cana, papiro, palha de cereais, talos de algodão, linho, bambu, papel, casca de coco, plásticos e resíduos de oleaginosas.

Os principais gêneros madeireiros utilizados para a produção de painéis tipo aglomerado são o *Eucalyptus* e o *Pinus*, no entanto sua utilização para diferentes usos faz com que o preço destas matérias-primas se torne cada vez mais competitivo, acarretando aumento significativo no custo de produção dos painéis. Para minimizar este problema, a utilização total ou parcial de novas espécies na composição dos painéis se torna uma alternativa rápida, de baixo custo e sustentável. Dentre estas espécies, podem ser citadas o paricá (*Schizolobium amazonicum*) e a vassoura (*Sida* spp.).

A madeira de paricá vem sendo utilizada no Norte do Brasil, principalmente, para a fabricação de compensados, apresentando potencial para a produção de painéis de aglomerado, porém são necessários novos estudos para avaliar seu comportamento perante diferentes materiais em função da sua densidade.

O gênero *Sida* pode se tornar uma fonte alternativa bastante promissora para a produção de painéis, uma vez que é utilizado na fabricação de cordas devido à qualidade de suas fibras. Porém, são inexistentes pesquisas referentes ao material lignocelulósico deste gênero para a produção de painéis, fazendo-se necessário, então, estudos para a qualificação desta matéria-prima e posterior produção dos painéis, sendo este gênero utilizado em associação com outros materiais, ou isoladamente.

Diante do exposto, o principal objetivo do presente trabalho foi avaliar as propriedades de aglomerado fabricado com partículas de eucalipto (*Eucalyptus urophylla*), paricá (*Schizolobium amazonicum*) e vassoura (*Sida* spp.). Os objetivos específicos foram:

a) Determinar a influência das proporções de vassoura em associação com madeiras de eucalipto e paricá;

b) Avaliar o efeito do teor de adesivo de uréia-formaldeído sobre os painéis de aglomerado.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Mercado de painéis de madeira

O consumo mundial dos painéis de aglomerado/MDP, MDF, chapa dura e compensado atingiu, em 2005, 219 milhões de m³, cerca de 4% superior ao do ano anterior. Estima-se que o faturamento tenha sido correspondente a cerca de US\$ 68 bilhões (MATOS et al., 2008).

O comércio mundial de aglomerado movimentou em 2005 US\$ 7 bilhões, cerca de 29 milhões de m³, sendo responsável por cerca de 30% do consumo global de aglomerado. A Europa concentra metade das transações realizadas e a comercialização se dá, preferencialmente, entre regiões próximas, dado que o preço do aglomerado não suporta valores de fretes para grandes distâncias. A Europa é a principal região exportadora, enquanto a Ásia é a principal importadora. Os Estados Unidos são o maior país importador, com 36% do volume, enquanto o Canadá é o maior exportador, tendo movimentado 34% do volume exportado. Merece destaque a condição de importador líquido de aglomerado do continente asiático que, em 2005, importou 4,5 milhões de m³ e exportou 2,6 milhões de m³. A China foi responsável pela importação líquida de 841 mil m³, tendo como fornecedores tradicionais os países da Europa (MATTOS et al., 2008).

A participação do Brasil pode ser considerada significativa para o comércio mundial de chapas duras, com mais de 10%. Para os demais produtos, é considerada insignificante, tanto em termos absolutos quanto em termos relativos, isto é, quando são consideradas a população, a extensão territorial e principalmente as vantagens comparativas de que o país desfruta. O comércio mundial de madeira serrada e painéis é da ordem de US\$ 50 bilhões, dos quais US\$ 12 bilhões são provenientes de florestas tropicais. O Brasil participa com 2% do mercado mundial e com 4,5% do mercado de madeira tropical (OLIVEIRA et al., 2008).

Segundo Ribeiro (2003), a maior parte da produção brasileira de aglomerado é absorvida pela indústria moveleira. O mercado de produtos de madeira reconstituída tende à expansão em função de restrições ambientais e encarecimento da madeira maciça. A indústria de painéis de madeira reconstituída apresenta a vantagem de utilizar matéria-prima originada de resíduos de serraria, plantios e manejos silviculturais (NOCE, 2005).

No Brasil, a indústria de painéis reconstituídos utiliza como matéria-prima a madeira obtida de florestas plantadas de pinus e de eucalipto, caracterizando-se pelo pequeno número de unidades industriais: 11 empresas, operando 17 fábricas, cujos principais produtos são os aglomerados e o MDF, utilizados basicamente para a fabricação de móveis (MATTOS et al., 2008).

De acordo com a Abraf (2009), em 2008, a produção de painéis reconstituídos de madeira foi de cerca de 5,4 milhões de m³. As exportações, em 2005, foram de 542 mil m³, concentrando-se basicamente nas chapas duras (43%), OSB (33%) e MDF (19%). Quanto à exportação de aglomerados, ela ainda é incipiente (5%). O faturamento desse segmento, em 2005, foi de US\$ 1,2 bilhão. Esse segmento projetou investimentos da ordem US\$ 800 milhões de 2007 a 2009.

O setor de painéis de madeira apresenta elevada importância para o País, estando relacionado ao aumento da geração de divisas e de empregos, além da substituição de produtos de uso tradicional em diversos setores, com melhorias efetivas em aspectos de custo/benefício e ambientais (BRASIL et al., 2002).

2.2. Painéis de madeira aglomerada

Os painéis de madeira aglomerada surgiram na Alemanha no início da década de 1940, como forma de viabilizar a utilização de resíduos de madeira, face à dificuldade de obtenção de madeiras de boa qualidade para a produção de painéis compensados, devido ao isolamento da Alemanha durante a Segunda Guerra Mundial (IWAKIRI, 2005).

Painéis de partículas ou aglomerados são uma forma genérica de designar um painel manufaturado a partir de materiais lignocelulósicos, geralmente madeira, essencialmente na forma de partículas. Essas partículas são ligadas por adesivos sintéticos ou outros agentes aglutinantes apropriados, sob calor e pressão, por um processo em que as ligações interpartículas são totalmente realizadas pela adição de um agente aglutinante (FORD-ROBERTSON, 1971, apud SANTOS, 2008)

Como matéria-prima, no mundo, são empregados resíduos industriais de madeira; resíduos da exploração florestal; madeiras de qualidade inferior, não-industrializáveis de outra forma; madeiras provenientes de florestas plantadas; e reciclagem de madeira sem serventia. Embora, em princípio, qualquer madeira possa ser empregada para a confecção de painéis de aglomerado, no Brasil, a principal é proveniente de madeira de reflorestamento de *Pinus* spp. e, em menor escala, de eucalipto. Contudo, em função da crescente demanda da madeira de *Pinus* spp., é cada vez mais necessário o aproveitamento da madeira de eucalipto para a produção de painéis (IWAKIRI et al., 2004).

Segundo Fontes (2006), os painéis de madeira aglomerada apresentam inúmeras vantagens, como densidade maior que a da madeira, matéria-prima homogênea, oriunda de madeira de reflorestamento, isenção de nós e imperfeições da madeira, isenções de rachaduras e deformações, aumentando a resistência, custo mais reduzido e resistência maior às pragas (cupins e brocas). Como desvantagens, destacam-se as superfícies e bordas grosseiras, baixa usinabilidade (pode esfarelar com o uso de dobradiças e parafusos inadequados) e baixa resistência à umidade.

O princípio de fabricação de painéis aglomerados faz com que este produto apresente maior vantagem em relação aos painéis compensados e à madeira serrada. A eliminação dos efeitos de anisotropia nos painéis aglomerados, ou seja, as alterações

dimensionais e resistência mecânica nas direções longitudinal e transversal do painel são similares, facilitando o processo de fabricação (IWAKIRI, 2005).

Algumas das limitações dos painéis de madeira aglomerada produzidas no Brasil são a estabilidade dimensional e a resistência à flexão, influenciada pelas pequenas dimensões das partículas utilizadas. O painel aglomerado é recomendado para uso interno, principalmente para fabricação de móveis, divisórias e componentes de aparelhos eletro-eletrônicos. As limitações em termos de resistência mecânica e estabilidade dimensional do aglomerado podem ser melhoradas pela inclusão de lâminas na sua composição estrutural, nas camadas externa e interna do painel. Pesquisa realizada por Keinert Jr (1990) comprovou a eficiência da utilização de reforço laminar em painéis de partículas estruturais com relação às propriedades de estabilidade dimensional e resistência à flexão estática. Desta forma, a gama de utilização de aglomerado poderá ser ampliada com o “reforço laminar”, como produto destinado a outras finalidades de uso interno que requeiram melhor estabilidade dimensional e resistência mecânica. A ausência de fatores redutores da resistência da madeira como nós, inclinação da grã, lenhos juvenil e adulto facilita a produção do painel de aglomerado (IWAKIRI, 2005).

Na produção de painéis de madeira aglomerada, as principais variáveis de controle do processo produtivo são a densidade da madeira a ser utilizada, densidade do painel, geometria e umidade das partículas, quantidade de adesivo e ciclo de prensagem (KELLY, 1977). Do controle destas variáveis dependem as propriedades de resistência e estabilidade dimensional dos painéis produzidos, sendo as mais importantes: módulo de elasticidade e de ruptura em flexão estática, ligação interna, resistência ao arranque de parafuso, absorção de água e inchamento em espessura (T SOUMIS, 1991).

As possibilidades de adequações das propriedades físico-mecânicas dos painéis pelo controle dos parâmetros de processo, como adesivo, geometria de partículas, grau de densificação e as menores exigências em termos de matéria-prima, como diâmetro, forma do fuste, defeitos e menor custo de produção, relacionados principalmente à qualidade da madeira e da mão-de-obra, são fatores importantes que tornam o processo de fabricação do painel mais vantajoso (IWAKIRI, 2005).

2.3. Misturas de espécies para produção de painel aglomerado

As indústrias de painéis aglomerados e de fibras, no Brasil, consomem um volume significativo de madeiras provenientes de florestas plantadas de pinus e algumas espécies de eucalipto. Para atender à demanda cada vez mais crescente pela madeira, há necessidade de não somente aumentar a área de plantios com essas espécies, mas também procurar opções de outras espécies de rápido crescimento que possam contribuir, de forma quantitativa e qualitativa, para suprir as necessidades das indústrias (IWAKIRI et al., 2004).

A probabilidade da utilização de sobras e resíduos de madeira na fabricação de painéis de madeira reconstituída serve para aumentar a sustentabilidade na utilização das florestas, especialmente das plantadas, como insumo na produção madeirável (FAGUNDES, 2003).

Os resíduos florestais - cascas, folhas, galhos etc. - gerados pelas empresas de diversos segmentos industriais de base florestal não têm sido aproveitados corretamente devido ao desconhecimento ou à inexistência de tecnologias disponíveis a serem transferidas. Assim sendo, têm sido utilizados de forma menos valorizada, como na queima direta em sistemas de geração de energia (TEIXEIRA, 2003). A quantidade de resíduos oriundos das indústrias madeireiras e da exploração florestal é bastante elevada, embora a utilização de resíduos na indústria nacional seja ainda em pequena escala. Alguns trabalhos de pesquisa têm demonstrado a viabilidade de sua utilização, ressaltando a necessidade do melhor aproveitamento do material lignocelulósico e uso racional dos recursos florestais (BRITO, 1995; IWAKIRI, 2000a).

No Brasil, existem poucas pesquisas a respeito da inclusão de casca de eucalipto ou outra espécie na produção de aglomerados. Brito et al. (2005) concluíram que a inclusão da casca de *Eucalyptus pellita*, em até 10% (sobre o peso seco do painel), é viável tecnologicamente na produção de aglomerados convencionais.

Sob o ponto de vista tecnológico, a utilização de diferentes materiais lignocelulósicos altera algumas variáveis de processamento, influenciando nas propriedades dos painéis. Devido às possíveis variações nos valores da densidade da madeira entre as espécies, variáveis como a razão de compactação, a área superficial das partículas e a disponibilidade de resina por unidade de área das partículas estarão envolvidas na análise comportamental dos painéis (IWAKIRI et al., 1990).

Em relação à mistura de espécies, Vital (1973) concluiu que a mistura de madeiras de diferentes densidades se apresenta como alternativa para o aproveitamento de madeiras com maiores densidades, resultando em painéis com densidade e propriedades aceitáveis pelo mercado. Essa mistura de espécies pode representar uma saída para o aproveitamento de madeiras tropicais, de maiores e menores densidades, a exemplo do paricá.

Biblis (1989) comparou painéis feitos com uma mistura de 50% de *Pinus* sp. e 50% de sweetgum (*Liquidambar styraciflua*) com painéis feitos exclusivamente com *Pinus* sp, tendo verificado que os painéis feitos com 100% de madeira de *Pinus* sp. obtiveram valores de MOE e MOR superiores aos dos painéis fabricados com mistura de *Pinus* sp. e sweetgum. Nesse mesmo trabalho, os resultados obtidos nos testes de ligação interna dos painéis fabricados com 100% de *Pinus* sp. foram inferiores aos painéis fabricados a partir da mistura.

Na pesquisa desenvolvida com a mistura de madeiras de *Pinus elliottii* e *Mimosa scabrella*, Iwakiri et al. (1995) concluíram que a mistura destas espécies, em proporção de 50% cada, resulta em painéis com melhores propriedades físico-mecânicas. Os autores ressaltam a importância destes resultados, tendo em vista a viabilidade de melhor aproveitamento da madeira de *Mimosa scabrella*, utilizada principalmente como lenha e carvão, em produto de maior valor agregado.

Coli (2007), estudando as propriedades físicas e mecânicas dos painéis de partículas com madeira de paricá e fibra de coco, concluiu que a madeira de paricá é apropriada para a confecção de painéis de aglomerado.

Naumann et al. (2008), avaliando as propriedades de painéis de madeira aglomerada, fabricados com partículas de *Eucalyptus urophylla* e *Schizolobium amazonicum*, verificaram que a utilização de um percentual maior de partículas de paricá, aliada ao aumento da taxa de compactação, melhorou a estabilidade dimensional dos painéis e resultou em maior resistência mecânica.

Santos (2008), estudando a produção de aglomerado convencional a partir de partículas da madeira de candeia, (após a extração do óleo), em associação com madeiras de eucalipto e pinus, concluiu que o resíduo da madeira de candeia se mostrou viável tecnicamente na confecção de painéis de aglomerado convencional em todas as propriedades, exceto para valores de MOE e MOR.

2.4. Matérias-primas utilizadas para a confecção dos painéis

2.4.1. Vassoura (*Sida* spp.)

O gênero *Sida*, pertencente à família das Malváceas, abriga muitas espécies vulgarmente conhecidas por vassouras, vassourinhas, guaxumas ou guanxumas, malva-brava, chá-da-índia (LORENZI, 2000b). Trata-se de uma planta que teve o seu cultivo estimulado pelo Marquês de Lavradio para o fornecimento de fibras apropriadas para a fabricação de cordas (MAXIMILIANO, 1989).

É uma planta originária de trópicos e subtropicais e, portanto, não é tolerante ao frio excessivo, ocorre em lugares sombreados e se propaga por sementes, adaptando-se a solos pobres ou férteis (LORENZI, 2000b). No Brasil, está distribuída nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste, sendo considerada uma importante erva daninha na agricultura, principalmente em pastagens, pois o fato de não ser palatável ao gado favorece sua permanência e multiplicação nos campos (BACCHI et al. 1982; LORENZI, 2000a).

Rizzardi et al. (2003), avaliando a perda em rendimento de grãos de soja causadas por interferência de picão-preto e guanxuma, concluíram que a espécie *Sida rhombifolia* interferiu negativamente na cultura da soja. De acordo com Guersa e Holt (1995), os efeitos negativos de plantas daninhas em culturas decorrem tanto do aumento na densidade de ervas quanto da duração da interferência.

A vassoura é uma planta herbácea, de reconhecido valor medicinal, apresenta folhas simples em forma de losango, ou oval-lanceoladas, com bordos serrilhados. Seus ramos vão se lignificando com o tempo, motivo pelo qual também é considerada um subarbusto, e suas flores são amarelas, com cinco pétalas e, às vezes, apresenta o centro avermelhado. Algumas espécies são utilizadas na fitoterapia popular ou substituem a juta na produção de cordas e sacos de aniagem, devido à resistência de suas fibras (CALDERAN, 2007).

A utilização mais popular desta planta é na confecção de vassouras artesanais, o que lhe valeu um dos nomes populares. Na década de 1930, na Índia, foi estimulada a produção de *Sida rhombifolia* para a obtenção de fibras. Atualmente é grande sua importância medicinal neste país, onde recebe o nome popular de "bala". A espécie subarborescente guanxuma (*S. rhombifolia* L.) apresenta ciclo anual ou perene, é propagada por sementes e é uma planta invasora bastante comum em áreas cultivadas,

principalmente em lavouras de plantio direto. É considerada uma infestante altamente prejudicial pelas características competitivas com o cultivo a grícola devido à eficiência do seu sistema radicular (LORENZI, 2000a).

Na literatura não existem trabalhos que utilizaram o gênero *Sida* para produção de painéis aglomerado.

2.4.2. Eucalipto (*Eucalyptus urophylla*)

O eucalipto é a essência florestal mais plantada no mundo, inclusive no Brasil, onde ocupa maciços gigantescos, que correspondem quase à metade da área mundial plantada (LEÃO, 2000).

Eucalyptus urophylla é uma espécie da Indonésia e do Timor, pertence à família Myrtaceae e ocorre naturalmente na costa de Timor a partir de 500 m de altitude até cerca de 3000 m. As maiores áreas de ocorrência de *Eucalyptus urophylla* estão em Timor, onde forma uma floresta com árvores de até 45 m de altura e de quase dois metros de diâmetro, podendo-se encontrar até algumas árvores com diâmetro superior a dois metros (MARTIM e COSSLATER, 1975a).

É considerada uma das espécies de maior potencial no Brasil, em razão da ampla possibilidade de utilização da madeira, cuja densidade básica fica ao redor de $0,5 \text{ g/cm}^3$. Por ser uma espécie que se adapta às mais diferentes condições de clima e de solo, mais resistente às doenças do que outras espécies de eucalipto, com amplo espectro de uso, ela é considerada de alta plasticidade. Quando oriunda de plantações em ciclos curtos, a madeira de *Eucalyptus urophylla* pode ser utilizada em caixotaria, paletes, celulose, chapas duras, painéis aglomerados, carvão e mourões; quando oriunda de plantações de ciclo longo e convenientemente manejadas, pode ser utilizada intensivamente em construções, laminados e fabricação de móveis (SILVA e XAVIER, 2006).

Esta espécie de eucalipto apresenta grande variedade fenotípica e, por isso, assume uma posição estratégica no melhoramento genético em áreas com vocação para a silvicultura clonal. A utilização de clones resistentes a doenças e ao déficit hídrico, com alta produtividade e homogeneidade da madeira, constitui, atualmente, a base dos novos povoamentos florestais (RUY et al., 2001).

Diversos trabalhos têm demonstrado que é tecnicamente viável confeccionar painéis de madeira com algumas espécies de eucalipto (HASELEIN, 1989; IWAKIRI et al., 2000b).

Cabral (2005), estudando as propriedades de painéis de madeira aglomerada, confeccionados com partículas processadas de flocos e de maravalhas oriundas de madeira de três espécies de eucaliptos (*Eucalyptus grandis*, *E. cloeziana* e *E. urophylla*), misturadas com madeira de *Pinus elliottii*, verificou que a combinação da madeira de *Pinus elliottii* com madeira de eucalipto foi eficiente na homogeneização da densidade dos painéis.

2.4.3. Paricá (*Schizolobium amazonicum*)

A Região Amazônica apresenta inúmeras espécies nativas de grande importância econômica para o segmento industrial, de interesse interno e externo. Para garantia de abastecimento continuado e face à grande demanda, algumas espécies estão sendo utilizadas intensivamente em programas de reflorestamento, especialmente naquelas áreas em fase de recuperação. Dentre as espécies que já estão sendo utilizadas, destaca-se o paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex. Ducke), que vem despertando interesse também dos produtores rurais, devido ao rápido crescimento, principalmente nos primeiros anos de vida, resistência ao ataque de pragas e doenças e ainda pelo valor comercial da madeira (LINHARES, 2000).

S. amazonicum é conhecido vulgarmente na região Amazônica como paricá, bandarria ou guapuruvu da Amazônia e pertence à família Leguminosae Caesalpinoideae. Segundo Souza et al. (2005), ocorre naturalmente em toda a Região Amazônica, envolvendo as partes brasileira, venezuelana, colombiana, peruana e boliviana. No Brasil, é encontrado nos estados do Amazonas, Pará, Mato Grosso e Rondônia, na mata primária e secundária de terra firme e várzea alta, em solos argilosos e altitude de até 800 metros. A árvore é de grande porte e assemelha-se bastante ao *Schizolobium parahyba* (Vell.) Blacke, conhecida popularmente como guapuruvu, principalmente no que se refere ao crescimento e emprego de sua madeira.

