



**ANTÔNIO CLARET DE MATOS**

**INFLUÊNCIA DE DIFERENTES COMPOSIÇÕES DE  
LÂMINAS DE *Schizolobium amazonicum* E *Pinus oocarpa* PARA  
PRODUÇÃO DE COMPENSADOS MULTILAMINADOS**

**LAVRAS - MG  
2018**

**ANTÔNIO CLARET DE MATOS**

**INFLUÊNCIA DE DIFERENTES COMPOSIÇÕES DE LÂMINAS DE  
*Schizolobiumamazonicum* E *Pinus oocarpa* PARA PRODUÇÃO DE COMPENSADOS  
MULTILAMINADOS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Biomateriais, área de concentração em Compósitos e nanocompósitos lignocelulósicos, para a obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. José Benedito Guimarães Junior  
Orientador

**LAVRAS - MG  
2018**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca  
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Matos, Antônio Claret de.

Influência de diferentes composições de lâminas de  
*Schizolobium amazonicum* e *Pinus oocarpa* para produção de  
compensados multilaminados / Antônio Claret de Matos. - 2018.  
45 p.

Orientador(a): José Benedito Guimarães Junior.

.  
Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de  
Lavras, 2018.

Bibliografia.

1. Painéis. 2. Multilaminados. 3. Compensados. I. Junior, José  
Benedito Guimarães. . II. Título.

**ANTÔNIO CLARET DE MATOS**

**INFLUÊNCIA DE DIFERENTES COMPOSIÇÕES DE LÂMINAS DE  
*Schizolobiumamazonicum* E *Pinus oocarpa* PARA PRODUÇÃO DE COMPENSADOS  
MULTILAMINADOS**

**INFLUENCE OF DIFFERENT STRUCTURAL COMPOSITIONS OF  
*Schizolobiumamazonicum* AND *Pinus oocarpa* FOR MULTI-LAMINATED PLYWOOD  
PRODUCTION**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Biomateriais, área de concentração em Compósitos e nanocompósitos lignocelulósicos, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 27 de abril de 2018  
Dr.<sup>a</sup> Juliana Ceccato Ferreira UFG/Jataí  
Dr. Lourival Marin Mendes UFLA

Prof. Dr. José Benedito Guimarães Junior  
Orientador

**LAVRAS - MG  
2018**

## AGRADECIMENTOS

Antes de qualquer coisa, quero agradecer a Deus pela vida, pela força e coragem durante toda esta longa caminhada, tornando possível a concretização de um sonho.

Aos meus queridos pais, Moacir e Nilza (*in memoriam*), pelo amor em mim depositado. Tudo isso foi possível porque eles me fizeram pessoa de bem, honrada e souberam me guiar até aqui.

Aos meus irmãos, Virginia, Eustáchio, Lurdinha, Tazinha e Nilson, pelo incentivo.

Às minhas filhas, Lays, Karina e Fabiana, pela amizade, carinho e por me tornarem capaz de enfrentar novos desafios, sabendo que vocês estarão sempre ao meu lado.

Às minhas netas, Sophia e Antonia, pelo amor incondicional e pelos momentos de alegria e descontração. Obrigado ainda, minhas pequenas, por não deixarem a criança que existe dentro de mim se ocultar, afinal, é preciso um pouco de inocência e alegria de criança para enfrentar a vida com leveza.

À Marlene, minha esposa, pela paciência, apoio e cuidados diários.

Ao professor José Benedito, pela paciência, dedicação e incentivo na orientação deste trabalho. Sem sua estimada ajuda não seria possível a conclusão deste. Agradeço ainda pela oportunidade, confiança e por todo conhecimento adquirido neste processo.

Aos professores Paulo Trugilho e Lourival Marin, pelo incentivo e amizade.

À professora Juliana Ceccato, membro da banca examinadora, pelo tempo e experiência concedidos para apreciação desse trabalho.

Aos amigos, Arley, Lorrán, Luciana, Maria Cecília, Douglas, Cilene, Chica, Raisal, Dani, pelo apoio e incentivo. E também à Narinha, Adriana, Claudine e Eunice que com carinho cuidam da limpeza de nosso ambiente de trabalho. E a muitas outras pessoas que contribuíram para a realização deste projeto.

Aos amigos da CTM e da UEPAM pelas trocas de experiência, momentos de lazer e apoio. Sem vocês esta etapa seria ainda mais difícil.

Aos meus amigos que fiz durante a vida, obrigada pelo apoio e amizade.

Ao Programa Pós-graduação em Engenharia de Biomateriais e à UFLA pela oportunidade de realizar esta pesquisa.