A espécie vem apresentando bom desenvolvimento em plantios homogêneos ou consorciados com espécies de ciclo longo e curto, conduzidos por empresas florestais.

Nestes plantios, a espécie está apresentando crescimento acelerado e demonstrando ser resistente ao ataque de pragas e doenças (SOCIEDADE BRASILEIRA de SILVICULTURA, 2006).

A princípio, a cultura do paricá foi implantada para produzir lâminas que compunham a parte externa do compensado. Com a dificuldade de exploração da madeira nativa e consequente aumento do preço desta madeira, já existem indústrias que estão produzindo o compensado com 100% de lâminas de paricá (V IDAURRE et al., 2006).

A madeira do paricá permite uma redução nos custos de produção do compensado, pois as despesas de colheita e transporte, pela homogeneidade e boa localização dos reflorestamentos, são menores, e pela redução dos custos durante a industrialização da madeira. Assim, as empresas que produzem compensado à base de paricá conseguem lançar seu produto no mercado externo e interno a um custo reduzido se comparadas a outras que usam essências nativas, forçando todo o setor a procurar alternativas para a redução dos custos de produção (V IDAURRE et al., 2006).

Em dezembro de 2005, a estimativa de área plantada de paricá era de cerca de 50.000 hectares no Pará, em sua maioria nos municípios de Dom Eliseu e Paragominas, com possibilidades de ampliação para áreas já desmatadas existentes no estado. A finalidade principal destes plantios é a produção de lâminas de compensado, estojos para facas, cabos de talheres e ferramentas (SOCIEDADE BRASILEIRA de SILVICULTURA, 2006).

2.5 Fatores que influenciam nas propriedades dos painéis de aglomerado

2.5.1. Densidade da madeira

Muitos são os fatores que contribuem para a qualidade do produto final no processo de produção de painéis. A baixa densidade da madeira é um dos principais requisitos quanto à adequabilidade de uma espécie para a produção de aglomerados. Basicamente, madeira leve produz painéis mais resistentes para uma mesma densidade do painel, porém obriga a maiores custos de transporte e armazenamento (MALONEY, 1993).

Em geral, a densidade da madeira empregada para produção de painéis situa-se entre 0,4 e 0,6 g/cm³ e a densidade dos painéis produzidos é de 5 a 40% maior do que a da madeira usada na sua confecção. Mitlin (1968) afirma que as partículas de madeira devem ser comprimidas de tal forma que se obtenha uma densidade do painel ao menos 5% maior que a densidade da madeira que lhe deu origem, para conseguir propriedades mínimas aceitáveis.

As espécies de maior densidade podem ser utilizadas em mistura com as de menor densidade, em proporções variáveis, conforme a magnitude da diferença em densidade entre as espécies (MOSLEMI, 1974; MALONEY, 1993).

Devido a estes fatores relacionados com a densidade da madeira, é que vários pesquisadores têm realizado estudos com misturas de espécies de diferentes densidades, procurando obter uma mistura que proporcione melhores propriedades físicas e mecânicas aos painéis.

Vital (1973), estudando a produção de painéis aglomerados, com base em quatro espécies de madeira, *Paulownia tomentosa* (densidade básica de 0,28 g/cm³), *Virola* sp. (0,43 g/cm³), *Pericopsis elata* (0,55 g/cm³) e *Terminalia superba* (0,57 g/cm³), empregadas puras ou misturadas, obteve resultados que mostraram ser possível a mistura de espécies com grande variação em densidade para produção de painéis com propriedades aceitáveis.

El-Osta et al. (1994) avaliaram a influência de diferentes proporções de mistura de madeira das espécies *Casuarina glauca* e *Salix safsaf* e constataram que, na proporção de 1:1, as propriedades de flexão estática, ligação interna, inchamento em espessura e absorção de água melhoraram em comparação com os painéis produzidos com espécies individualmente.

Alguns estudos têm demonstrado que espécies de média densidade, como eucalipto e bracatinga, podem ser utilizadas em misturas de até 50% em relação à madeira de pinus, com resultados satisfatórios (IWAKIRI et al., 1996).

Conforme Haselein (1989), na produção de aglomerados, tomando por base a mistura de *Eucalyptus grandis* e *Cecropia* sp., os painéis produzidos com 50% de cada espécie apresentaram, em geral, melhores propriedades mecânicas do que com cada espécie utilizada isoladamente.

Kawai e Sasaki (1993) verificaram que os painéis de aglomerado produzidos com baixa densidade foram mais estáveis dimensionalmente.

2.5.2. Conteúdo de umidade

O conteúdo de umidade é um dos mais importantes fatores na manufatura de painéis de partículas. Na indústria, as partículas de madeira são secas a um teor de umidade entre 3 e 6%, dependendo do tipo e da quantidade do adesivo (MOSLEMI, 1974; TSOUMIS, 1991). Após a mistura das partículas secas com o adesivo, o teor de umidade eleva-se para uma faixa compreendida entre 8 e 14%, quando se emprega adesivo de ureia-formaldeído (TSOUMIS, 1991).

O aumento do teor de umidade influi diretamente sobre a taxa de transferência de calor, da superfície para o centro do colchão (ELEOTÉRIO, 2000; PICHELIN et al., 2001). Segundo Pichelin et al. (2001), quanto maior a temperatura de prensagem, mais rápida é a condução de calor, consequência do maior gradiente de vapor e calor pelo colchão.

Wilcox (1953), utilizando uma temperatura de prensagem de 240°C, observou considerável declínio do módulo de ruptura (MOR) dos painéis, consequência da degradação da estrutura cristalina da cadeia celulósica. Segundo Suleiman et al. (1999), além da mudança do comportamento físico, temperaturas demasiadamente elevadas afetam a capacidade de condução de calor.

Segundo Kelly (1977), complementado por Suo e Bowyer (1994), o gradiente de densidade é muito dependente da geometria das partículas, distribuição de umidade no colchão, razão de compactação, tempo de fechamento da prensa, temperatura dos pratos da prensa, reatividade do adesivo e resistência à compressão das partículas.

Segundo Moslemi (1974), o teor de umidade ideal depende de inúmeros fatores, como natureza do processo, tipo e dimensão das partículas, densidade da madeira, tipo de adesivo, entre outros. Heebink et al. (1972), citados por Kelly (1977), afirmaram que o teor de umidade ótimo para um colchão de distribuição uniforme de partículas é de 12%. Umidades inferiores requerem pressões mais elevadas para consolidar o colchão e podem comprometer ligações interpartículas; contudo, umidades superiores requerem

ciclos de prensagem mais longos a fim de permitir que o excesso de umidade seja liberado.

Calegari et al. (2005), avaliando a temperatura no interior de painéis de aglomerado durante o processo de prensagem, concluíram que o teor de umidade do colchão foi o principal fator que influenciou na velocidade de elevação da temperatura no miolo dos painéis: quanto maior o teor de umidade, mais rápida foi a elevação da temperatura.

Numa prensagem convencional a quente, de acordo com Maku (1959), citado por Hata et al. (1989), quanto mais elevado o teor de umidade das partículas, menor o tempo para o miolo atingir 100°C. Entretanto, essa temperatura se mantém constante pelo tempo necessário, até as partículas reduzirem sua umidade para níveis inferiores a 10%, quando, então, a temperatura volta a subir. Outrossim, ressalva-se que umidade em excesso interfere na reação química de polimerização e condensação, inerentes ao processo de cura do adesivo.

Mallari et al. (1986), empregando madeira de *Shorea* sp., verificaram que o conteúdo de umidade ótimo para as propriedades e qualidades de aglomerados, considerando diversos adesivos, entre eles a UF, foi de 13%. Segundo Moslemi (1974), um colchão com umidade elevada torna as partículas mais flexíveis, independente mente de sua densidade original. A umidade adicionada ajuda a produzir um colchão mais compressível durante a prensagem a quente.

Sekino et al. (1996) afirmaram que a prensagem a quente promove uma redução de 7 a 27% na higroscopicidade nos painéis, devido ao aumento na acidez e cristalinidade das partículas submetidas ao calor e pressão. Este efeito também é notado entre as camadas superficiais e o miolo, devido às camadas superficiais receberem temperaturas e pressões mais elevadas.

2.5.3. Propriedades químicas

A madeira é constituída quimicamente de componentes marjoritários que compreendem a celulose, hemiceluloses e lignina, e os componentes minoritários, formados por extrativos e substâncias inorgânicas (cinzas). Estes constituintes estão presentes na madeira nas seguintes proporções: celulose, 40 a 45%; hemiceluloses, 15-

35% (folhosas) e 20-30% (coníferas); lignina, 18-25% (folhosas) e 25-35% (coníferas); extrativos, 3-8%; e cinzas, 0,4% (OLIVEIRA, 2003).

A constituição química da madeira interfere na produção de painéis de madeira, mais precisamente no que diz respeito ao processo de colagem. Na dependência da quantidade e do tipo de extrativo presente na madeira, pode ocorrer uma interferência nas reações de polimerização do adesivo ou uma reação entre o adesivo e o extrativo (LIMA, 2006).

A influência dos componentes químicos da madeira na formação e performance da ligação adesiva está relacionada, principalmente, à exposição de áreas de maior ou menor concentração de extrativos na superfície da madeira a ser colada. As propriedades químicas da madeira mais importantes na colagem de madeiras são os extrativos, pH e teor de cinzas (IWAKIRI, 2005).

Os tipos de extrativos e suas variações quantitativas representam uma importante parte no processo produtivo, e problemas podem ocorrer no consumo de adesivo e na sua taxa de cura. Adicionalmente, podem ser observadas baixas resistências à umidade em produtos acabados, que podem ser volatilizados na prensa, sob influência de pressão, temperatura e umidade, causando formação de bolhas no painel, resultando no seu estouro durante a prensagem. Por outro lado, podem contribuir para menor adsorção de umidade pelo painel (HILIG, 2000).

Tais processos devem ser avaliados quando são utilizadas espécies que possuem extrativos que afetem negativamente o processo de composição do painel (MALONEY, 1993). Segundo Cloutier (1998), citado por Santos (2008), espécies com baixo teor de extrativos são as mais desejadas para produção de aglomerados convencionais. Em geral, as espécies de alto teor de extrativos são propensas a estouros no final do ciclo de prensagem.

Cernyseva e Petri (1968) estudaram painéis feitos com madeira de *Betula subarctica*, *Picea abies* e *Populus tremula* e observaram que a resistência ao apodrecimento destes painéis foi por causa das diferentes composições químicas e estruturas da madeira, e não pela razão de compactação, densidade ou conteúdo de umidade dos painéis.

A acidez da madeira é outra importante variável que requer atenção, sendo avaliada pelo nível de pH e pela capacidade compensadora. Muitas pesquisas têm sido

realizadas nesse sentido por empresas fabricantes de adesivos a fim de empregar adesivos de forma econômica e adequada ao tipo de operação utilizada nas unidades industriais (MALONEY, 1993).

Condições químicas apropriadas devem ser determinadas na montagem do painel para a cura do adesivo propriamente dito, sendo de relevada importância principalmente nas empresas que empregam adesivos de ureia-formaldeído. Essas condições são dependentes, em parte, de certa extensão de acidez no processo de cura (MALONEY, 1993). Por outro lado, na colagem com adesivo fenol-formaldeído para produção de painéis estruturais, o baixo pH da madeira pode retardar a cura do adesivo (KELLY, 1977).

Niekerk e Pizzi (1994) relataram a dificuldade de fabricação de aglomerados para uso externo, quando utilizados madeiras de *Eucalyptus grandis* e adesivos fenólicos, em razão do rápido decréscimo do pH durante o processo de produção.

2.5.4. Tamanho das partículas

O termo partícula é definido no padrão ASTM como o componente agregado de um painel de partículas de madeira ou outro material lignocelulósico, incluindo todas as menores subdivisões da madeira fabricada por meios mecânicos. Os tipos de partículas mais comumente utilizados no processo de composição dos painéis são flocos, maravalhas e fibras, empregados em tamanhos variados. Partículas geradas por moinho de martelos são produzidas de resíduos de industrialização da madeira ou de matéria-prima provenientes de florestas plantadas (HASELEIN et al., 2002).

A geometria das partículas apresenta interações diretas com duas variáveis do processo, que são a área de contato entre partículas, ou, área superficial específica das partículas, e o consumo relativo de adesivo ou disponibilidade de adesivo por unidade de área (IWAKIRI, 2005).

Segundo Maloney (1989), a resistência e rigidez à flexão e a resistência à tração paralela e perpendicular à superfície, ao arrancamento de parafusos e pregos são influenciadas pelo tamanho das partículas que, além disso, influenciam a absorção de água e de outros líquidos que causam alteração na estabilidade dimensional e modificações superficiais nos painéis.

O uso de partículas curtas e espessas beneficia a resistência à tração perpendicular ou ligação interna, porém ocasiona redução da tensão de ruptura e do módulo de elasticidade à flexão estática. Essas duas propriedades são melhoradas quando se aumenta o comprimento das partículas. Este efeito é resultado de alterações na parte superficial e na flexibilidade das partículas, do consumo relativo de adesivo e da área de contato entre as partículas (VITAL et al., 1992). Segundo Chirasatitsin et al. (2005), pesquisas vêm revelando que o aumento do comprimento da partícula tem resultado no aumento da flexão estática do painel.

Peixoto e Brito (2000), avaliando duas granulometrias de partículas de *Pinus taeda*, afirmaram que, uma vez alterada a geometria ou granulometria das partículas, há necessidade também de averiguar outras variáveis do processo, sobretudo a melhor proporção de adesivo a ser empregada.

Segundo Brumbaugh (1960), no processo de produção de painéis de madeira reconstituída, são utilizadas partículas de diferentes geometrias. Painéis feitos com *flakes* alongados aumentam a resistência a flexão, enquanto *flakes* curtos e espessos apresentam valores elevados para ligação interna. *Flakes* longos e finos melhoram a estabilidade dimensional dos painéis.

De acordo com Vital et al. (1992) e Moslemi (1974), partículas mais finas distribuem melhor as tensões, além de produzir menor quantidade de espaços vazios no interior dos painéis, produzindo painéis mais resistentes. Segundo os autores, para produzir painel de partículas mais rígidas, resistentes à flexão e com maior estabilidade dimensional, é necessário empregar partículas mais finas. Para maior resistência à tração perpendicular, é necessário o uso de partículas mais espessas.

A geometria das partículas influi também no acabamento, colagem e aplicação de produtos laminados nas superfícies dos painéis (IWAKIRI, 1989).

Kelly (1977), citado por Iwakiri (1989), afirma que o conteúdo de adesivo baseado no peso seco das partículas é altamente dependente da geometria das partículas, devido à diferença na área superficial das partículas por unidade de peso. Portanto, cada tipo de partículas deverá ter a quantidade ótima de adesivo, considerando-se a qualidade desejada do painel e o aspecto econômico da produção.

Os painéis produzidos com a mesma quantidade de adesivo e com partículas longas e finas resultam em menores valores de ligação interna, quando comparados aos painéis feitos com partículas curtas e espessas (IWAKIRI, 1989).

No trabalho de Nunes et al. (1999), realizado com partículas do estipe do palmitero, observaram-se, em geral, melhores respostas nas propriedades físico-mecânicas nos painéis produzidos com a menor granulometria, 2,00-0,61mm. Peixoto e Brito (2000) produziram painéis de partículas a partir de madeira de *Pinus taeda* L. e mostraram que aqueles fabricados com granulometrias de 2,00-0,61mm apresentaram maior valor de resistência à tração, e os produzidos com partículas de maior granulometria (4,37-0,61mm) apresentaram maior valor de flexão estática. Brito e Silva (2002), utilizando as espécies exóticas *Gmelina arborea* Linn. Roxb e *Samanea samam* (Jacq). Merr na produção de painéis de aglomerados, obtiveram melhores resultados para flexão estática e ligação interna quando utilizaram a granulometria de (5,61-0,61mm) e melhores resultados de inchamento em espessura quando utilizaram partículas de granulometria entre 2,08 e 0,61mm.

2.5.5. Coeficiente de esbeltez

Na etapa de geração de partículas para o processo de produção de painéis de madeira aglomerada, são definidos os elementos dimensionais das partículas (comprimento, largura e espessura) e, por conseguinte, o coeficiente de esbeltez que é a relação entre o comprimento e a espessura das partículas (IWAKIRI, 2005).

Segundo Iwakiri (2005), para painéis produzidos com a mesma espécie, mesma densidade do painel e quantidade de adesivo, a diferença entre o comprimento e a espessura das partículas resulta em painéis com diferentes propriedades. Quando o comprimento das partículas é constante, o aumento na espessura das partículas resulta em menor coeficiente de esbeltez, menor área superficial específica das partículas e maior disponibilidade de adesivo por unidade de área das partículas e, por conseguinte, resultará no aumento da ligação interna do painel. Quando a espessura das partículas é constante, o aumento no comprimento das partículas resulta em aumento do coeficiente de esbeltez, conseqüentemente, as propriedades de flexão estática serão superiores.

De acordo com Kelly (1977), as propriedades mecânicas dos painéis particulados podem ser melhoradas com o aumento do coeficiente de esbeltez e também da razão de compactação. Segundo o autor, é muito frequente encontrar, na literatura, indicações de que, na relação entre o comprimento e a espessura (coeficiente de esbeltez), a espessura tem o efeito mais importante, principalmente acima de 0,5 mm.

Do coeficiente de esbeltez dependem a área de contato entre as partículas no painel e consumo relativo de adesivo (IWAKIRI, 1989). O coeficiente de esbeltez irá influenciar na área superficial específica das partículas, consumo relativo de adesivo e grau de adesão entre as partículas no painel. As propriedades de flexão estática e ligação interna são afetadas significativamente com as variações dos elementos dimensionais das partículas. As outras variáveis do processo, como tipo e quantidade de adesivo, aditivos químicos, umidade das partículas e ciclo de prensagem, devem ser controladas para assegurar a qualidade requerida de acordo com as exigências das normas (RAZERA, 2006).

2.5.6. Razão de compactação

A razão de compactação é definida como a relação entre as densidades do painel e da madeira. Portanto, para painéis de mesma densidade, produzidos com espécies de menor densidade, obtêm-se maior razão de compactação e maior resistência do painel. A área superficial específica para o mesmo tipo de partículas, ou seja, mesmas dimensões nominais é inversamente proporcional à densidade da madeira, portanto, para um mesmo peso do colchão de partículas, a espécie mais densa apresentará menor área superficial específica, devido à menor quantidade de partículas. Para mesma quantidade aplicada, a disponibilidade de adesivo por unidade de área das partículas está em função da sua área superficial específica, a espécie mais densa apresentará menor área superficial específica e, portanto, maior disponibilidade de adesivo por unidade de área das partículas. Teoricamente, partículas com maior disponibilidade de adesivo deverão conferir melhores valores de propriedades aos painéis produzidos (KELLY, 1977; MOSLEMI, 1974).

Segundo Moslemi (1974), a razão de compactação adequada para produção de aglomerados se situa na faixa entre 1,3 a 1,6, sendo as espécies de baixa densidade as

mais recomendadas. Valores acima de 1,6 podem melhorar as propriedades de resistência, mas o inchamento em espessura será maior devido à maior razão de compactação exercida sobre o material durante a fase de prensagem do painel.

Para painéis comerciais, o valor da razão de compactação é sempre maior que 1, uma vez que, durante a prensagem, torna-se necessário comprimir as partículas de forma a produzir uma boa união com um mínimo de adesivo, além de reduzir os espaços interiores e as irregularidades da superfície do painel (VITAL, 1973).

Em geral, todas as propriedades físico-mecânicas dos painéis, em maior ou menor grau, são afetadas pela razão de compactação. As razões de compactação muito baixas não produzem bom contato entre as partículas, prejudicando a colagem e a resistência do painel. Em contrapartida, painéis produzidos sob altas razões de compactação necessitam de maior força de prensagem, ocasionando problemas de liberação da água evaporada no momento da prensagem e, também, um consumo excessivo de matéria-prima. Além disso, produzem painéis de alta densidade, tornando o painel muito pesado (HILLIG et al., 2002).

De acordo com Kawai e Sasaki (1993), as propriedades mecânicas dos painéis de madeira aglomerada apresentam uma relação direta e linear com a razão de compactação. Em termos de estabilidade dimensional, os autores afirmam que o inchamento em espessura do painel de média densidade é maior com o aumento na razão de compactação e menor para painéis de baixa densidade, independentemente da espécie utilizada e da razão de compactação.

Pesquisas realizadas por Iwakiri et al. (1996), para painéis produzidos com mistura de madeiras de *Pinus elliottii* e *Eucalyptus dunnii*, demonstraram que o aumento na razão de compactação, em função da maior proporção da madeira de pinus no painel, resulta em aumento nos valores médios de absorção de água e inchamento em espessura. Por outro lado, a resistência à flexão estática não foi influenciada significativamente pela mistura das duas espécies no painel.

Iwakiri et al. (2001), produzindo painéis de madeira aglomerada utilizando cinco espécies de pinus tropicais, verificaram que não houve influências entre a razão de compactação e as propriedades de estabilidade dimensional dos painéis.

Naumann et al. (2008) verificaram que o aumento da razão de compactação para os painéis produzidos com maiores percentuais de partículas de paricá melhorou a estabilidade dimensional dos painéis e resultou em maior resistência mecânica.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado nos Laboratórios de Painéis e Energia da Madeira, Celulose e Papel e Propriedades da Madeira, da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, Estado de Minas Gerais.

A madeira de paricá foi oriunda de plantios comerciais da região de Dom Eliseu, no Estado do Pará. A madeira de *Eucalyptus urophylla* foi obtida de plantios comerciais da empresa Arcelor Mittal, situado no Estado de Minas Gerais.

O material lenhoso de *Sida* spp. foi coletado nas áreas da Silvicultura e Dendrologia, do Departamento de Engenharia Florestal, da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, Minas Gerais.

3.1. Propriedades das matérias-primas

3.1.1. Densidade básica

As densidades básicas da vassoura, eucalipto e paricá foram determinadas segundo metodologia proposta por Vital (1984).

3.1.2. Análise química

Para a análise química, utilizaram-se amostras de madeiras de eucalipto e paricá e caules das plantas de vassoura que, primeiramente, foram transformadas em palitos e, posteriormente, moídas em moinho tipo Wiley para a obtenção da serragem, conforme a norma TAPPI T 257 om-92 (1992). As análises químicas foram efetuadas na fração de serragem classificadas nas peneiras de 40/60 mesh. O material foi armazenado em frascos de vidro e condicionado a uma umidade relativa de $50 \pm 2\%$ e temperatura de $23 \pm 1^\circ\text{C}$, para posterior quantificação do teor de extrativos lipofílicos, teor de lignina total e teor de holocelulose.

O teor de extrativos na madeira foi determinado, segundo a norma TAPPI T 204 cm-97 (1997), com substituição da mistura etanol/benzeno (1:2) por acetona, conforme norma interna do laboratório de Celulose e Papel da Universidade Federal de Viçosa. Obteve-se o teor de extrativos em acetona por diferença de massa nas amostras de serragem antes e após as extrações.

O teor de lignina (Klason) foi determinado de acordo com os procedimentos descritos por Gomide e Demuner (1986). A lignina solúvel em ácido foi determinada a partir do filtrado resultante da análise da lignina Klason, pela leitura em espectrofotômetro, de acordo com Goldschimid (1971). O teor de lignina total foi obtido pela soma da lignina residual mais a lignina solúvel em ácido.

A determinação do teor de holocelulose foi estimada por diferença, da seguinte forma: Holocelulose (%) = $100 - (\% \text{ Extrativos} + \% \text{ Lignina})$.

3.1.3. Análise anatômica

Para a maceração das fibras, foram retiradas amostras do caule de vassoura e das madeiras de eucalipto e paricá, as quais foram transformadas em palitos e colocadas em tubo de ensaio com solução de ácido acético glacial e peróxido de hidrogênio, segundo o método descrito por Dadswell (1972). Após a individualização das fibras, montaram-se lâminas temporárias e mediram-se noventa fibras, individualmente, determinando-lhes o comprimento, largura, diâmetro do lume e espessura da parede. Para as medições do comprimento, largura e diâmetro do lume das fibras, utilizou-se um microscópio óptico com um sistema de captura de imagens com o auxílio do software Axio -Vision.

Foram feitos cortes anatômicos em micrótomo da madeira de eucalipto e paricá e do caule de vassoura, montagem de lâminas permanentes, de acordo com as normas Copant (1974), para posterior visualização em microscópio óptico. Foram feitas medições do diâmetro e frequência dos vasos das três amostras e posterior descrição anatômica.

As imagens das lâminas permanentes foram obtidas com o uso de um fotomicroscópio (modelo Olympus AX70TRF), equipado com sistema U-Photo com câmera digital acoplada (modelo Spot Insightcolour 3.2.0).

3.2. Propriedades do adesivo de uréia-formaldeído

O teor de sólidos do adesivo de uréia-formaldeído foi calculado de acordo com Carneiro (2006), evaporando-se a água das amostras contendo 1g de adesivo, que foram levados à estufa até peso constante. Para a determinação do pH, utilizaram-se cerca de 15g do adesivo, e as leituras foram feitas em pHmetro digital. O tempo de gelatinização (gel time) foi obtido com a adição de 1g do adesivo, sem adição de catalisador, colocado em um tubo de ensaio em cujo interior foi mergulhado um bastão de vidro de ponta curva. O conjunto tubo-bastão foi mergulhado em um banho de glicerina aquecida a 170° C, e o tempo foi contado a partir da imersão do tubo de ensaio na glicerina, sendo encerrado no momento em que a amostra endureceu sob agitação. A viscosidade foi determinada utilizando-se amostras de 100g do adesivo, com auxílio de um viscosímetro de Brookfield (cp), com haste (spindler) número 3, velocidade de 12 rpm e fator de conversão 100.

3.3. Produção dos painéis de aglomerado

3.3.1. Preparação das partículas

Para a produção das partículas de vassoura, foram moídos em moinho de martelo, sem utilização de peneira, o caule e a raiz. Logo após a obtenção das partículas, e las foram secas ao ar livre, classificadas em peneiras manuais com 10 mm² de abertura e colocadas em sacos plásticos de polietileno.

As partículas foram levadas à estufa a uma temperatura de $45 \pm 2^\circ \text{C}$ até que seu teor de umidade atingisse $3 \pm 0,5\%$, para fazer a mistura com as partículas de eucalipto e paricá e posterior produção dos painéis.

Para a produção das partículas de eucalipto e paricá, foram utilizadas tábuas e costaneiras, as quais foram desdobradas em baguetas com 2 cm de espessura e 9 cm de largura. Posteriormente, as baguetas foram submersas em água por sete dias. Após a saturação em água, as baguetas foram processadas em um moinho de facas, produzindo-se flocos.

Os flocos de paricá e eucalipto foram secos ao ar livre, para posterior confecção das partículas. Foi utilizado um moinho de martelo para processar os flocos e gerar as partículas. Depois, as partículas foram classificadas utilizando-se peneiras de 10 mm^2 de abertura, recolhendo-se a fração retida na peneira. Em seguida, foram secas em estufa a uma temperatura de $45 \pm 2^\circ \text{C}$ até atingir o teor de umidade de $3 \pm 0,5\%$.

Determinou-se o coeficiente de esbeltez para as partículas de vassoura, paricá e eucalipto, sendo medidas as espessuras e comprimentos de aproximadamente 100 partículas, por espécie.

3.3.2. Produção dos painéis

Os painéis foram produzidos utilizando-se 4 proporções (25, 50, 75 e 100%) de partículas de vassoura, em associação com as partículas de eucalipto e paricá, e partículas de eucalipto em associação com paricá, dois teores de adesivo à base de ureia-formaldeído (6% e 8%), base peso seco das partículas, com três repetições, resultando em 24 tratamentos.

Das partículas de paricá, eucalipto e vassoura, foram produzidos painéis de aglomerado com dimensões de 40 x 40 x 1,00 cm, com densidade final igual a $0,65 \text{ g/cm}^3$. A massa de partículas e adesivo foi calculada em função da massa seca de madeira, densidade do material utilizado, densidade final desejada, considerando 5% de perdas no processo de produção e um teor de umidade para as partículas de 3%.

A mistura das partículas com o adesivo foi realizada em um misturador rotativo, utilizando-se uma pistola pneumática para pulverização do adesivo, com um tempo médio de aplicação de 5 minutos. As partículas pulverizadas com o adesivo foram

pesadas para cada repetição e levadas a uma caixa de madeira vazada para formar o colchão.

De acordo com o tratamento, as partículas de paricá, eucalipto e vassoura foram distribuídas para a formação do colchão, tentando-se obter um colchão mais uniforme possível para evitar diferenças de gradiente no painel. Isto foi difícil de obter, já que ocorreu o enovelamento das partículas de vassoura (Figura 1), gastando muito tempo para formação do colchão, por isto não foi adicionado catalisador ao adesivo, pois este iria curar antes de ir para a prensa. Todos os painéis foram produzidos numa prensa de laboratório, marca INCO, empregando-se uma pressão de 32 kgf/cm^2 , a uma temperatura de 170°C , por 8 minutos, contados a partir do fechamento da prensa. Depois de prensados, os painéis foram colocados em uma caixa para posterior aclimatização. Em seguida, foram retirados da caixa e esquadrejados, apresentando dimensões finais de $38 \times 38 \times 1 \text{ cm}$ de espessura. Foram confeccionados os corpos-de-prova para os testes físicos e mecânicos, que foram climatizados até o equilíbrio, a uma umidade relativa de $65 \pm 5\%$ e a uma temperatura de $20 \pm 3^\circ \text{C}$, conforme estabelecido pela norma ABNT NBR 14810-3 (2002). Determinaram-se as propriedades físicas e mecânicas dos painéis conforme a norma da ABNT: NBR 14810-3 (2002), e os valores médios de resistência mecânica foram comparados com os valores mínimos exigidos pela norma comercial ANSI/A1-208.1-1993, e os dos testes físicos, comparados com os valores exigidos pela norma DIN 68 761 (1) - 1961 (SANTANA e PASTORE, 1981), para absorção e inchamento.



Figura 1: Enovelamento das partículas de vassoura.

3.4. Delineamento experimental

Para a produção dos painéis, foram utilizadas três matérias-primas (eucalipto, paricá e vassoura) em 4 proporções (25, 50, 75 e 100%) de partículas de vassoura, em associação com as partículas de eucalipto e paricá, e partículas de eucalipto em associação com paricá, sendo adicionadas a estas partículas dois teores de adesivo à base de ureia-formaldeído (6% e 8%), com três repetições, totalizando 72 painéis.

As comparações entre as propriedades dos painéis produzidos com partículas de vassoura em associação com partículas de paricá e eucalipto e partículas de eucalipto em associação com paricá foram submetidas à análise de variância (ANOVA). Quando estabelecidas diferenças significativas, os tratamentos foram comparados entre si por meio do teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Utilizou-se o software SAEG.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Densidade básica e constituição química das matérias-primas

Na Tabela 1, estão apresentados os valores médios de densidade básica e constituição química (teor de extrativos solúvel em acetona, lignina insolúvel, lignina solúvel, lignina total e holocelulose) das matérias-primas paricá, vassoura e eucalipto utilizadas na confecção dos painéis.

Tabela 1: Valores médios da densidade básica e constituição química do paricá (*Schizolobium amazonicum*) vassoura (*Sida* spp.) e eucalipto (*Eucalyptus urophylla*).

| Matérias-primas | Densidade básica média (g/cm ³) | Constituição química (%) | | | | |
|--------------------------------|---|--------------------------|-------------------|-----------------|---------------|--------------|
| | | Extrativos | Lignina insolúvel | Lignina solúvel | Lignina total | Holocelulose |
| <i>Schizolobium amazonicum</i> | 0.26 B | 1,34 A | 26,40 A | 1,70 C | 28,10 B | 70,56 B |
| <i>Sida</i> spp. | 0.46 A | 1,50 A | 18,50 B | 3,35 B | 21,85 C | 76,65 A |
| <i>Eucalyptus urophylla</i> | 0.56 A | 0,45 B | 25,80 A | 3,70 A | 29,50 A | 70,05 B |

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância .

As densidades médias encontradas para as madeiras de paricá e eucalipto utilizadas para a confecção dos painéis foram correspondentes a 0,26 e 0,56 g/cm³, respectivamente. Para a vassoura, foi encontrada uma densidade média correspondente a 0,46 g/cm³.

Observa-se na Tabela 1 que não houve diferença significativa entre as densidades da vassoura e do eucalipto, somente a densidade do paricá diferiu estatisticamente das demais. Porém já existem trabalhos mostrando o potencial do paricá para a produção de painéis, conforme os trabalhos realizados por Coli (2007) e Naumann et al. (2008).

Coli (2007) encontrou para a madeira de paricá densidade básica correspondente a 0,28 g/cm³, valor esse ligeiramente superior ao valor encontrado para a mesma espécie neste trabalho (Tabela 1).

Naumann et al. (2008), avaliando as propriedades de painéis de madeira aglomerada fabricadas com partículas de *Eucalyptus urophylla* e de *Schizolobium amazonicum*, obtiveram densidades médias correspondentes a 0,55 e 0,30 g/cm³, respectivamente. Os valores encontrados para a densidade do *Eucalyptus urophylla* e *Schizolobium amazonicum* neste trabalho foram próximas dos encontrados pelos autores.

Cabral (2005), avaliando as propriedades de painéis de madeira aglomerada e OSB, fabricados com madeira de *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus cloeziana* e *Eucalyptus urophylla*, misturados com madeira de *Pinus*, encontrou para *E. urophylla* densidade média correspondente a 0,61 g/cm³. No presente trabalho, o valor médio encontrado para a densidade do *Eucalyptus urophylla* foi inferior ao encontrado pela autora.

De acordo com Kelly (1977), outro fator de grande importância, senão o mais importante para a qualidade final dos painéis, se refere à densidade da madeira e à taxa de compactação do colchão, ou seja, à relação entre a densidade final do painel e a densidade da madeira. Quanto maior a compactação, maior o contato entre partículas e entre partículas e adesivo. Dessa forma, podem-se ter painéis com a mesma densidade final, porém com taxa de compactação diferente, em função da densidade da madeira.

A madeira de paricá e o caule de vassoura apresentam a menor densidade, o que fornece um volume de partículas maior para formação do colchão em relação à madeira

de eucalipto. Os painéis produzidos com partículas de paricá e vassoura necessitam de uma maior compactação na prensa, obtendo um painel com maior densidade, maior contato entre partículas e entre partículas e adesivo.

Partículas obtidas de madeiras de baixa densidade produzem um colchão mais uniforme e, conseqüentemente, uma capacidade mais elevada de transmitir esforços entre as partículas. Isto resulta em propriedades de flexão estática e tração perpendicular mais elevada para os painéis. Neste trabalho, verificou-se que os painéis produzidos apenas com partículas de vassoura não melhoraram as propriedades de flexão estática e tração perpendicular (Tabela 8), fato atribuído ao envelhecimento das partículas na etapa de formação do colchão, gerando espaços vazios dentro do painel e dificultando a uniformidade.

Com relação à constituição química das matérias-primas utilizadas neste trabalho, observou-se, para o teor de extrativos solúveis em acetona, que não houve diferença significativa entre paricá e vassoura, entretanto o teor de extrativos do eucalipto foi diferente dos demais, apresentando o menor percentual.

Neste trabalho não foi determinado o tipo de extrativos presentes nas madeiras do eucalipto e paricá, e nem no caule da vassoura, apenas o percentual de extrativos lipofílicos em cada matéria-prima utilizada, apesar de poder existir algum outro elemento presente nos extrativos remanescentes, que mesmo em pequenas concentrações possa interferir no processo de colagem dos painéis.

Bianche (2007), estudando o efeito da idade na constituição química da madeira do paricá, encontrou um valor médio para teor de extrativos lipofílicos correspondente a 1,67%, sendo superior ao encontrado no presente trabalho.

Os valores médios de extrativos totais obtidos para a madeira de *Eucalyptus urophylla* foram inferiores aos observados por Silvério et al. (2006) quando estudaram a influência de diferentes solventes e do tempo de extração na determinação do teor de extrativos lipofílicos em madeiras de eucalipto, tendo obtido para *Eucalyptus urophylla* teor de extrativos correspondente a 2,93%, ao utilizar o solvente acetona.

Pode-se observar na Tabela 1 entre os teores de lignina solúvel e total que houve diferença significativa entre paricá, vassoura e eucalipto. Ressalta-se que os valores médios obtidos para o caule de vassoura foram significativamente menores

apresentando, portanto, um tecido menos lignificado em relação aos demais. Não houve diferença no teor de lignina insolúvel entre as madeiras de paricá e eucalipto.

Bianche (2007) obteve para a madeira de paricá teor médio de lignina total correspondente a 29,53%, valor próximo ao observado neste trabalho.

Os teores de lignina total da madeira de *Eucalyptus urophylla* foram superiores aos obtidos por Magaton et al. (2006), quando estudaram a caracterização química de seis espécies de eucalipto e obtiveram para *Eucalyptus urophylla* um teor médio de lignina total correspondente a 28,6%.

Em relação ao teor médio de holocelulose, observou-se que não houve diferença significativa entre as madeiras de paricá e eucalipto. Somente o material lignocelulósico de vassoura diferiu estatisticamente das demais madeiras, apresentando o maior teor de holocelulose (Tabela 1).

Quanto maior o teor de holocelulose, maior a higroscopicidade da madeira, uma vez que a celulose e a hemicelulose são as maiores responsáveis por essa propriedade (SKAAR, 1972). Espera-se que os painéis produzidos somente com partículas de vassoura apresentem maior umidade de equilíbrio higroscópico, o que pode ser verificado na Tabela 6.

Foi obtido teor médio de holocelulose para a madeira do paricá correspondente a 70,56%. Bianche (2007) encontrou para a mesma espécie teor de holocelulose correspondente a 68,80%, inferior ao encontrado no presente trabalho.

A composição química da madeira influencia os painéis de aglomerado, mas muitas vezes ela não é determinada. Este fato é explicado, em parte, em razão de ser pequena esta influência no processo produtivo. Ao que parece, as influências químicas da madeira devem estar relacionadas à colagem e, em menor grau, à higroscopicidade da madeira e do painel (HILLIG, 2000). Segundo Nock e Richter (1978), a adesão entre as superfícies de dois materiais é atribuída às forças moleculares, forças de Van der Waal e ligações covalentes.

4.2. Descrição anatômica qualitativa

4.2.1. Schizolobium amazonicum

Anéis de crescimento: indistintos

Vasos: porosidade difusa, arranjo difuso. Predominam vasos solitários, mas há ocorrência de vasos múltiplos de dois e três, com formato ovalado. Placa de perfuração simples. Não há ocorrência de tilos nos vasos.

Fibras: são do tipo libriformes e não septadas.

Parênquima axial: predomina parênquima axial paratraqueal vasicêntrico.

Raios: predominam raios bisseriados e trisseriados, com rara ocorrência de unisseriados. Raios formados por células exclusivamente de formato procumbente.

4.2.2. *Sida* spp.

Anéis de crescimento: indistintos.

Vasos: porosidade difusa, arranjo difuso. Presença de vasos solitários, múltiplos de três, quatro, cinco ou mais e vasos agrupados em cachos (Clusters), com formato arredondado a oval. Placa de perfuração simples. Não há ocorrência de tilos nos vasos.

Fibras: são do tipo libriformes e não septadas.

Parênquima: presença de parênquima axial paratraqueal vasicêntrico.

Raios: presença de raios unisseriados, bisseriados, trisseriados e em menor ocorrência multisseriados. Raios formados por células de formato procumbente, com faixas de células quadradas e/ou eretas. Presença localizada de inclusão mineral nas células do raio.

4.2.3. *Eucalyptus urophylla*

Anéis de crescimento: indistintos.

Vasos: porosidade difusa, arranjo diagonal e formato circular a oval. Os elementos de vasos são predominantemente solitários com rara ocorrência de múltiplos de dois. A placa de perfuração é simples. Há presença de tilos nos vasos.

Fibras: são do tipo libriformes, não septadas, com pontuações simples.

Parênquima axial: predomina parênquima axial paratraqueal vasicêntrico e há ocorrência de paratraqueal confluyente.

Raios: presença de raios unisseriados e bisseriados. Raios formados por células procumbentes no seu interior e de células marginais com formato procumbente tendendo a quadrado.

Nas Figuras 2, 3 e 4 observam-se os três planos anatômicos da madeira de *Schizolobium amazonicum*, do caule de *Sida* spp. e da madeira de *Eucalyptus urophylla*. Verifica-se que as matérias-primas utilizadas neste trabalho apresentam constituição anatômica qualitativa bem diferente entre si. Evangelista (2007), estudando a caracterização da madeira de clones de *Eucalyptus camaldulensis* e *Eucalyptus urophylla*, encontrou constituição anatômica qualitativa para *Eucalyptus urophylla* semelhante ao obtido neste trabalho.

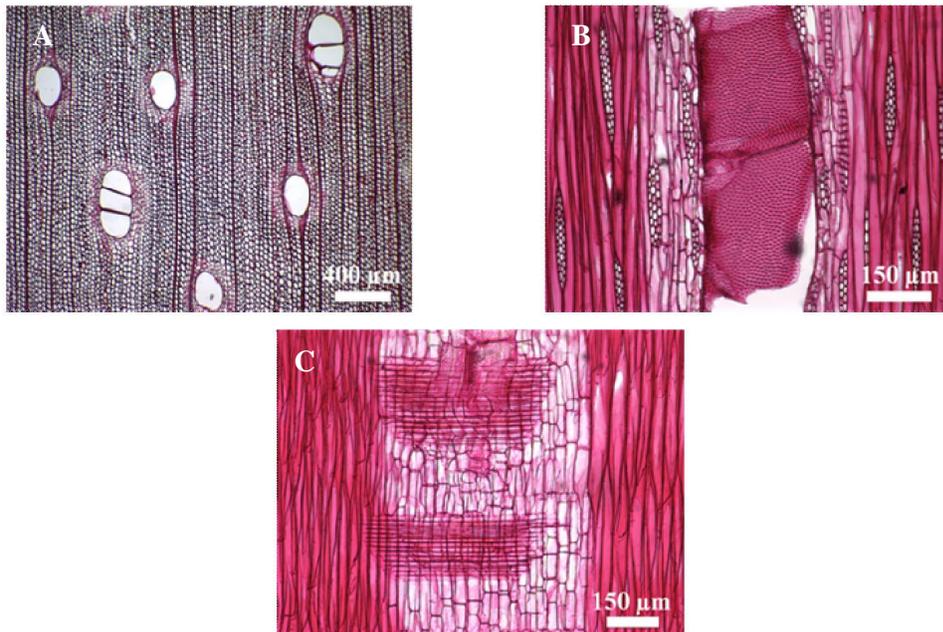


Figura 2: Imagens dos planos anatômicos das seções transversal (A), tangencial (B) e radial (C) da madeira de *Schizolobium amazonicum*.

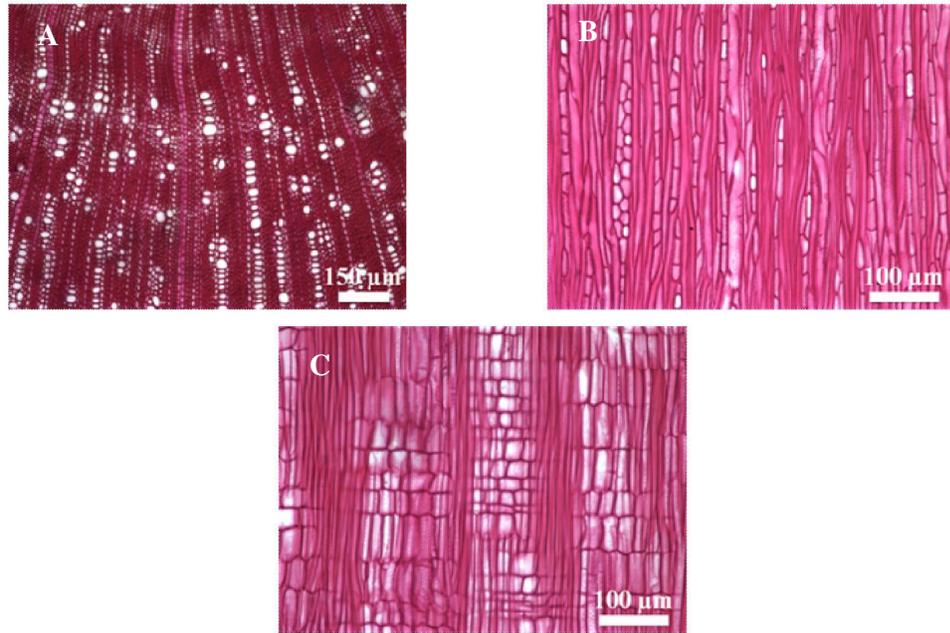


Figura 3: Imagens dos planos anatômicos das seções transversal (A), tangencial (B) e radial (C) do caule de *Sida* spp.

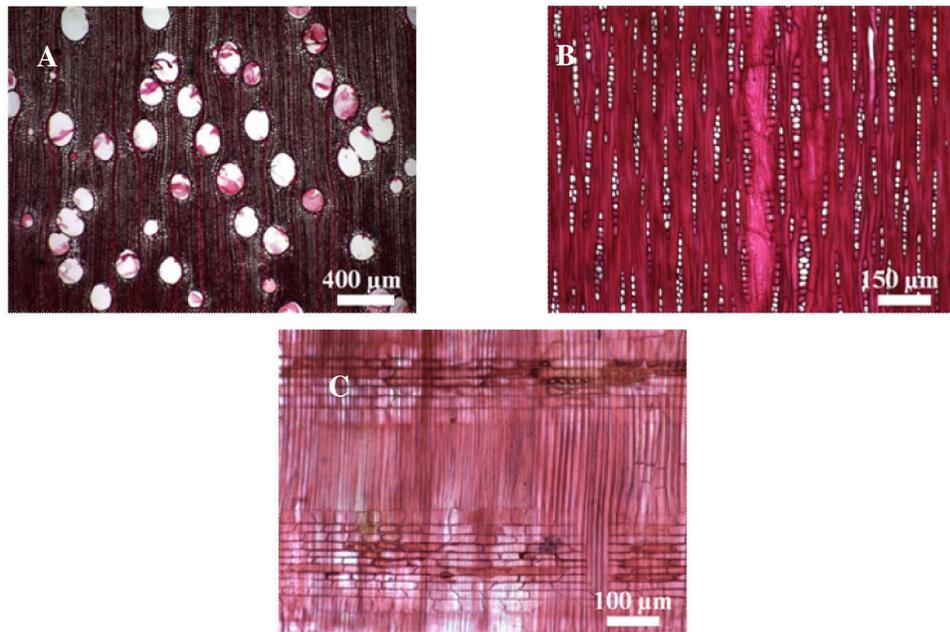


Figura 4: Imagens dos planos anatômicos das seções transversal (A), tangencial (B) e radial (C) da madeira de *Eucalyptus urophylla*.

4.3. Caracterização anatômica quantitativa

4.3.1. Fibras

A Tabela 2 apresenta os valores médios para o comprimento, largura, diâmetro do lume e espessura da parede das fibras de paricá, vassoura e eucalipto.

O valor médio de comprimento das fibras de paricá foi de 1,02 mm, com coeficiente de variação de 9,32%. O valor encontrado para o comprimento está em conformidade com os encontrados na literatura, ou seja, dentro da faixa estabelecida que varia de 0,75 a 1,40 mm (SILVA et al., 2007). Forzani (2007), estudando a caracterização mecânica e anatômica da madeira *Shizolobium amazonicum* (Huber) Ducke, encontrou um valor médio para o comprimento de fibras correspondente a 1,07 mm, com coeficiente de variação de 7,89%.

Tabela 2: Valores médios, maior e menor valor, desvio padrão e coeficiente de variação das fibras de paricá, vassoura e eucalipto.

| Matéria-prima | | Fibra | | | |
|---------------|---------------|------------------|--------------|-----------------------|--------------------------|
| | | Comprimento (mm) | Largura (µm) | Diâmetro do lume (µm) | Espessura da parede (µm) |
| Paricá | Média | 1,02 | 42,93 | 36,09 | 3,42 |
| | Maior valor | 1,27 | 56,27 | 49,43 | 5,22 |
| | Menor valor | 0,81 | 24,81 | 19,57 | 2,36 |
| | Desvio padrão | 0,10 | 8,16 | 7,83 | 0,69 |
| | CV(%) | 9,32 | 19,02 | 21,69 | 20,28 |
| Vassoura | Média | 0,54 | 13,06 | 5,89 | 3,59 |
| | Maior valor | 0,68 | 16,69 | 8,10 | 5,23 |
| | Menor valor | 0,42 | 9,77 | 4,22 | 2,65 |
| | Desvio padrão | 0,05 | 1,42 | 0,96 | 0,53 |
| | CV(%) | 10,18 | 10,85 | 16,24 | 14,76 |
| Eucalipto | Média | 1,07 | 20,20 | 7,69 | 6,25 |
| | Maior valor | 1,37 | 27,64 | 12,32 | 9,53 |
| | Menor valor | 0,61 | 13,35 | 4,67 | 4,13 |
| | Desvio padrão | 0,15 | 2,76 | 1,63 | 1,17 |
| | CV(%) | 14,25 | 13,64 | 21,15 | 18,65 |

Segundo Moreira (1999), o comprimento das fibras é diretamente influenciado pelas divisões longitudinais-tangenciais no câmbio, que pode variar com a sazonalidade, condições ambientais, fatores genéticos e idade da árvore.

Assim como a densidade básica e o teor de umidade, as características anatômicas da madeira também influenciam no processo de produção e na transformação da madeira em partículas. Neste último caso, parecem estar as maiores influências das características anatômicas de cada espécie sobre a produção e as propriedades de painéis aglomerados (HILLIG, 2000).

De acordo com a Tabela 2, observa-se que a fibra de vassoura apresentou o menor comprimento médio sendo igual a 0,54 mm, com coeficiente de variação de 10,18%.

O eucalipto (*Eucalyptus urophylla*) apresentou o maior valor médio para o comprimento da fibra correspondente a 1,07 mm (Tabela 2). Evangelista (2007) encontrou para *Eucalyptus urophylla*, com 6 e 8 anos, valores médios de comprimento de fibra correspondentes a 0,95 mm e 0,92 mm, respectivamente.

O comprimento das fibras é uma característica importante por estar relacionado com muitas propriedades da madeira, por exemplo, madeiras que apresentam maior comprimento de fibra, podem fornecer painéis mais resistentes.

O valor médio da largura das fibras de paricá de 42,93 μm foi superior ao encontrado por Forzani (2007), que obteve o valor médio de 33,26 μm , com coeficiente de variação de 5,78%. De acordo com Silva et al. (2007), os valores médios para a largura de fibras da madeira de paricá variam de 12 a 20 μm , sendo inferiores aos obtidos neste trabalho.

Para a largura da fibra de vassoura, foi encontrado um valor médio igual a 13,06 μm com coeficiente de variação de 10,85%. Observa-se que a vassoura apresentou a menor largura de fibra.

A largura da fibra de eucalipto apresentou um valor médio de 20,20 μm , com coeficiente de variação de 14,25%. Evangelista (2007) encontrou valores médios de 21,3 μm e 19,3 μm para a largura da fibra de *Eucalyptus urophylla*, com 6 e 8 anos, respectivamente.

O diâmetro médio do lume da fibra de paricá foi igual a 36,09 μm , com coeficiente de variação de 21,69%. Forzani (2007) encontrou diâmetro do lume médio

correspondente a 25,56 μm , com coeficiente de variação de 7,48%. No presente trabalho, o valor encontrado para o diâmetro do lume da fibra de paricá foi superior ao encontrado por Forzani (2007). Os valores encontrados para o diâmetro do lume são superiores ao encontrados na literatura, que ficam na faixa de 6 a 12 μm .

O lume das fibras é uma característica dependente da largura e da espessura da parede das fibras. Quanto maior seu valor, mais espaços vazios serão encontrados na madeira e, conseqüentemente, ela apresentará menor densidade básica (DAVIDSON, 1972; KELLOG e GONZALEZ, 1976, citados por FLORSHEIM, 1992). Isso pode ser verificado para a madeira do paricá, que apresenta maior diâmetro do lume e maior porosidade, o que pode acarretar maior ancoramento do adesivo com as partículas.

O diâmetro do lume da fibra de vassoura apresentou valor médio igual a 5,89 μm com coeficiente de variação de 16,24%. Para a espessura da parede da fibra de vassoura, foi encontrado valor médio correspondente 3,59 μm , com coeficiente de variação de 14,76%. Na literatura, não há trabalhos referentes à caracterização anatômica do caule de vassoura (*Sida* spp.).

Para o diâmetro do lume da fibra de eucalipto, foi encontrado um valor médio igual a 7,69 μm , com coeficiente de variação de 21,15%, conforme a Tabela 2. Evangelista (2007) encontrou para *Eucalyptus urophylla*, com 6 e 8 anos, valores médios de diâmetro do lume correspondentes a 12,7 μm e 8,8 μm , respectivamente.

Para a espessura da parede da fibra de paricá, foi encontrado um valor médio correspondente a 3,42 μm , com coeficiente de variação de 20,28%. O valor médio encontrado para a espessura da parede neste trabalho está em conformidade com aqueles normalmente encontrados na literatura, que variam de 2,5 a 6,0 μm . Forzani (2007) encontrou para a espessura da parede valor médio de 3,85 μm , com coeficiente de variação de 5,64%.

O valor médio para a espessura da parede da fibra de eucalipto encontrada neste trabalho foi igual a 6,25 μm , com coeficiente de variação de 18,65%. Evangelista (2007) encontrou valores médios para a espessura da parede de 4,3 μm e 5,3 μm para *Eucalyptus urophylla*, aos 6 e 8 anos, respectivamente.

A espessura da parede das fibras está intimamente relacionada com a densidade da madeira, e as variações na espessura da parede entre e dentro das árvores são similares ao padrão de variação da densidade (MALAN, 1995). A madeira de paricá

apresentou menor espessura da parede e menor densidade básica, e a madeira de eucalipto apresentou maior espessura da parede e maior densidade básica, o que acarreta para a produção de painéis, em menor e maior volume de partículas, para eucalipto e paricá, respectivamente.

4.3.2. Frequência e diâmetro dos vasos

Na Tabela 3, são apresentados os valores médios da frequência e diâmetro dos vasos das matérias-primas utilizadas na confecção dos painéis.

Observou-se que o maior valor médio encontrado para o diâmetro dos vasos foi para o paricá igual a 172,53 μm . Para a vassoura, foi encontrado o menor diâmetro, igual a 20,44 μm . Para a produção de painéis, o diâmetro dos vasos vai influenciar no processo de colagem, e madeiras com maior diâmetro, caso do paricá, irão facilitar o ancoramento do adesivo, devido à maior permeabilidade da madeira.

Tabela 3: Valores médios referentes à frequência e diâmetro dos vasos de paricá, vassoura e eucalipto.

| Matéria-prima | Vasos | | |
|------------------|---|-------------------------------|--------|
| | Frequência dos vasos (mm^2) | Diâmetro (μm) | |
| Paricá | Média | 3,16 | 172,53 |
| | Desvio padrão | 1,11 | 32,85 |
| | CV | 35,24 | 19,04 |
| Vassoura | Média | 162,56 | 20,44 |
| | Desvio padrão | 53,48 | 7,52 |
| | CV | 32,90 | 36,80 |
| Eucalipto | Média | 12,39 | 134,43 |
| | Desvio padrão | 1,81 | 25,55 |
| | CV | 14,63 | 19,01 |

Já para o eucalipto, o valor médio encontrado para o diâmetro dos vasos foi correspondente a 134,43 μm . Evangelista (2007) encontrou valores médios correspondentes a 118,3 μm e 115,2 μm para *Eucalyptus urophylla*, aos 6 e 8 anos, respectivamente.

Verificou-se que a maior frequência média dos vasos encontrada foi para a caule de vassoura, correspondente a 162,56 mm². Ressalta-se que quanto maior a frequência de vasos associada ao seu maior diâmetro, maior será a absorção do adesivo pelas partículas de madeira, o que pode contribuir para melhor adesão entre elas. Para o paricá, foi encontrada a menor frequência média dos vasos, sendo igual a 3,16 mm². Para o eucalipto, foi encontrada frequência média dos vasos correspondente a 12,39 mm². Evangelista (2007) encontrou valores médios referentes à frequência dos vasos para *Eucalyptus urophylla*, aos 6 e 8 anos, correspondentes a 9,9 e 11,0 mm², respectivamente.

Hillis e Brown (1978), estudando trabalhos realizados com painéis de madeira de *Eucalyptus grandis*, com idade entre 8 e 10 anos e densidade básica de 0,43 g/cm³, relataram que um dos problemas encontrados foi a geração de grande quantidades de finos. Os autores relacionaram este fato com o tamanho dos vasos existentes na estrutura anatômica.

Burguer e Richter (1991) comentaram que a abundância, dimensão e distribuição dos vasos presentes na madeira têm influência sobre suas propriedades de resistência mecânica e permeabilidade.

4.4 Propriedades dos painéis

As propriedades do adesivo à base de uréia-formaldeído, usado na produção dos painéis de aglomerado, estão na Tabela 4.

Tabela 4: Propriedades do adesivo à base de uréia-formaldeído utilizado na confecção dos painéis.

| Propriedades do adesivo | |
|--------------------------------|------|
| Teor de sólidos (%) | 65 |
| pH | 7,26 |
| Gel time (s) | 96 |
| Viscosidade (Cp) | 487 |

Na Tabela 5, encontra-se o coeficiente de esbeltez de cada matéria-prima utilizada na produção dos painéis.

Tabela 5: Coeficiente de esbeltez das matérias-primas (vassoura, paricá e eucalipto).

| Matéria-prima | Coeficiente de esbeltez |
|----------------------|--------------------------------|
| Vassoura | 28,07 A |
| Paricá | 10,9 B |
| Eucalipto | 13,73 B |

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância.

Observa-se, na Tabela 5, que as partículas de vassoura apresentaram maior coeficiente de esbeltez, as quais diferiram estatisticamente das demais espécies. O paricá apresentou o menor coeficiente de esbeltez, sendo igual a 10,9. Coli (2007) encontrou, para partículas de paricá, coeficiente de esbeltez médio correspondente a 7,09.

Cabral (2005) encontrou coeficiente de esbeltez correspondente a 12,35 para partículas de eucalipto, sendo inferior ao encontrado neste trabalho. Segundo Cabral (2005), os painéis de aglomerado fabricados com partículas de maior coeficiente de esbeltez apresentaram as maiores médias para os testes de tração perpendicular, módulo de ruptura, módulo de elasticidade, inchamento em espessura e expansão linear. De acordo com a autora, para os painéis de aglomerado fabricados com partículas de menor coeficiente de esbeltez, os testes de dureza Janka e compressão longitudinal apresentaram as maiores médias.

Naumann et al. (2008) observaram que os painéis produzidos com partículas de menor coeficiente de esbeltez resultaram em maior resistência à tração perpendicular e apresentaram valores mais elevados de inchamento em espessura.

4.4.1. Propriedades físicas

A Tabela 6 apresenta os valores médios para as propriedades físicas dos painéis. A análise de variância indicou que a maioria das propriedades físicas avaliadas foi afetada pela composição das partículas utilizadas na produção dos painéis.

Tabela 6: Valores médios das propriedades físicas dos painéis de aglomerado, em função da composição das partículas.

| Composição das partículas (%) | | | Propriedades físicas | | | | | |
|-------------------------------|-----------|---|----------------------|------------|-------------|-------------|--------------|---------------------|
| Vassoura | Eucalipto | Densidade aparente (g/cm ³) | UEH (%) | Abs 2h (%) | Abs 24h (%) | Inch 2h (%) | Inch 24h (%) | Expansão linear (%) |
| 0 | 100 | 0,63B | 9.53 BC | 17.41 C | 57.62 B | 13.13 C | 33.54C | 0.39 AB |
| 25 | 75 | 0,68AB | 9.35 BC | 62.68 B | 99.59 A | 33.40 B | 47.47 B | 0.41 A |
| 50 | 50 | 0,69A | 9.27 C | 83.48 A | 105.56 A | 37.34 AB | 50.47 AB | 0.36 ABC |
| 75 | 25 | 0,71A | 9.65 B | 84.45A | 107.38 A | 39.70 AB | 53.41 AB | 0.26 BC |
| 100 | 0 | 0,71A | 10.19A | 78.54A | 105.69 A | 44.49 A | 57.44 A | 0.25 C |

| Vassoura | Paricá | Densidade aparente (g/cm ³) | UEH (%) | Abs 2h (%) | Abs 24h (%) | Inch 2h (%) | Inch 24h (%) | Expansão linear (%) |
|----------|--------|---|---------|------------|-------------|-------------|--------------|---------------------|
| 0 | 100 | 0,70 A | 8.80 C | 54.09B | 89.87 A | 23.53 C | 33.02C | 0.20 B |
| 25 | 75 | 0,68 A | 8.96 BC | 69.56AB | 102,11 A | 29.41 BC | 38.86 C | 0.24 AB |
| 50 | 50 | 0,67 A | 8.96 BC | 72.70 AB | 103,90 A | 32.23 BC | 42.67 BC | 0.28 AB |
| 75 | 25 | 0,68 A | 9.57 AB | 77.27AB | 99,72 A | 36.33AB | 48.88 AB | 0.36 A |
| 100 | 0 | 0,68 A | 10.19 A | 78.54A | 95,16 A | 44.49 A | 57.44 A | 0.25 AB |

| Eucalipto | Paricá | Densidade aparente (g/cm ³) | UEH (%) | Abs 2h (%) | Abs 24h (%) | Inch 2h (%) | Inch 24h (%) | Expansão linear (%) |
|-----------|--------|---|---------|------------|-------------|-------------|--------------|---------------------|
| 0 | 100 | 0,71 A | 8.80 B | 54.09 B | 89.87 A | 23.53 B | 33.02 C | 0.20 C |
| 25 | 75 | 0,69 A | 8.71 B | 63.98 AB | 101.17 A | 31.43 A | 41.80 A | 0.26 BC |
| 50 | 50 | 0,67 AB | 8.77 B | 74.10 A | 106.93 A | 32.71 A | 44.26 A | 0.35 AB |
| 75 | 25 | 0,68 A | 9.04 AB | 61.36 AB | 92.48 A | 28.04 AB | 41.49 AB | 0.36 A |
| 100 | 0 | 0,63 B | 9.53 A | 17.41 C | 57.62 B | 13.13C | 33.54 BC | 0.39 A |

Médias seguidas pela mesma letra na coluna para cada composição não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância.

UEH= Umidade de equilíbrio higroscópico. Abs= Absorção de água. Inch= Inchamento em espessura

Na Tabela 7 se encontram os valores médios para as propriedades físicas dos painéis de aglomerado em função do teor de adesivo. Não houve interação significativa entre a composição dos painéis e o teor de adesivo para as propriedades físicas.

Tabela 7: Valores médios (desvio padrão) das propriedades físicas dos painéis de aglomerado em função do teor de adesivo.

| Propriedades físicas | Teor de adesivo | |
|------------------------------------|-----------------|-----------------|
| | 6% | 8% |
| Densidade aparente | 0,68 A (0,035) | 0,69 A (0,035) |
| Umidade de equilíbrio higroscópico | 9,17 A (0,47) | 9,29 A (0,57) |
| Absorção 2h | 74,03 A (19,55) | 59,24 B (20,61) |
| Absorção 24h | 104,68A (15,70) | 91,52 B (17,70) |
| Inchamento 2h | 36,12A (9,72) | 27,50B (8,28) |
| Inchamento 24h | 49,77A (9,76) | 39,12 B (7,57) |
| Expansão linear | 0,33A (0,09) | 0,29 B (0,09) |

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância.

4.4.1.1. Densidade aparente dos painéis

Como observado na Tabela 6, todos os painéis apresentaram valores médios de densidade aparente acima do valor estabelecido para a densidade nominal no plano experimental, correspondente a $0,65 \text{ g/cm}^3$, exceto os produzidos apenas com partículas de eucalipto, que obtiveram densidade inferior.

Segundo a norma ANSI/A-208.1.1993, os painéis obtidos neste trabalho são classificados como painéis de média densidade, que corresponde m à faixa de densidade de $0,64 \text{ g/cm}^3$ a $0,80 \text{ g/cm}^3$.

Na Tabela 6, observa-se que a densidade do painel foi afetada pela matéria-prima, exceto para aqueles produzidos com vassoura e paricá.

As densidades dos painéis fabricados com partículas de vassoura e eucalipto não foram afetadas pelas porcentagens de substituição, exceto para aqueles fabricados apenas com eucalipto. Para as composições eucalipto e paricá e vassoura e eucalipto, observa-se que a densidade dos painéis produzidos com 0, 25, 50, 75% de eucalipto não foi afetada pela composição das partículas, exceto para os painéis produzidos com 100% de partículas de eucalipto. Verificou-se que os painéis produzidos apenas com partículas de eucalipto apresentaram menor densidade aparente. Isto se deve ao fato da maior densidade da madeira de eucalipto em relação à madeira de paricá e ao caule de vassoura, gerando um volume menor de partículas para a formação do colchão, conseqüentemente, necessitando de menor taxa de compactação na prensa, fornecendo um painel com menor densidade.

Iwakiri et al. (2005 b), avaliando as propriedades de painéis de aglomerados de alta densificação, produzidos com partículas finas, utilizando adesivo melamina-uréia-formaldeído, encontraram valores médios de densidade dos painéis inferiores aos estabelecidos, que eram de $0,65 \text{ g/cm}^3$ e $0,90 \text{ g/cm}^3$.

Apesar de não ter havido diferenças significativas, foi verificado que, aumentando a quantidade de vassoura na composição do painel (vassoura x eucalipto), ocorreu um aumento na sua densidade, isto se deve à menor densidade das partículas de vassoura, que requerem aumento na taxa de compactação.

A densidade do painel está relacionada com a densidade da madeira e com a taxa de compactação, dependendo, também, da umidade do colchão e de outros fatores. Assim como a densidade da madeira, a densidade do painel tem influência sobre suas propriedades mecânicas (HILLIG et al., 2002).

Ressalta-se que a densidade do painel é um dos fatores mais importantes relacionados com os módulos de ruptura e elasticidade dos painéis de partículas: geralmente, um aumento na densidade dos painéis resulta em aumento dos mesmos. Esse aumento na resistência dos painéis, devido à elevação da taxa de compactação, é causado pelo aumento dos pontos de contato entre as partículas, conforme tem sido demonstrado por vários pesquisadores (LEHMANN, 1974; WU, 1999).

Pode-se observar na Tabela 7 que a quantidade de adesivo utilizada na produção dos painéis não influenciou sua densidade, evidenciando que os fatores que mais influenciam na densidade do painel são a densidade da madeira e, conseqüentemente, a taxa de compactação utilizada no processo de prensagem.

Em vários trabalhos realizados por diferentes autores, não foi observado o efeito do adesivo na densidade dos painéis, conforme relatado abaixo.

Brito et al. (2006) estudaram as propriedades físicas e mecânicas de painéis de madeira aglomerada utilizando partículas oriundas de madeira maciça (partículas convencionais) e partículas oriundas de maravalhas (maravalhas processadas) e dois teores de adesivo de ureia-formaldeído, 6% e 8% (base massa seca). Os autores concluíram que o aumento no teor de adesivo não contribuiu para melhorar as propriedades dos particulados. Santos (2008), utilizando dois teores de adesivo uréia-formaldeído, 8% e 12%, também não obteve efeito significativo na densidade dos painéis. A mesma tendência foi encontrada neste trabalho para a densidade dos painéis.

Coli (2007), estudando as propriedades físicas e mecânicas de painéis de partículas com madeira de paricá e fibra de coco, em diferentes proporções e teores de adesivo, à base de uréia-formaldeído, não verificou efeito significativo dos teores de adesivo na densidade dos painéis.

4.4.1.2. Umidade de equilíbrio higroscópico dos painéis

O teor de umidade de equilíbrio higroscópico (UHE) foi afetado significativamente pela composição das partículas, como se observa na Tabela 6.

Para as composições vassoura x eucalipto e vassoura x paricá, com o aumento da porcentagem de vassoura observou-se um aumento no teor de umidade dos painéis, mostrando que o material arbustivo vassoura é mais higroscópico. Este fato pode ser atribuído à maior área superficial da partícula de vassoura em relação às partículas de paricá e eucalipto, o que favorece maior absorção de água. Isto também pode ser atribuído ao menor teor de lignina obtido para a vassoura. A lignina reduz a permeabilidade da parede celular à água (COLODETTE, 2001). Para a composição eucalipto x paricá com o aumento da porcentagem de eucalipto, houve aumento no teor de umidade dos painéis.

A umidade de equilíbrio higroscópico dos painéis fabricados com partículas de eucalipto e vassoura não foi afetada pela composição, exceto para os painéis produzidos apenas com partículas de vassoura.

Para os painéis produzidos com partículas de vassoura e paricá, não houve efeito da composição sobre os painéis produzidos com 25, 50 e 75% de vassoura, exceto para os produzidos com 100% de partículas de vassoura e de paricá. Para os painéis produzidos com partículas de eucalipto x paricá, observou-se que o teor de umidade não foi afetado pela composição, exceto para aqueles produzidos com 100% de eucalipto, que obtiveram maior umidade.

Hillig et al. (2002), avaliando as propriedades mecânicas de painéis aglomerados estruturais, fabricados com madeiras de pinus, eucalipto e acácia-negra, encontraram para os painéis valores médios de teor de umidade que variaram de 3,74% a 8,78%, inferiores aos observados neste trabalho. Ressalta-se que a higroscopicidade dos painéis

está diretamente ligada ao tipo de adesivo utilizado, além de outras variáveis do processo de produção.

De modo geral, um aumento no teor de umidade dos painéis acarreta uma redução na resistência mecânica. Wu (1999) mostrou que os valores dos módulos de ruptura e elasticidade diminuíram com o aumento do teor de umidade dos painéis. Espera-se que os painéis que obtiveram os maiores valores de umidade de equilíbrio higroscópico apresentem os menores valores de resistência .

A umidade de equilíbrio higroscópico dos painéis não foi afetada pelos teores de adesivo, como pode ser observado na Tabela 7. Verificou-se que o aumento no teor de adesivo ocasionou um relativo aumento na umidade dos painéis, o que não era de se esperar, pois com o aumento do teor de adesivo há o maior recobrimento das partículas, dificultando a entrada de água.

Em pesquisa realizada por Okino et al. (2008), a umidade de equilíbrio higroscópico dos painéis ficou em torno de 8%, sem diferenças significativas entre os níveis e tipos de adesivos utilizados. Os autores observaram que os painéis produzidos com 5% de uréia-formaldeído tiveram teor de umidade correspondente a 8,40% , e os painéis produzidos com 8% de uréia-formaldeído apresentaram teor de umidade de 8,31%. No presente trabalho, verificou-se que os painéis produzidos com 6% de adesivo apresentaram teor de umidade correspondente a 9,17% ; e os produzidos com 8% de adesivo, obtiveram teor de umidade médio de 9,29%.

4.4.1.3. Absorção de água após imersão em duas (2h) e vinte quatro (24h) horas

Os painéis obtidos neste trabalho absorveram mais água que o prescrito pela norma DIN 68m 761 (1) – 1961 (SANTANA e PASTORE, 1981), cujo valor deve estar abaixo de 10% e 15% para duas e vinte quatro horas, respectivamente.

De acordo com a Tabela 6, observa-se que não houve efeito significativo das partículas de vassoura na absorção de água após duas e vinte quatro horas de imersão. Somente os painéis produzidos apenas com partículas de eucalipto obtiveram , de forma significativa, menores absorções. Fato atribuído pela melhor formação do colchão para os painéis de eucalipto, diminuindo os espaços vazios entre as partículas, permitindo maior ligação entre elas, reduzindo a absorção de água. Para os painéis produzidos com

partículas de vassoura, a absorção foi maior devido ao enovelamento das partículas na etapa de produção do painel, dificultando a uniformidade do colchão, contribuindo para aumento dos espaços vazios entre as partículas, além de reduzir o contato entre as partículas, dificultando a adesão e, conseqüentemente, permitindo maior absorção de água.

Para os painéis produzidos com partículas de vassoura e paricá, verificou-se que a absorção de água, após vinte quatro horas de imersão, não foi afetada pelas diferentes composições. Após duas horas de imersão, verificou-se que a menor absorção foi obtida pelos painéis produzidos apenas com paricá.

Santos (2008) encontrou efeito significativo da interação tripla entre os fatores estudados teor de adesivo x tipo de madeira x porcentagem de substituição para a variável absorção de água, em duas e vinte quatro horas. Neste trabalho, não houve efeito significativo da interação adesivo x composição dos painéis para a propriedade física absorção de água.

Os painéis produzidos com 25%, 50% e 75% de partículas de eucalipto associadas às partículas de paricá não apresentaram diferença significativa entre eles para a variável absorção de água, após duas horas de imersão. Observou-se que após vinte quatro horas de imersão em água somente os painéis produzidos com 100% de eucalipto diferiram dos demais, apresentando menor absorção. Este fato pode ser atribuído à maior densidade da madeira de eucalipto em relação ao paricá, fornecendo um colchão com menor volume, necessitando de menor taxa de compactação, reduzindo a liberação das tensões entre as partículas geradas durante a etapa de prensagem do painel, diminuindo a absorção quando estas foram imersas em água.

Santos (2008) não observou efeito significativo das porcentagens de madeira de eucalipto e candeia sobre a absorção de água em vinte quatro horas, para painéis aglomerado. No presente trabalho, verificou-se efeito significativo da composição dos painéis sobre a absorção em vinte quatro horas, exceto para os painéis contendo vassoura e paricá.

Mendes (2001) sugere que os altos valores para a absorção de água, encontrados em seu estudo, podem ter sido ocasionados por não ter sido utilizada emulsão de parafina na manufatura dos painéis. A mesma tendência foi encontrada para os painéis

produzidos neste trabalho, uma vez que eles também não receberam emulsão de parafina, o que acarretou alta absorção de água pelos painéis.

De acordo com Maloney (1993), a menor absorção de água dos painéis com maior densidade se deve principalmente à estrutura mais fechada do painel, resultante da maior densificação das partículas de madeira durante a prensagem, porém, de acordo com a Tabela 6, este fato não foi verificado neste trabalho. Foi observado que os painéis produzidos com eucalipto apresentaram baixa absorção de água em duas e vinte quatro horas e obtiveram menor densidade.

Houve efeito significativo do teor de adesivo para a variável absorção após duas e vinte quatro horas de imersão em água, de acordo com a Tabela 7. Observou-se que, independentemente da composição das partículas dos painéis, o aumento no teor de adesivo acarretou uma redução significativa na absorção de água. Santos (2008) encontrou efeito significativo da interação entre teor de adesivo, tipo de madeira e porcentagem de substituição para absorção de água em duas e vinte quatro horas.

De acordo com a norma DIN 68m761, os valores médios encontrados para absorção de água ultrapassaram os valores máximos permitidos que correspondem a valores menores que 10% e 15%, para absorção em duas e vinte quatro horas, respectivamente.

Deve-se salientar que os painéis produzidos neste trabalho não receberam parafina, o que, provavelmente, diminuiria os valores médios de absorção a curto prazo.

Iwakiri et al. (2000a), avaliando o comportamento da madeira de *Eucalyptus saligna*, *Eucalyptus citriodora*, *Eucalyptus pilularis* e mistura destas na produção de painéis de madeira aglomerada, utilizando dois diferentes níveis de adesivo (8% e 12%), verificaram que o aumento no teor de adesivo reduziu a absorção de água e o inchamento em espessura dos painéis.

Iwakiri et al. (2004) estudaram a influência de dois teores de adesivo de uréia-formaldeído sobre as propriedades dos painéis (6 e 8%) e não encontraram diferenças significativas para absorção de água e inchamento em espessura pelos painéis. No presente trabalho, foi observada influência dos diferentes teores de adesivo na confecção dos painéis de aglomerados sobre essas propriedades.

Dacosta et al. (2005), avaliando as propriedades físicas dos painéis de aglomerados, confeccionados com resíduos de pinus resultantes do processamento

mecânico da madeira, verificaram que, ao utilizar teores diferentes de adesivo de uréia-formaldeído (4%, 8% e 12%), houve diminuição da absorção de água após duas e vinte quatro horas de imersão.

Coli (2007) verificou efeito significativo do teor de adesivo na absorção de água, e painéis produzidos com 8% de adesivo de uréia-formaldeído absorveram menos água em relação aos painéis produzidos com 6% de adesivo.

4.4.1.4. Inchamento em espessura após imersão em água durante duas (2h) e vinte quatro (24h) horas

De modo geral, independente do tratamento todos os painéis incharam mais que o valor prescrito pela norma DIN 68m 761 (1), cujos valores máximos correspondem, respectivamente, a 6% e 15% para duas e vinte quatro horas de imersão.

A Tabela 6 mostra o efeito significativo da composição das partículas dos painéis para as variáveis inchamento em espessura após duas e vinte quatro horas de imersão em água.

Verificou-se que os painéis contendo vassoura e eucalipto na proporção de 25, 50 e 75% de partículas de vassoura não diferiram estatisticamente entre si no inchamento em espessura em duas e vinte quatro horas. De modo geral, foi observado que, aumentando a porcentagem de partículas de vassoura no painel, ocorreu um maior aumento no inchamento em espessura, tanto para duas quanto para vinte quatro horas. Os painéis produzidos apenas com partículas de eucalipto foram os que menos incharam, sendo estes significativamente diferentes dos demais. Observou-se, também, o mesmo efeito nos painéis produzidos com partículas de paricá e vassoura, ou seja, quando se aumentou o percentual de vassoura no painel, aumentou também o inchamento em espessura, fato que pode ser atribuído à diferença entre a geometria das partículas de vassoura e eucalipto. As partículas de vassoura, por serem finas e compridas, apresentam maior superfície específica e, conseqüentemente, maior área para absorção de água. Outro fator que pode ter contribuído para maior inchamento destes painéis é a adesão entre as partículas, pois quanto maior a área superficial, menor é o recobrimento por adesivo para uma mesma quantidade aplicada. Não tendo a quantidade adequada de adesivo, essas partículas tiveram mais sítios de absorção livres

para fazer ligação com as moléculas de água e, conseqüentemente, absorveram mais água e incharam mais.

Iwakiri et al. (2001), avaliando o potencial de cinco espécies de pinus tropicais para produção de painéis de madeira aglomerada, obtiveram valores médios de inchamento em espessura após duas horas de imersão em água, variando de 25,20 % a 34,80 %; para 24 horas de imersão, a variação foi de 39,70 % a 32,70 %. No presente trabalho, os valores médios encontrados para o inchamento em espessura, após duas horas de imersão em água, variaram de 13,13% a 44,49% e, para vinte quatro horas de imersão, a variação foi de 33,02% a 57,44%, sendo maiores em relação aos obtidos por estes autores. Pesquisas realizadas por Iwakiri et al. (1995) e (1996) em painéis de madeira aglomerada, produzidos com as espécies de *Pinus elliotti*, *Mimosa scabrella* e *Eucalyptus dunnii*, encontraram valores médios de inchamento em espessura variando de 20,43 a 50,97%, para duas horas de imersão em água, e de 23,87 a 53,41%, para vinte quatro horas. Neste trabalho, os valores médios de inchamento em espessura em duas horas foram satisfatórios quando comparados aos obtidos por estes autores.

Várias citações relatam a existência de uma relação positiva entre a densidade dos painéis e o inchamento em espessura e absorção de água. Neste estudo, essa relação foi observada apenas para os painéis produzidos com partículas de vassoura e eucalipto, aumentando a quantidade de partículas de vassoura no painel houve aumento do volume, necessitando de maior taxa de compactação durante a etapa de prensagem para se atingir a espessura desejada. Desta forma, houve maior contato entre as partículas, diminuindo os espaços vazios entre elas, originando tensões que foram liberadas quando as amostras dos painéis foram imersas em água, resultando no inchamento. Para os painéis produzidos com partículas de eucalipto e paricá, observou-se, de modo geral, que aumentando a quantidade de paricá na composição dos painéis, aumentou também o inchamento em espessura, com exceção dos painéis produzidos apenas com partículas de paricá, que apresentaram inchamento similar aos obtidos para painéis produzidos apenas com eucalipto.

Houve efeito significativo do teor de adesivo para o inchamento em espessura, após duas e vinte quatro horas de imersão em água, como se pode observar na Tabela 7. Verificou-se que, independentemente da composição das partículas dos painéis, o aumento no teor de adesivo acarretou uma redução significativa no inchamento em

espessura. Santos (2008) encontrou efeito significativo da interação entre teor de adesivo, tipo de madeira e porcentagem de substituição para inchamento em espessura, em duas e vinte quatro horas. De acordo com a norma DIN 68m761, os valores médios encontrados para o inchamento em espessura ultrapassaram os valores máximos permitidos que correspondem a valores de 6% e 15%, para inchamento em espessura, para duas e vinte quatro horas, respectivamente.

Deve-se salientar que os painéis produzidos neste trabalho não receberam parafina, o que, provavelmente, diminuiria os valores médios de inchamento a curto prazo.

Iwakiri et al. (2000a), avaliando o comportamento da madeira de *Eucalyptus saligna*, *Eucalyptus citriodora*, *Eucalyptus pilularis* e sua mistura na produção de painéis de madeira aglomerada, utilizando dois diferentes níveis de adesivo (8% e 12%), verificaram que o aumento no teor de adesivo reduziu o inchamento em espessura dos painéis.

Iwakiri et al. (2004) estudaram a influência de dois teores de adesivo de uréia-formaldeído sobre as propriedades dos painéis (6 e 8%) e não encontraram diferenças significativas para inchamento em espessura pelos painéis. Já no presente trabalho, foi observada influência dos diferentes teores de adesivo na confecção dos painéis de aglomerado sobre essa propriedade.

Coli (2007) verificou efeito significativo do teor de adesivo no inchamento em espessura: painéis produzidos com 8% de adesivo de uréia-formaldeído absorveram menos água em relação aos painéis produzidos com 6% de adesivo.

Segundo Coli (2007), em duas horas de imersão, os painéis produzidos com 6% e 8% de adesivo tiveram um inchamento médio de 11,79% e de 8,59%, respectivamente; em vinte quatro horas de imersão, os painéis apresentaram um inchamento médio de 13,56% e de 10,01%, para 6 e 8% de adesivo, respectivamente. Entretanto, os valores encontrados para inchamento em espessura neste trabalho são superiores aos encontrados pela autora, mostrando que os painéis produzidos apresentaram menor estabilidade dimensional.

4.4.1.5. Expansão linear

Pode-se observar na Tabela 6 que os resultados da análise de variância indicam efeito significativo da composição dos painéis para a expansão linear. Não houve efeito significativo entre a interação da composição dos painéis e o teor de adesivo para esta propriedade física.

Os valores médios de expansão linear ficaram abaixo do máximo permitido pela norma ANSI/A-208.1.1993, que estabelece valores abaixo de 0,35%. Apenas os painéis produzidos com 75% de vassoura e 25% de paricá não atenderam ao estabelecido pela norma.

De modo geral, verificou-se que aumentando a densidade dos painéis ocorre uma maior estabilidade dos mesmos, independentemente da espécie. Observou-se, para a composição vassoura x eucalipto, que, aumentando a quantidade de partículas de vassoura no painel, reduziu-se sua expansão linear. Para a composição vassoura x paricá, observou-se que somente os painéis produzidos com 100% paricá, 75% vassoura / 25% paricá foram estatisticamente diferentes para a expansão linear. Observou-se que, aumentando a porcentagem de vassoura e diminuindo a porcentagem de paricá na composição do painel, ocorreu um aumento da expansão linear, exceto para os painéis produzidos apenas com partículas de vassoura. Este fato pode ser atribuído à maior área superficial das partículas de vassoura em relação às partículas de paricá. A maior proporção de vassoura no painel resultou na maior absorção de água quando o painel foi colocado numa condição de maior umidade. Para a composição eucalipto x paricá, verificou-se que, ao aumentar a porcentagem de eucalipto na composição dos painéis, reduziu-se sua estabilidade, provavelmente em função da menor densidade desses painéis.

Naumann et al. (2008), avaliando as propriedades de painéis de madeira aglomerada fabricados com partículas de *Eucalyptus urophylla* e de *Schizolobium amazonicum*, observaram uma redução da expansão linear à medida que se elevou a quantidade de paricá nos painéis, fato atribuído ao aumento da taxa de compactação. A mesma tendência foi encontrada para os painéis produzidos neste trabalho com partículas de eucalipto e paricá, pois o aumento da taxa de compactação é responsável pela formação de um painel mais homogêneo e com maior densidade. Esse aumento faz

com que diminuíam os vazios entre as partículas, aumentando, assim, a estabilidade dos painéis.

Deve-se salientar que os painéis produzidos neste trabalho não receberam parafina, o que, provavelmente, contribuiu para o aumento da expansão linear .

Observa-se na Tabela 7 que os teores de adesivo tiveram efeito significativo na estabilidade dos painéis, exceto para aqueles produzidos com partículas de eucalipto e paricá. Observou-se que os painéis produzidos com 6% foram menos estáveis em relação aos produzidos com 8% de adesivo. Os valores médios encontrados para os painéis produzidos com vassoura x eucalipto e vassoura x paricá atenderam às especificações exigidas pela norma ANSI/A-208.1.1993, que permite uma expansão linear máxima de 0,35%.

Em pesquisa realizada por Coli (2007), observou-se que os painéis fabricados com 6% de adesivo apresentaram expansão linear média de 0,55%, maior que os painéis fabricados com 8% de adesivo, cuja expansão média foi igual a 0,44%.

Cabral (2005) verificou que todos os painéis de aglomerados produzidos atenderam ao requisito da norma ANSI/A-208.1.1993, para expansão linear.

4.6. Propriedades mecânicas dos painéis

A Tabela 8 apresenta os valores médios para as propriedades mecânicas dos painéis. A análise de variância indicou que as propriedades mecânicas dos painéis foram afetadas pela diferença de composição das partículas.

Tabela 8: Valores médios das propriedades mecânicas dos painéis em função da composição das partículas.

| Composição das partículas (%) | | Propriedades Mecânicas | | | | |
|-------------------------------|-----------|------------------------|-----------|------------|--------------|------------------|
| Vassoura | Eucalipto | Tração (MPa) | MOR (MPa) | MOE (MPa) | Dureza (MPa) | Arrancamento (N) |
| 0 | 100 | 0,37 A | 10,88 B | 1383,81 AB | 34,07 B | 1047,45 A |
| 25 | 75 | 0,47 A | 14,05 AB | 1605,20 A | 41,63 AB | 1076,20 A |
| 50 | 50 | 0,49 A | 15,52 A | 1548,27 A | 43,01 AB | 1122,21 A |
| 75 | 25 | 0,51 A | 15,54 A | 1520,83 AB | 43,76 A | 1122,59 A |
| 100 | 0 | 0,49 A | 13,13 AB | 1154,15 B | 39,97 AB | 1137,74 A |

| Vassoura | Paricá | Tração (MPa) | MOR (MPa) | MOE (MPa) | Dureza (MPa) | Arrancamento (N) |
|----------|--------|--------------|-----------|------------|--------------|------------------|
| 0 | 100 | 0,75 A | 26,44 A | 2955,69 A | 50,52 A | 1376,00 A |
| 25 | 75 | 0,46 B | 22,22AB | 2344,72 AB | 44,34 A | 1153,90 A |
| 50 | 50 | 0,47 B | 20,25 AB | 2118,58 B | 40,60 A | 1131,49 A |
| 75 | 25 | 0,43 B | 18,58 BC | 1607,17 BC | 41,51 A | 1136,92 A |
| 100 | 0 | 0,34 B | 13,13 C | 1154,16 C | 40,49 A | 1027,51 A |

| Eucalipto | Paricá | Tração (MPa) | MOR (MPa) | MOE (MPa) | Dureza (MPa) | Arrancamento (N) |
|-----------|--------|--------------|-----------|------------|--------------|------------------|
| 0 | 100 | 0,75 A | 26,44 A | 2955,69 A | 50,52 A | 1376,00 A |
| 25 | 75 | 0,65 A | 20,73 B | 2335,05 B | 44,26 AB | 1162,36 AB |
| 50 | 50 | 0,57 AB | 17,34 BC | 1977,85 BC | 39,81 BC | 1153,38 AB |
| 75 | 25 | 0,65 A | 15,77 C | 1799,16 C | 43,32 AB | 1175,10 AB |
| 100 | 0 | 0,38 B | 10,88 D | 1383,81 D | 34,07 C | 1047,46 B |

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, para uma mesma composição, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância.

MOR= Módulo de ruptura. MOE= Módulo de elasticidade.

A Tabela 9 apresenta os valores médios para as propriedades mecânicas dos painéis em função do teor de adesivo.

Tabela 9: Valores médios (desvio padrão) das propriedades mecânicas dos painéis em função do teor de adesivo.

| Propriedades mecânicas | Teor de adesivo | |
|------------------------------|--------------------|--------------------|
| | 6% | 8% |
| Tração perpendicular (MPa) | 0,41 B (0,15) | 0,55 A (0,20) |
| Módulo de ruptura (MPa) | 17,03 A (4,98) | 18,05 A (5,47) |
| Módulo de elasticidade (MPa) | 1795,64 B (534,56) | 1929,44 A (626,90) |
| Dureza Janka (MPa) | 40,81 A (5,88) | 43,51 A (7,51) |
| Arrancamento (N) | 1092,70 A (186,52) | 1133,67 A (213,77) |

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância.

4.6.1. Tração perpendicular

Pode-se observar na Tabela 8 que houve efeito significativo da composição dos painéis para a tração perpendicular (ligação interna), exceto para os painéis produzidos com partículas de vassoura x eucalipto. Não ocorreu efeito significativo entre a interação composição dos painéis e teor de adesivo para tração perpendicular. Observou-se, para a composição vassoura x paricá, que os painéis produzidos apenas com partículas de paricá diferiram significativamente em relação aos demais.

Verificou-se que aumentando a porcentagem de partículas de vassoura na composição ocorreu uma queda na resistência à tração dos painéis. Isto pode ser atribuído à etapa de formação do colchão, devido ao envelhecimento das partículas de vassoura, dificultando a homogeneidade do colchão, gerando espaços vazios, além da dificuldade de transferência do adesivo entre as partículas. Este envelhecimento se deu em função da diferença entre as geometrias das partículas de vassoura e paricá.

De acordo com Vital et al. (1992), as partículas mais espessas melhoram as propriedades de tração perpendicular, enquanto, segundo Hse (1988), citado por Kelly (1977), partículas maiores respondem melhor à alta compactação. De acordo com os autores citados, as partículas com maiores dimensões aumentam a eficiência do adesivo utilizado. Isso ocorre porque, para uma mesma massa de partículas, aquelas mais espessas e curtas, no caso, as partículas de paricá, possuem menor área superficial e recebem maior quantidade de adesivo por unidade de área, apresentando maior ligação entre as partículas, resultando em maior valor de ligação interna.

Para a composição eucalipto x paricá, os painéis produzidos somente com partículas de eucalipto apresentaram menor resistência, diferindo significativamente dos demais, à exceção dos produzidos com 50% de paricá e 50% de eucalipto. De modo geral, verificou-se que o aumento na quantidade de partículas de eucalipto na composição do painel resultou no decréscimo da resistência, com exceção dos produzidos com 50% de cada espécie.

Segundo Vital (1974), a ligação interna aumenta, geralmente, com o aumento da densidade dos painéis, o que pode ser verificado nos resultados das densidades dos painéis, na Tabela 6, para a composição eucalipto x paricá. Os painéis produzidos com 100% de paricá apresentaram os maiores valores médios para densidade e tração perpendicular. Este fato pode ser atribuído à maior compactação e à maior densidade do

painel, diminuindo os espaços vazios e a porosidade, resultando em uma melhor colagem. Assim, os valores da ligação interna aumentam com o aumento da razão de compactação ou com o aumento da densidade aparente.

Peixoto e Brito (2000) concluíram que painéis feitos com partículas menores apresentaram uma maior resistência à tração perpendicular quando comparados com aqueles feitos com partículas maiores. Segundo os autores, as partículas menores são responsáveis por uma melhor uniformização do material e pela formação de menores espaços internos. Este fato pode ser observado para os painéis produzidos apenas com partículas de paricá, que apresentaram menor coeficiente de esbeltez, contribuindo para maior ligação interna.

Naumann et al. (2008), estudando painéis de eucalipto e paricá, verificaram que a resistência à tração perpendicular foi superior ao valor mínimo estabelecido na norma ANSI/A-208.1.1993 (0,10 a 0,15 Mpa). No presente trabalho, observou-se que os valores médios encontrados para os painéis produzidos com partículas de vassoura e paricá e aqueles produzidos com eucalipto e paricá ultrapassaram o valor mínimo exigido pela norma ANSI/A-208.1.1993, que estabelece valores acima de 0,40 MPa.

Observa-se na Tabela 9 que houve efeito significativo do teor de adesivo para a tração perpendicular dos painéis. Verificou-se aumento da resistência à tração perpendicular com o aumento do teor de adesivo de 6% para 8%. Os valores médios encontrados para os painéis produzidos ficaram acima do valor mínimo exigido pela norma ANSI/A 208.1/93.

Iwakiri et al. (2000a), ao estudarem a influência de dois teores de adesivo na produção de painéis de três espécies de eucalipto, verificaram que o aumento no teor de adesivo contribuiu para aumentar a ligação interna dos painéis de aglomerado. De acordo com os autores, este incremento de resistência foi atribuído à maior disponibilidade de adesivo por unidade de área das partículas, melhorando a adesão entre elas.

Iwakiri et al. (2004) observaram aumento na ligação interna com o aumento do teor de adesivo nos painéis de madeira aglomerada. Outra constatação feita pelos autores refere-se ao aumento na ligação interna para painéis com maior densidade, comprovando a influência da maior compactação das partículas na qualidade de adesão

entre elas. Este fato pode ser verificado na Tabela 8 para os painéis produzidos com 100% de partículas de paricá na composição eucalipto x paricá.

Iwakiri et al. (2005b) verificaram que os painéis produzidos com 12 e 15% de adesivo melamina ureia-formaldeído apresentaram valores médios de ligação interna estatisticamente superiores aos painéis produzidos com 8% de adesivos de uréia e melamina uréia-formaldeído. Segundo estes autores, os resultados mostraram que um aumento na densidade do painel deve ser acompanhado de um aumento no teor de adesivo, tendo em vista que a área superficial das partículas será maior nos painéis com maior densidade. A mesma tendência foi observada neste trabalho para os painéis produzidos com 6% e 8% de uréia-formaldeído. A relação direta existente entre a densidade do painel, teor de adesivo e ligação interna é relatada por diversos autores, entre os quais, Moslemi (1974), Kelly (1977) e Maloney (1993). Esta relação foi observada no presente trabalho para a tração perpendicular.

Santos (2008) observou que os painéis produzidos com 12% de adesivo de uréia-formaldeído apresentaram, de modo geral, maiores valores de ligação interna em relação aos produzidos com 8%.

4.6.2. Flexão estática (MOR e MOE)

4.6.2.1. Módulo de ruptura (MOR)

Os resultados da análise de variância indicaram efeito significativo da composição dos painéis para o módulo de ruptura (MOR) para todos os painéis, conforme pode ser observado na Tabela 8. Não houve efeito significativo da interação composição dos painéis x teor de adesivo para o módulo de ruptura.

Os valores médios apresentados na Tabela 8 mostram que somente os painéis produzidos apenas com partículas de eucalipto apresentaram valores abaixo da norma ANSI/A 208.1/93, que estabelece o valor mínimo de 12,5 MPa para painéis de madeira aglomerada de média densidade. Verificou-se, ainda, que os painéis produzidos com 100% de partículas de paricá foram significativamente mais resistentes que os painéis produzidos com outras composições.

Santos (2008) observou efeito significativo entre teor de adesivo e porcentagem de substituição para MOR de painéis produzidos com eucalipto e candeia, o que não foi observado neste trabalho.

Para os painéis produzidos com partículas de vassoura e eucalipto, observou-se que, aumentando a porcentagem de vassoura, houve aumento do módulo de ruptura até a adição de 75%. Os painéis produzidos apenas com partículas de eucalipto e os produzidos apenas com vassoura não diferiram entre si, apresentando os menores valores médios de MOR. Verificou-se que os painéis produzidos com 25% de vassoura e 75% eucalipto foram estatisticamente iguais aos painéis produzidos com 100% de vassoura. De acordo com Maloney (1989), a resistência e a rigidez à flexão estática são influenciadas pelo tamanho das partículas, o que pode ter contribuído neste trabalho para maior resistência dos painéis produzidos com partículas de vassoura que apresentam maior coeficiente de esbeltez, além do efeito da taxa de compactação.

De modo geral, observou-se, para os painéis produzidos com vassoura e paricá e aqueles produzidos com eucalipto e paricá, que, aumentando a porcentagem de paricá nestas composições, ocorreu aumento do módulo de ruptura dos painéis. Lehmann (1974) verificou diminuição nos valores de MOR com aumento da espessura das partículas quando todas as outras variáveis do processo foram mantidas constantes. Este fato pode ser observado neste trabalho para os painéis produzidos com partículas de eucalipto e paricá. As partículas de eucalipto, sendo mais espessas em relação às partículas de paricá, resultaram em menores valores de MOR para painéis produzidos com maior porcentagem de eucalipto.

Vidaurre et al. (2004), produzindo painéis de partículas “strand” e maravalhas a partir de *Schizolobium parahyba* (guapuruvu) e *Erytrina verna* (mulungu) e suas combinações, verificaram que os melhores resultados para MOR foram obtidos pelos tratamentos compostos por guapuruvu. Segundo estes autores, isto aconteceu devido ao fato de que a madeira de mulungu, por apresentar menor densidade e, conseqüentemente, maior área superficial específica das partículas que aquelas apresentadas pelas partículas de guapuruvu, proporcionou uma maior dispersão do adesivo e, conseqüentemente, uma menor adesão entre as partículas. No presente trabalho, os painéis produzidos somente com paricá, madeira de menor densidade, apresentaram maiores valores para MOR, o que difere do resultado encontrado pelos

autores, mostrando que a densidade dos painéis tem influência positiva no módulo de ruptura. Os maiores valores de MOR foram obtidos para os painéis de maior densidade, conforme pode ser visto nas Tabelas 6 e 8.

Segundo Geimer e Price (1978), as propriedades de flexão estática dos painéis aumentam diretamente com o comprimento das partículas devido às características geométricas das próprias partículas e sua capacidade em suportar esforços de flexão. Observou-se, para os painéis produzidos com vassoura e eucalipto, efeito positivo do comprimento das partículas: quanto maior a quantidade de partículas de vassoura, maior foi o módulo de ruptura.

Vital et al. (1992), em seus estudos sobre o efeito da geometria da partícula, constataram que não houve tratamento que melhorasse simultaneamente todas as propriedades mecânicas e a estabilidade dimensional dos painéis. No entanto, observaram que, mantendo constantes as demais variáveis, o aumento da espessura das partículas resultou sempre na redução dos valores relacionados à flexão estática. De acordo com os autores citados, partículas mais finas distribuem melhor as tensões, além de produzirem menor quantidade de espaços vazios no interior dos painéis, tornando-os mais resistentes. Estabelecem, ainda, que, para produzir painéis mais rígidos, resistentes à flexão e com maior estabilidade dimensional, é necessário empregar partículas mais finas.

Haselein et al. (2002) observaram que o aumento na espessura das partículas provocou uma redução nos valores do módulo de ruptura dos painéis produzidos. Peixoto e Brito (2000) descreveram que as propriedades de flexão estática são inversamente proporcionais à espessura das partículas. Era esperado que os painéis produzidos apenas com partículas de vassoura, que possuem maior comprimento, apresentassem maiores valores para MOR, entretanto, o envelhecimento destas partículas diminuiu a resistência para esta propriedade mecânica.

O módulo de ruptura também é afetado pelo teor de umidade dos painéis. Wu (1998) verificou que os valores dos módulos de ruptura diminuíram com o aumento do teor de umidade dos painéis. No presente trabalho, este fato pode ser observado para os painéis produzidos com partículas de vassoura e paricá.

O módulo de ruptura também é afetado pela densidade do painel, ou seja, um aumento na densidade dos painéis resulta em aumento do módulo de ruptura. Esse

aumento na resistência dos painéis, devido à elevação da taxa de compactação, é causado pelo aumento dos pontos de contato entre as partículas, conforme tem sido demonstrado por vários pesquisadores (LEHMANN, 1974; WU, 1999). Neste trabalho, o aumento da densidade dos painéis favoreceu o aumento dos valores de MOR nos painéis produzidos com partículas de eucalipto e paricá.

Em pesquisa realizada por Naumann et al. (2008), com painéis de eucalipto e paricá, foi observado aumento nos valores de MOR quando se utilizaram partículas com maior coeficiente de esbeltez. Esta tendência não foi observada no presente trabalho.

A análise de variância indicou que não houve efeito significativo do teor de adesivo sobre o módulo de ruptura, porém os painéis produzidos com 8% de adesivo obtiveram maior resistência.

Os valores médios apresentados na Tabela 9 mostraram que os painéis apresentaram valores acima da norma ANSI/A 208.1/93, que estabelece o valor mínimo de 12,5 Mpa para painéis de madeira aglomerada de média densidade.

Santos (2008) verificou que os maiores valores foram alcançados para MOR quando os painéis foram confeccionados com 25% de resíduos da madeira de candeia associados a 12% de adesivo. Iwakiri et al. (2000a) encontraram diferenças significativas para MOR, ao estudarem o comportamento de dois teores de adesivo uréia-formaldeído (8 e 12%) em painéis confeccionados com três diferentes espécies de eucalipto, sendo os produzidos com 12% de adesivo significativamente superiores em todos os tratamentos.

Iwakiri et al. (2004), estudando o comportamento da madeira de *Grevillea robusta* na confecção de painéis de aglomerados, utilizando dois teores de adesivo uréia-formaldeído (6 e 8%) e duas densidades diferentes, encontraram uma tendência de aumento nos valores médios do MOR com o incremento no teor de adesivo de 6 para 8%.

4.6.2.2. Módulo de Elasticidade (MOE)

Os resultados da análise de variância indicaram que houve efeito significativo da composição dos painéis para o módulo de elasticidade (MOE), como se pode observar

na Tabela 8. Ocorreu, também, efeito significativo da interação entre a composição dos painéis e o teor de adesivo para os produzidos com partículas de vassoura e eucalipto.

Na Tabela 8, os valores médios mostram que os painéis produzidos com 100% de partículas de paricá, 25% de partículas de vassoura / 75% de partículas de paricá, 50% de partículas de vassoura / 50% de partículas de paricá, 25% de partículas de eucalipto / 75% de partículas de paricá e 50% de partículas de eucalipto / 50% de partículas de paricá apresentaram valores acima da norma ANSI/A 208.1/93, que estabelece valor mínimo de 1900 MPa para painéis de madeira aglomerada de média densidade. Verificou-se, também, que os painéis constituídos por partículas de vassoura e eucalipto não atingiram o valor mínimo estabelecido pela norma.

Santos (2008) encontrou efeito significativo entre as fontes de variação teor de adesivo e porcentagem de substituição. Neste trabalho, observou-se efeito significativo das porcentagens de substituição por vassoura, eucalipto e paricá sobre o MOE.

De modo geral, não houve diferenças significativas no módulo de elasticidade dos painéis produzidos com partículas de vassoura e eucalipto; no entanto, ressalta-se que os produzidos com 100% de partículas de eucalipto e 100% de partículas de vassoura foram os que apresentaram os menores valores de rigidez.

Verificou-se, nos painéis constituídos por partículas de vassoura e paricá, que, de modo geral, a adição de paricá acarretou aumento no módulo de elasticidade. Os painéis produzidos apenas com partículas de paricá apresentaram os maiores valores para MOE, diferindo dos demais, à exceção daqueles constituídos com 75% paricá e 25% vassoura.

Observou-se que os menores valores médios encontrados para o MOE foram para os painéis produzidos com 100% de partículas de vassoura, isto pode ser atribuído ao envelhecimento das partículas de vassoura na etapa de formação do colchão, dificultando sua homogeneidade, contribuindo para a formação de espaços vazios, devido à má distribuição das partículas dentro do colchão.

Para os painéis constituídos por partículas de eucalipto e paricá, observou-se que, aumentando a porcentagem de eucalipto na composição das partículas, ocorreu diminuição do MOE. Os maiores valores médios encontrados para MOE foram para os painéis produzidos com 100% de partículas de paricá. Isso provavelmente se deve à menor densidade da madeira, sendo necessário elevar a taxa de compactação. Com isso,

à medida que se adicionaram partículas de paricá, aumentou-se a compactação dos painéis e elevou-se, conseqüentemente, o módulo de elasticidade. Naumann et al. (2008) encontraram a mesma tendência em relação ao MOE para os painéis produzidos somente com paricá.

O módulo de elasticidade, também, é afetado pelo teor de umidade dos painéis. Wu (1998) mostrou que os valores de MOE diminuíam com o aumento do teor de umidade dos painéis. No presente trabalho, este fato foi observado nos painéis produzidos com partículas de vassoura e paricá.

Observa-se na Tabela 9 que o teor de adesivo teve efeito significativo sobre o módulo de elasticidade. O aumento no teor de adesivo contribuiu para aumentar os valores de MOE dos painéis, os quais apresentaram valores acima da norma ANSI/A1-280/93, que estabelece valor mínimo de 1900 MPa para painéis de madeira aglomerada de média densidade.

Iwakiri et al. (2004), estudando o comportamento da madeira de *Grevillea robusta* na confecção de painéis de aglomerados, utilizando dois teores de adesivo ureia-formaldeído (6 e 8%) e duas densidades diferentes, encontraram uma tendência ao aumento nos valores médios do MOE com o incremento no teor de adesivo de 6 para 8%.

Santos (2008) verificou os maiores valores para MOE nos painéis confeccionados com 25% de resíduos da madeira de candeia, associado a 12% de adesivo.

4.6.3. Dureza Janka (MPa)

A Tabela 8 apresenta os valores médios para a dureza Janka. Observou-se que houve efeito significativo da composição dos painéis para esta propriedade, exceto para aqueles produzidos com partículas de vassoura e paricá. Não ocorreu efeito significativo entre a composição dos painéis e o teor de adesivo.

Foi verificado que, independentemente da composição das partículas, todos os painéis apresentaram valores médios acima do mínimo exigido pela norma ANSI/A1-280/93, que estabelece valores maiores que 22,70 MPa. Rios (2007), avaliando o potencial de painéis de aglomerado, produzidos com *Kielmeyera coriacea* (pau-santo),

observou que todos os painéis produzidos apresentaram valores inferiores ao mínimo exigido (22,7 Mpa).

Não houve efeito significativo da composição dos painéis produzidos com partículas de vassoura e paricá para dureza Janka.

Observou-se, de modo geral, para os painéis produzidos com partículas de vassoura e eucalipto, que os mesmos não diferiram entre si. E apesar de não apresentarem diferenças significativas, os painéis produzidos com 100% de partículas eucalipto apresentaram menor resistência. Verificou-se, também, que à medida que se aumentou a porcentagem de partículas de vassoura, aumentou a dureza dos painéis, exceto para aqueles produzidos apenas com partículas de vassoura. Este fato pode ser atribuído à maior área superficial da partícula de vassoura, contribuindo para melhor resistência superficial do painel quando submetido ao teste de dureza Janka.

Avaliando o efeito da composição das partículas dos painéis produzidos com eucalipto e paricá, observou-se que os valores de dureza Janka obtidos para aqueles produzidos com 25, 50 e 75% de partículas de paricá na composição não diferiram entre si. Verificou-se que os painéis produzidos apenas com partículas de paricá e aqueles produzidos com 100% de partículas de eucalipto foram estatisticamente diferentes entre si. Observou-se para esta composição que os maiores valores médios obtidos para dureza foram para os painéis produzidos com 100% de partículas de paricá, sendo estes mais resistentes.

Não houve efeito significativo do aumento do teor de adesivo para a dureza Janka, como se pode observar na Tabela 9, porém os painéis produzidos com 8% de adesivo apresentaram os maiores valores médios.

Os painéis apresentaram valores médios acima do mínimo estabelecido pela norma ANSI/A1-280/93 que estabelece valores maiores que 22,70 MPa.

4.6.4. Arrancamento de parafuso (N)

Na Tabela 8, verifica-se que houve efeito significativo da composição dos painéis para arrancamento de parafuso, apenas para os painéis produzidos com partículas de eucalipto e paricá.

Verificou-se que os painéis produzidos com 100% de partículas de paricá e 100% de partículas de eucalipto foram estatisticamente diferentes entre si. Os painéis produzidos apenas com partículas de paricá apresentaram os maiores valores médios de resistência ao arrancamento de parafuso. Isso pode ser atribuído ao aumento da taxa de compactação decorrente do percentual de partículas de paricá, reduzindo os espaços vazios entre as partículas com o aumento da compactação do material.

Os painéis produzidos com 100% de partículas de eucalipto apresentaram os menores valores médios para arrancamento de parafuso. Cabral (2005) verificou a mesma tendência para os painéis produzidos apenas com partículas de eucalipto (*Eucalyptus grandis*), encontrando valor médio correspondente a 1175 N.

Observou-se que todos os painéis produzidos com partículas de eucalipto e paricá ultrapassaram o valor mínimo exigido pela norma ANSI/A 208.1/93, que estabelece valores acima de 900 N.

Dacosta et al. (2005), avaliando a qualidade de painéis de partículas aglomeradas fabricadas com resíduos do processamento mecânico da madeira de *Pinus elliottii*, observaram que o aumento da densidade dos painéis conferiu maior resistência para o teste de arrancamento de parafusos. Este fato pode ser observado para os painéis produzidos com partículas de eucalipto e paricá, sendo que os produzidos apenas com partículas de paricá apresentaram maior densidade e, portanto, maior resistência ao arrancamento de parafusos.

Verifica-se na Tabela 9 que não houve efeito significativo do aumento no teor de adesivo para o arrancamento de parafuso. Entretanto, observou-se que os painéis produzidos com 8% de adesivo apresentaram maior valor médio.

Os painéis produzidos com 6% e 8% de adesivo apresentaram valores acima do valor mínimo exigido pela norma ANSI/A 208.1/93.

4.8. Composição dos painéis x teor de adesivo

4.8.1. Módulo de elasticidade

A Tabela 10 e a Figura 5 apresentam os valores médios do módulo de elasticidade em função da composição das partículas e do teor de adesivo.

Tabela 10: Valores médios para MOE (MPa) em função dos teores de adesivo e composição das partículas.

| Teor de adesivo (%) | Composição Vassoura x Eucalipto (%) | | | | |
|---------------------|-------------------------------------|------------|------------|-------------|------------|
| | 0 x 100 | 25 x 75 | 50 x 50 | 75 x 25 | 100 x 0 |
| 6 | 1273,52 Aa | 1285,22 Ab | 1381,46 Aa | 1538,03 Aa | 1261,27 Aa |
| 8 | 1494,10 ABa | 1925,18 Aa | 1715,07 Aa | 1503,64 ABa | 1047,04 Ba |

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Na Figura 5, observa-se que, aumentando o teor de adesivo e a porcentagem de vassoura, ocorreu um aumento do módulo de elasticidade dos painéis, exceto para os produzidos com 75% de vassoura / 25% de eucalipto, e 100% de vassoura. Isso se deve, provavelmente, a geometria das partículas de vassoura e eucalipto e à desuniformidade na formação do colchão. A partícula de vassoura por ser fina e comprida possui área superficial maior, ao contrário da partícula de eucalipto que é espessa e curta. As partículas de vassoura receberam maior quantidade de adesivo, o que contribuiu para seu envelhecimento na etapa de formação do colchão, resultando na desuniformidade do colchão e em menores valores de MOE ao se aumentar a porcentagem de vassoura no painel.

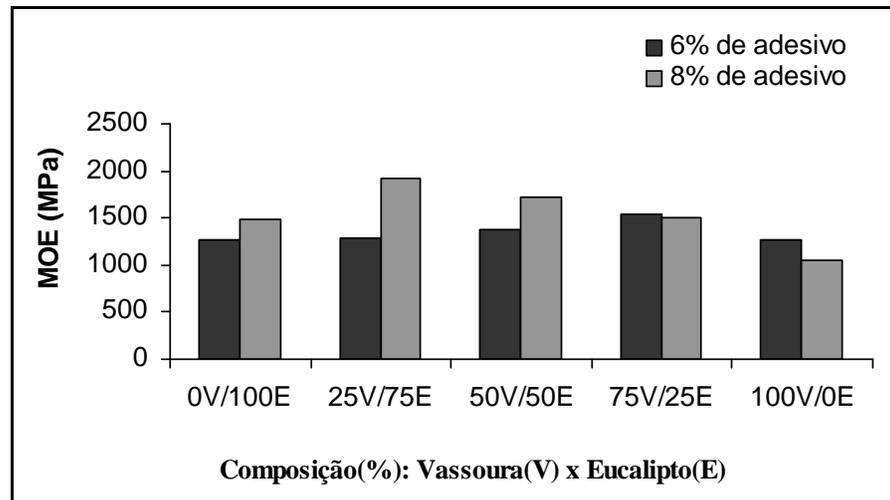


Figura 5: Valores médios do Módulo de Elasticidade (MOE) em função da composição das partículas (vassoura x eucalipto) utilizando 6% e 8% de adesivo.

Verificou-se diferenças significativas nos valores médios do MOE para os painéis produzidos com 25% de vassoura / 75% de eucalipto, ao aumentar o teor de adesivo de 6 para 8%, conforme a Tabela 10. Para os painéis produzidos com 6% de adesivo, não houve efeito significativo da composição das partículas, ou seja, esses painéis não diferiram entre si. Verificou-se para os painéis produzidos com 8% de adesivo que a adição de 25, 50 e 75% de eucalipto à composição do painel acarretou um aumento no módulo de elasticidade. Esses painéis não diferiram significativamente entre si.

Iwakiri et al. (2000b) não encontraram diferença estatisticamente significativa entre os painéis produzidos com 8 e 12% de adesivo. Segundo os autores, os painéis de *E. grandis* produzidos com 8% de adesivo apresentaram valores médios do MOE estatisticamente superiores aos painéis de *E. tereticornis* e mistura de espécies.

Iwakiri et al. (2004), estudando o comportamento da madeira de *Grevillea robusta* na confecção de painéis aglomerados, com dois teores de adesivo uréia-formaldeído (6 e 8%) e duas densidades diferentes, verificaram uma tendência ao aumento nos valores médios do MOE com o incremento no teor de adesivo de 6 para 8%.

Santos (2008) encontrou efeito significativo entre as fontes de variação teor de adesivo e porcentagem de substituição. O autor verificou que apenas houve efeito das porcentagens de substituição sobre o módulo de elasticidade quando foi utilizado 12% de adesivo, independentemente do tipo de madeira.

5. CONCLUSÕES

Os resultados experimentais mostraram que o aumento no teor de adesivo na produção dos painéis de aglomerado contribuiu para melhorar algumas propriedades físicas e mecânicas.

O aumento no teor de adesivo contribuiu para melhorar as propriedades físicas de absorção de água e inchamento em espessura após duas e vinte quatro horas de imersão.

O aumento no teor de adesivo contribuiu para melhorar a resistência à tração perpendicular e o módulo de elasticidade dos painéis.

Conclui-se que o incremento de partículas de vassoura nos painéis teve efeito diferenciado em função das espécies utilizadas.

O incremento da porcentagem de partículas de vassoura aos painéis produzidos com eucalipto não afetou a resistência à tração perpendicular, arrancamento de parafuso e dureza Janka.

O incremento da porcentagem de partículas de vassoura aos painéis produzidos com paricá não afetou a resistência à dureza Janka e ao arrancamento de parafuso.

O incremento da porcentagem de partículas de vassoura aos painéis produzidos com paricá não afetou a densidade aparente e a absorção de água após vinte quatro horas de imersão.

Os painéis produzidos com partículas de vassoura absorveram mais água e por consequência obtiveram maior inchamento em espessura, sendo os mesmos não recomendados para ambientes com alto teor de umidade .

A interação entre a composição dos painéis e o teor de adesivo somente foi significativa para o módulo de elasticidade nos painéis produzidos com vassoura e eucalipto.

O envelhecimento das partículas de vassoura, a má formação do colchão e sua não homogeneidade durante o processo de confecção dos painéis e a taxa de compactação afetaram algumas propriedades físicas e mecânicas, no entanto concluiu-se que o gênero *Sida* apresenta potencial para produção dos painéis de aglomerado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAF. Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas. **Anuário estatístico da ABRAF** - ano base 2008, 2009. Disponível em: < www.abraflor.org.br>. Acesso em: 06 jun. 2009.
- ALENCAR, G.S.B.; BARRICHELO, L.E.G.; JUNIOR, F.G.S. Qualidade da madeira de híbrido de *E. grandis* x *E. urophylla* e seleção precoce. In: 35º CONGRESSO E EXPOSIÇÃO ANUAL DE CELULOSE E PAPEL (ESALQ - Universidade de São Paulo) 2002, São Paulo. Disponível em: < <http://www.wabtcp.com.br>>. Acesso em: 22 jan. 2007.
- AMERICAN NATIONAL STANDARD – ANS. **Mat-formed wood particleboard**: Specification ANSI/A 208.1. 1993. Gaithersburg: National Particleboard Association, 1993. 9p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Chapas de madeira aglomerada – métodos de ensaio**. ABNT. NBR 14810-3. Março, 2002.
- BACCHI, O.; LEITÃO FILHO, H.F.; ARANHA, C. **Plantas invasoras de culturas**. Círculo do Livro. Campinas, SP, vol.1, 1982. 291p.
- BARRICHELO, L.E.G.; BRITO, J.O. **A madeira das espécies de eucalipto como matéria-prima para a indústria de celulose e papel**. Brasília/DF, PRODEPEF, 1976. 145p. (Série de Divulgação n. 13).
- BARRICHELO, L.E.G.; BRITTO, J.O. **Química da Madeira** - Manual Didático - Centro Acadêmico “Luiz de Queiróz”. USP - Piracicaba. 1989.

BATISTA, D. C. et al. Fabricação de aglomerado de três camadas com madeira de *Pinus elliottii* Engelm. e casca de *Eucalyptus pellita* F. Muel. **Revista Cerne**, v.13, n.2, p.178-187, 2007.

BIANCHE, J. J. Efeito da idade na constituição química da madeira do paricá (*Schizolobium amazonicum* (Huber) Ducke). 2007. 42 p. **Monografia**. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2007.

BIBLIS, E. J. Properties of commercial OSB from three southern pine mills. **Forest Products Journal**, 39(1), p. 55-57, 1989.

BRASIL, A.A.; ANGELO, H.; SANTOS, A. J.; BERGER, R.; SILVA, J. C. G. L. Demanda de exportação de painéis de madeira do Brasil. **Revista Floresta**, v. 33, n.2, p. 135-146, 2002.

BRITO, E.O. **Produção de chapas de partículas de madeira a partir de maravalhas de *Pinus elliotti* plantado no sul do Brasil**. 1995. 123p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal)- Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1995.

BRITO, E. O.; SILVA, G. C. Propriedades de chapas de partículas produzidas a partir de *Gmelina arborea* Linn. e *Samanea saman* (Jacq.) Merr. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 9, n. 1, p.127-134, jan./dez. 2002.

BRITO, E. O.; SÁ-ROCHA, J. D.; VIDAURRE, G. B.; BATISTA, D. C.; PASSOS, P. R. A.; MARQUES, L. G. da. C. Propriedades de chapas produzidas com resíduos do fruto de coco e partículas de *Pinus*. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 11, n. 2, p. 1-6, 2004.

BRITO, E. O.; BATISTA, D. C.; VIDAURRE, G. B.; SAMPAIO, L. C. Chapas de madeira aglomerada de uma camada de *Pinus elliottii* Engelm com adição das cascas de *Eucalyptus pellita* F.Muell. **Revista Cerne**, Lavras, v. 11, n. 4, p. 369-375, out./dez. 2005.

BRITO, E.O.; SAMPAIO, L. C.; OLIVEIRA, J. N.; BATISTA, D. C. Chapas de madeira aglomerada utilizando partículas oriundas de madeira maciça e de maravalhas. **Scientia Forestalis**, Seropédica, n. 72, p. 17-21, dezembro 2006.

BURGER, L.M. & RICHTER, H.G. **Anatomia da madeira**. São Paulo/SP, Nobel S/A, 1991. 154p.

BRUMBAUGH, J. Effect of flake dimensions on properties of particle boards. **Forest Products Journal**, Madison May: 243-246. 1960.

CABRAL, C. P. T. **Propriedades de chapas tipo aglomerado e OSB, fabricadas com partículas e flocos de madeira de *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus urophylla*, *Eucalyptus cloeziana* e *Pinus elliottii***. 2005, 92 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2005.

- CALDERAN, C. Vassoura (*Sida sp.*). Disponível em:
<www.jardineiro.net/br/banco/sida_sp.php>. Acesso em: 8 dezembro de 2007.
- CALEGARI, L.; HASELEIN, C. R.; HACK, C.; GATTO, D. A.; BARROS, M. V.; SANTINI, E. J. Monitoramento da temperatura no interior de chapas aglomeradas durante o processo de prensagem. **Ciência Florestal**, vol. 15, n. 2, pp. 157-166, 2005.
- CARNEIRO, A. C. O. **Efeito da hidrólise ácida e sulfitação de taninos de *Eucalyptus grandis* w. hill ex maiden e *Anadenanthera peregrina* spg., nas propriedades dos adesivos**. 2006, 182 p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2006.
- CERNYSEVA, V. A. ; PETRI, V. N. Decay resistance of lignocarbhydrate hotpresses sheets made from chipped Spruce logging slash and Birch and Aspen sawdust. **Arhangel' sk**. v 11, n.5, p. 89-91, 1968.
- CHEN, Y; POPOWITZ, B. A.; GERTJEJANSEN, R. O.; RITTER, D. C. Paper birch as a core material for aspen oriented strand board and waferboard. **Forest Products Journal**, 42(1):21-24. 1992.
- CHIRASATITSIN, S.; PRASERTSAN, S.; WISUTMETHANGOON, W.; KYOKONG, B. Mechanical properties of rubberwood oriented strand lumber. **Songklanakarin Journal of Science and Technology** , v. 27, n. 5, p. 1047-1055, 2005.
- COLI, A. **Caracterização da madeira de paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex. Ducke) e propriedades de chapas de partículas aglomeradas com diferentes proporções de fibra de coco (*Cocus nucifera* L.)**. 2007. 50 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2007.
- COLODETTE, J. L. **Química da Madeira Apostila Teórica**. 2001. 196 p.
- COLODETTE, J. L.; CARVALHO, A. M. L. **Química da Madeira Apostila Prática**. 2004. 44 p.
- COMMERCIAL STANDARD C.S. 236-66. Matformed wood particleboard. 1968.
- COPANT. Description del características generales, macroscopicas de las maderas angiospermas dicotiledoneas. Copant, v.30, p. 1-19, 1974.
- DACOSTA, L. P. E.; HASELEIN, C. R.; SANTINI, E. J.; SCHNEIDER, P. R.; CALEGARI, L. Propriedades físicas de chapas de partículas aglomeradas fabricadas com resíduos de processamento mecânico da madeira de *Pinus elliotii* Egelm. **Ciência Florestal**, 2005, vol.15, n.4, p. 421-429. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Brasil.
- DADSWELL, H.E. The anatomy of eucalypt wood. Melbourne. Forest Products Laboratory, Csiro, n.66, p. 1-28. 1972.

EL-OSTA, M.L.M.; E.L-MORSHEDY, M.M.; MEGAHED, M.M. Properties of particleboard made from Casuarina and Willow mixtures. **Proceedings of 28th internacional particleboard /composite materials symposium**, Pullmann, 1994, p.281-288.

ELEOTÉRIO, J.R. **Propriedades físicas e mecânicas de painéis MDF de diferentes densidades e teores de resina**. 2000. 121 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2000.

EVANGELISTA, W. V. **Caracterização da madeira de clones de *Eucalyptus camaldulensis* Dehn e *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake, oriunda de consórcio agrossilvipastoril**. 2007. 120 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2007.

FAGUNDES, H.A.V. **Diagnóstico da produção de madeira serrada e geração de resíduos do processamento de madeira de florestas plantadas no Rio Grande do Sul**. 2003. 180p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

FLORSHEIM, S.M.B. **Variações da estrutura anatômica e densidade básica da madeira de árvores de aroeira *Myracrodruon urundeuva* F.F. & F. Allemão (Anarcadiaceae)**. 1992. 252p. (Dissertação - Mestrado) Piracicaba: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" .

FOREST PRODUCTS LABORATORY - 1958 - Pulping and papermaking experiments on ***Eucalyptus***. Madison, FLP.

FORZANI, R. R. Caracterização mecânica e anatômica da madeira *Shizolobium amazonicum* (Huber) Ducke (paricá). 2007. 63 p. **Monografia**. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2007.

GEIMER, R. L.; PRICE, E. W. Construction variables considered in the fabrication of structural flakeboard. In: STRUCTURAL FLAKEBOARD FROM FOREST RESIDUES: SYMPOSIUM PRESENTED BY THE USDAFOREST SERVICE, 1978, Kansas City. **Proceedings...** Washington: Forest Service. Department of Agriculture, 1978. p.69-80.

GHERSA, C.M.; HOLT, J.S. Using phenology prediction in weed management: a review. *Weed Research*, Oxford, v.35, n.6, p.461-470, 1995.

GOLDSCHIMID, O. Ultraviolet spectra. In: SARKANEN, K. V.; LUDWING, C. H. (Eds) **Lignins**. New York: Wiley Interscience, 1971. p. 241-266.

GOMIDE, J. L.; DEMUNER, B.J. Determinação do teor de lignina em material lenhoso: método Klason modificado. **O PAPEL**, v. 47, n.8, p.36-38, 1986.

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.*). 1989. 75 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1989.

HASELEIN, C. R.; CALEGARI, L.; BARROS, M.V.; HACK, C.; HILLIG, E.; PAULESKI, D.T.; POZZERA, F. Resistência mecânica e à umidade de painéis aglomerados com partículas de madeira de diferentes dimensões. **Ciência Florestal**, v.12, n.2, p. 127-134, 2002.

HATA, T.; SUBIYANTO, B.; KAWAI, S.; SASAKI, H. Production of particleboard with steam-injection. **Wood Science and Technology**, Berlin, n. 23, p. 361-369. 1989.

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

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

HILLIS, W.E.; BROWN, A.G. **Eucalyptus for wood production**. Adelaide: CSIRO, 1978, 434 p.

HOOVER, W. L.; HUNT, M. O.; LATTANZI, R. C.; BATEMAN, J. H.; YOUNGQUIST, J. A. Modeling mechanical properties of single -layer, aligned, mixed-hardwood strand panels. **Forest Products Journal**, 42(5):12-18. 1992.

HSE, C.; KUO, M. Influence of extractives on Wood gluing and finishing – a review. **Forest Products Journal**, v.38, n.1, p.52-55, 1988.

IWAKIRI, S. **A influência de variáveis de processamento sobre propriedades de chapas de partículas de diferentes espécies de Pinus**. 1989. 129 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 1989.

IWAKIRI, S.; JÚNIOR, S.K. Utilização de diferentes espécies do gênero pinus para produção de painéis "waferboard". **IPEF**, n.43/44, p.65-69, jan./dez.1990.

IWAKIRI, S.; KLOCK, U.; ROCHA, M.P.; SEVERO, E.T.D.; RINCOSKI, C.R.; BORTOLETTO JUNIOR, G.; PIO, N.S. Mistura de espécies na produção de chapas de partículas estruturais "waferboard". **Revista do Setor de Ciências Agrárias**, Curitiba, v.14, n.1-2, p.107-114, 1995.

IWAKIRI, S.; LATORRACA, J.V.F.; SILVA, D. A.; GABARDO, J.L.; KLITZKE, R.J.; FOFANO JUNIOR, A.; FABROWSKI, F.; INTERAMENSE, M.T. Produção de chapas de partículas de madeira aglomerada de *Pinus elliottii* (Engelm) e *Eucalyptus dunnii*(Maid). **Revista do Setor de Ciências Agrárias**, Curitiba, v.15, n.1, p.33-41, 1996.

IWAKIRI, S.; CRUZ, C. R. da.; OLANDOSKI, D. P.; BRAND, M. A. Utilização de resíduos de serraria na produção de chapas de madeira aglomerada de *Eucalyptus saligna*, *Eucalyptus citriodora* e *Eucalyptus pilularis*. **Revista Floresta e Ambiente**, Universidade Federal do Paraná, v. 7, n. 1, p.251 - 256 jan./dez. 2000 a.

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

IWAKIRI, S.; SILVA, J. R. M. da.; MATOSKI, S. L. S.; LEONHARDT, 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, jan/dez. 2001.

IWAKIRI, S.; SHIMIZU, J.; SILVA, J. C.; DEL MENEZZI, C. H. S.; PUEHRINGER, C. A.; VENSON, I.; LARROCA, C. Produção de painéis de madeira aglomerada de *Grevillea robusta* A. Cunn. ex R. Br. **Rev. Árvore**, vol.28 n.6, Viçosa nov./dez. 2004.

IWAKIRI, S.; CAPRARA, A. C.; SAKS, D. C. O.; GUI SANTES, F. P.; FRANZONI, J. A.; KRAMBECK, L. B. P.; RIGATTO, P. A. Produção de painéis de madeira aglomerada de alta densificação com diferentes tipos de resinas. **Revista Ciências Florestais**, Paraná, n.68, p.39-43, 2005 a.

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

IWAKIRI, S. (Ed.). **Painéis de madeira reconstituída**. Curitiba: FUPEF, 2005. 247p.

KAWAI, S. & SASSAKI, H. Low density particleboard. Recent Research on Wood and Wood-based Materials. **Current Japanese Materials Research**. v.11, p.33-41. London. 1993.

KEINERT JR, S. Chapas de composição estruturais com reforço laminar. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 15, n.1, p.87-95, 1990.

KELLY, M. W. **Critical literature review of relationships between processing parameters and physical properties of particleboard**. USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep. FPL. Madison, v.10, 66p., 1977.

LEÃO, R. M. **A floresta e o homem**. São Paulo: Universidade de São Paulo: Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, 2000. 434 p.

LEHMANN, W. F. Properties of structural particleboards. **Forest Products Journal**, v.24, n. 1, p.19-26, 1974.

LIMA, C.K.P. **Avaliação da qualidade de juntas coladas da madeira de clones de *Eucalyptus***. 2006.76p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2006.

LINHARES, M. N. **Interação entre armazenamento e qualidade fisiológica de sementes de paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex. Ducke)**. 2000. 49p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Rural da Amazônia, A mazônia, 2000.

LORENZI H. **Manual de Identificação e de Controle de Plantas Daninhas: Plantio Direto e Convencional**. 5ed. Plantarum Ltda., Nova Odessa, SP, 2000 a. 339p.

LORENZI H. **Plantas Daninhas do Brasil: Terrestres, Aquáticas, Parasitas, Tóxicas e Medicinais**. 5. ed. Plantarum Ltda., Nova Odessa, SP, 2000 b. p.471-478.

MAGATON, A.S.; OLIVEIRA, R. de.; LOPES, O.R.; MILAGRES, F.R.; VELOSO, D.P.; COLODETTE, J.L. **Composição Química da Madeira de Espécies de Eucalipto**. In: Sociedade Brasileira de Química (SBQ) 29^a Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química, 2006.

MALAN, F.A. *Eucalyptus* improvement for lumber production. In: Seminário internacional de utilização da madeira de eucalipto para serraria, São Paulo, IPEF/IPT, **Anais ...**, São Paulo, IPEF/IPT, 05-06, abr., 1995. p.1-19.

MALLARI, V. C. JR.; KAWAI, S.; SASAKI, H.; SUBIYANTO, B.; SAKUNO, T. The manufacturing of particleboard I. Types of adhesives and optimum moisture content. **Journal of the Japan Wood Research Society**, Tokyo, v. 32, n. 6, p. 425-431. 1986.

MALONEY, T. M. **Modern particleboard and dry-process fiberboard manufacturing**. San Francisco: Miller Freeman Publications, 1989.

MALONEY, T. M. The family of wood composite materials. **Forest Products Journal**, Madison, v. 46, n. 2, p. 19-26, 1993.

MARRA, A.A. **Technology of wood bonding: principles and practice**. Nova York: Van Nostrand Reinhold, 1992. 454p.

MARTIM, B.; COSSALTER, C. Les Eucalyptus des îles de la sonde. Bois et Forêt des tropiques, 163: 3-25, 1975 a.

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.

MAXIMILIANO, P. W. N. **Viagem ao Brasil**. Belo Horizonte/São Paulo, Itatiaia/EDUSP, 1989.

MENDES, L.M.; ALBUQUERQUE, C.E.C.; IWAKIRI, S. A indústria brasileira de painéis de madeira. **Revista da Madeira**, Curitiba, n. 71, p. 12-20, 2003.

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

MICHAQUE, A. M. M. **Efeito da geometria das partículas e da densidade sobre as propriedades de painéis estruturais waferboards**. 1992. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1992.

MITLIN, L. Basic raw material for particleboard manufacture. **Particleboard manufacture and application**. Kent: Pressmedia Sevenoaks, 1968. p. 9-25.

MOREIRA, W. S. **Relações entre propriedades físico-mecânicas e características anatômicas e químicas da madeira**. 1999. 107p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1999.

MOSLEMI, A. A. **Particleboard: materials**. Southern Illinois: University Carbondale, 1974. v. 1, 244 p.

MURAKAMI, K. et al. Manufacture and properties of three-layered particleboards with oriented face strands of veneers I. **Japan Wood Science**, Tokyo, v.45, n.5, p.395-402, 1999.

NAKAMURA, R. M.; SOBRAL FILHO, M. Aglomerado de mistura de espécies tropicais da Amazônia. Brasília: **IBDF**, 1982. 7 p.

NAUMANN, R.B.; VITAL, B. R.; CARNEIRO, A. de. C. O.; DELLA LUCIA, R. M.; SILVA, J. de. C.; CARVALHO, A. M. M. L.; COLLI, A. Propriedades de chapas fabricadas com partículas de madeira de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake e de *Schizolobium amazonicum* Herb. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.32, n.6, p.1143-1150, 2008.

NIEKERK, I. A. V.; PIZZI, A. Characteristic industrial technology for exterior Eucalyptus particle board. **Holz als Roh und Werkstoff**, v.52, n.2, p.109-112, 1994. Resumo publicado no Forest Products Abstracts, 1994.

NOCE, R. **Competitividade da indústria brasileira de painéis de madeira no mercado internacional 1998 a 2002**. 2005. 74 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2005.

NOCK, H.P.; RICHTER, H.G. **Adesão e adesivos**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1978. 93p.

NUNES, W.H.; ANDRADE, A.M. de; BRITO, E.O. Produção de chapas de partículas do estipe de *Euterpe edulis* Martius (Palmeiteiro). **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v.6, n.1, p.95-105, 1999.

OKINO, E. Y. A.; TEIXEIRA, D. E.; SOUZA, M. R. de.; SANTANA, M. A. E.; SOUZA, M. E. de. Propriedades de chapas OSB de *Eucalyptus grandis* e de *Cupressus glauca*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 36, n. 78, p. 123-131, jun. 2008.

OLIVEIRA, Elisabeth de. **Características anatômicas, químicas e térmicas da madeira de três espécies de maior ocorrência no semiárido nordestino** . 2003. 122 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, 2003.

OLIVEIRA, J.T.S; FIEDLER, N.C.; NOGUEIRA, M. Tecnologias aplicadas ao setor madeireiro III. Subsetor de chapas e painéis. In: Simpósio Capixaba de Tecnologia da Madeira (I SINCATEM). Marechal Floriano - ES, 2008, p.21-22.

PEIXOTO, G. L; BRITO, E. O. Avaliação da granulometria de partículas de *Pinus taeda* combinadas com adesivos comerciais para a fabricação de aglomerados. **Floresta e Ambiente**, v.7, n.1, p.60-67, 2000.

PICHELIN, F.; PIZZI, A.; FRÜHWALD, A.; TRIBOULOT, P. Exterior OSB preparation technology at high moisture content - Part 1: Transfer mechanisms and pressing parameters. **Holz als Roh und Werkstoff**, v. 59, n. 4, p.256-265, 2001.

PRYOR, L.D. - 1971 - Aspectos da cultura do eucalipto no Brasil. **IPEF**, Piracicaba, (2/3): 53-9.

RAZERA, D. L. **Estudo sobre as interações entre as variáveis do processo de produção de painéis aglomerados e produtos moldados de madeira** . 2006. 144p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

RIBEIRO, I.S.A. **Análise do mercado internacional de compensado**. 2003. 177 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

RIOS, P. A. **Caracterização tecnológica e produção de painéis de cortiça de *Kielmeyera coriacea* (Pau-Santo)**. 2007. 85p. Tese (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2007.

RIZZARDI, M.A.; FLECK, N.G.; MUNDSTOCK, C.M.; BIANCHI, M.A. Perdas de rendimento de grãos de soja causadas por interferência de picão -preto e guanxuma. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, n.4, p.621-627, 2003.

RUY, O. F.; FERREIRA, M.; TOMAZELLO FILHO, M. Variação da qualidade da madeira entre grupos fenotípicos de clones de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blacke de Ilha de Flores, Indonésia. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, SP, n.60, p. 21-27, 2001.

SANTANA, M. A. E. , PASTORE J. F. Adesivo de tanino-formaldeído para aglomerados. Brasília. Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal, 1981. (Série técnica, 2).

SANTOS, R.C dos. **Aproveitamento de resíduos da madeira de candeia (*Eremanthus erythropappus*) para produção de chapas de partículas**. 2008. 159p. Tese (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2008.

SEKINO, N., IRLE, M. A. Particleboard hygroscopicity: its prediction and the influence of hot-pressing. **Journal of the Japan Wood Research Society**, Tokyo, v. 42, n. 1, p. 43-50. 1996.

SHIMOYAMA, V.R.S. **Variações da densidade básica e características anatômicas e químicas da madeira de *Eucalyptus* spp.** 1990. 93p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

SILVA, J. C.; XAVIER, B. A. Eucalipto: manual prático do fazendeiro florestal, produzindo madeira com qualidade. Viçosa, MG. 2006.65 p.

SILVA, J. de. C.; TOMAZELLO, M. F.; OLIVEIRA, J. T. da. S; CASTRO, V. R. de. Influência de idade e da posição radial nas dimensões das fibras e dos vasos da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden. **Revista Árvore**, vol. 31, n.6, Viçosa nov/dez. 2007.

SILVÉRIO, F.O.; BARBOSA, L.C.de.A.; GOMIDE, J.L.; REIS, F.P.; VELOSO, D.P. Metodologia de extração e determinação do teor de extrativos em madeiras de eucalipto. **Revista Árvore**, v.30, n.6, p.1009-1016, Viçosa, MG, 2006.

SKAAR, C. **Water in wood**. Syracuse: Syracuse University Press, 1972. 218p.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA (SBS). Fatos e Números do Brasil Florestal. Novembro de 2006. Disponível em: <<http://www.ipef.br/estatisticas/relatorios/SBS-2005.pdf>>. Acesso em: 14 abril de 2009.

SOUZA, D. B.; CARVALHO, G. S.; RAMOS, E. J. A. **Paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex. Ducke)**. Pará: Informativo Técnico Rede de Sementes da Amazônia, 2005. 2p.

STEGELMEIER B.L., James L.F., Panter K.E. & Molyneux R.J. 1995. Tissue and serum swainsonine concentrations in sheep ingesting *Astragalus lentiginosus* (locoweed). *Vet. Hum. Toxicol.* 37(4):336-339.

SUCHSLAND, O. Higroscopic thickness swelling and related properties of selected commercial particleboard. **Forest Products Journal**, v. 23, n. 7, p. 26-30, 1973.

SULEIMAN, B.M.; LARFELDT, J.; LECKNER, B.; GUSTAVSSON, M. Thermal conductivity of wood. **Wood Science and Technology**, v.33, n.6, p.465-473, 1999.

SUO, S.; BOWYER, J. L. Simulation modeling of particleboard density profile. **Wood and Fiber Science**, Madison, v. 26, n. 3, p. 397-411. 1994.

TECHINICAL ASSOCIATION OF THE PULP AND PAPER INDUSTRY – TAPPI.
Tappi test methods: 1992-1993. Atlanta, 1992.

TECHINICAL ASSOCIATION OF THE PULP AND PAPER INDUSTRY – TAPPI.
Preparation of wood for chemical analysis - Tappi T 264 cm-97. Atlanta: Tappi Press, 1997.

TEIXEIRA, L. C. Resíduos florestais: tecnologias disponíveis e suas tendências de uso. In: Seminário de produtos sólidos de madeira de eucalipto, 2., 2003, Belo Horizonte. **Anais...** Viçosa: UFV, 2003. p. 191-203.

TOKARNIA, C.H.; DOBEREINER, J.; PEIXOTO, P.V. **Plantas Tóxicas do Brasil**. 2000. Ed Helianthus, Rio de Janeiro. 310p. USDA. **USDA forest service**. Disponível em: <<http://www.fpl.fs.fed.us/documnts/fplrn/fplrn091.pdf>>. Acesso em: 19 maio 2006.

TOMAZELLO FILHO, M. Variação radial da densidade básica e da estrutura anatômica da madeira de *Eucalyptus globulus*, *E. pellita* e *E. acmenoides*. **IPEF**, Piracicaba, (36):35-42, 1987.

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

VIDAURRE, G. B.; SILVA, A.N.da.; ROCHA, J.D.de.S.; BRITO, E.O. Produção de chapas de partículas de madeira de duas espécies nativas da Mata Atlântica e suas combinações. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 14, n. 1, p. 235-242, 2004.

VIDAURRE, G.B.; VITAL, B.R.; ZANETI, L.; COLLI, A.; NAUMANN, R. Paricá, uma espécie promissora. **Revista da Madeira**, nº 97, ano 1, junho de 2006.

VITAL, B. R. **Effects of species and panel densities on properties of hardwood particleboard**. 1973. 111f. These (Master of Science - Forestry) - University of Wisconsin, Madison, 1973.

VITAL, B. R. **Métodos de determinação da densidade da madeira**. Viçosa: UFV, 1984. (Boletim técnico, 1).

VITAL, B. R.; HASELEIN, C. R.; DELLA LUCIA, R. M. Efeito da geometria das partículas nas propriedades das chapas de madeira aglomerada de *Eucalyptus grandis* (Hill ex-Maiden). **Revista Árvore**, v.16, n.1, p.88-96, 1992.

WEHR, T.R. **Variação nas características da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e suas influências na qualidade de cavacos em cozimentos Kraft**. 84p. 1991. Dissertação (Mestrado) Piracicaba, ESALQ/USP, 1991.

WILCOX, H. Interrelationship of temperature, pressure, and pressing time in the production of hardboard from Douglas-Fir fiber: The effects of these variables on hardboard properties. **Tappi**, v.36, n.2, p.89-94, 1953.

WU, Q. In-plane dimensional stability of oriented strand panel: effect of processing variables. **Wood and Fiber Science**.Madison, v.31, n. 1, p. 28 – 40. 1999.

ZOMBORI, B. G. **Modeling the transient effects during the hot -pressing of wood-based composites**. Tese (Ph.D.) - Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, Virginia, 2001.