**Muito obrigado!**

## RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo avaliar as propriedades físicas e mecânicas de compensados multilaminados confeccionados com madeira de *Schizolobiumamazonicum* (paricá) e *Pinus oocarpa* (pinus), com utilização de diferentes adesivos. Os compensados foram produzidos com cinco lâminas, obedecendo à laminação cruzada, variando as camadas de lâminas entre as espécies de paricá (PA) e pinus (PI). Foram avaliados também os adesivos ureia formaldeído (UF) e fenol formaldeído (FF), na gramatura de 150g/m<sup>2</sup>. O ciclo de prensagem utilizado foi o de pressão 0,98 MPa; temperatura de 150°C e tempo de prensagem igual a 10 minutos. Foram feitas análises de densidade básica, físicas e composição química da madeira para ambas as espécies. Para os painéis foram feitas análises físicas de densidade aparente, umidade de equilíbrio, e absorção de água. Para determinação das propriedades mecânicas foram feitos ensaios de flexão paralela e perpendicular às fibras da capa, bem como ensaio de cisalhamento na linha de cola. Os resultados dos ensaios físicos dos compensados analisados demonstraram que há interferência de cada espécie de madeira, bem como do adesivo, sobre as propriedades físicas de densidade aparente e umidade de equilíbrio dos painéis. Os resultados do ensaio de flexão tanto paralela quanto perpendicular às fibras mostram influência da estrutura das lâminas sobre os resultados de MOE e MOR obtidos. Para o caso da flexão perpendicular às fibras houve também influência significativa da interação entre o adesivo e a madeira. Os ensaios de cisalhamento na linha de cola indicaram influência da estrutura das lâminas, adesivo e interação entre eles. Todos os valores de tensão de ruptura média de cisalhamento obtidos a partir de painéis atenderam ao requisito mínimo estabelecido pelas Normas européias e NBR ISO 12466-2.

**Palavras-chave:** Painéis. Multilaminados. Compensados. Ureia formaldeído. Fenol formaldeído.

## ABSTRACT

This research main goal was to evaluate mechanical and physical properties of multi-laminated plywood made of *Schizolobiumamazonicum* (paricá) and *Pinus oocarpa* (pinus) with different adhesives. Plywood panels were made with five layers, cross-lamination, and layers variation between paricá and pinus wood. We also evaluated urea formaldehyde (UF) and phenol formaldehyde (FF) adhesives (150 g/m<sup>2</sup>). The pressure used was 0,98 MPa; temperature of 150° C and press time equal to 10 minutes. We have analyzed basic density and chemical composition of both wood species. For the panels, we have performed physical analyzes of specific gravity, equilibrium moisture content, and water absorption. For the determination of the mechanical properties, we made tests static bending parallel and perpendicular to the fiber, as well as glue line shear strength. Physical properties results showed there is interference of each wood species, as well as the adhesive, over specific gravity and equilibrium moisture content of the panels. Results of parallel and perpendicular static bending, reported influence of layers structure over MOE and MOR values. For perpendicular static bending we also had significative interaction between adhesives and wood. Essays of glue line shear strength had demonstrated influence of layers structure, adhesive and interaction between them. All values of glue line shear strength reached the minimum requisite of 1.0MPa, according to European and Brazilian Standards.

**Keywords:** Panels. Multilayers. Plywood. Urea formaldehyde. Phenol formaldehyde.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>8</b>
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>11</b>
2.1 Madeira de paricá ( <i>Schizolobiumamazonicum</i> ) e pinus ( <i>Pinus oocarpa</i> ).....	11
2.2 Laminados de madeira .....	12
2.3 Fatores que influenciam a laminação e as propriedades dos compensados.....	15
2.4 Influência da composição de lâminas na qualidade de compensados laminados .....	17
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>19</b>
3.1 Matéria-Prima .....	19
3.2 Determinação da densidade básica .....	19
3.3 Análises químicas.....	19
3.4 Produção de lâminas de pinus e paricá .....	19
3.5 Secagem das lâminas .....	20
3.6 Montagem do compensado e composição de lâminas.....	20
3.6 Propriedades físicas e mecânica dos compensados laminados .....	21
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>23</b>
4.1 Densidade básica da madeira .....	23
4.2 Análises químicas.....	23
4.3 Propriedades físicas dos compensados multilaminados.....	24
4.3.1 Densidade Aparente .....	24
4.3.2 Umidade de equilíbrio .....	26
4.3.3 Absorção de água.....	28
4.4 Propriedades mecânicas dos compensados laminados.....	30
4.4.1 Flexão paralela às fibras .....	30
4.4.2 Flexão perpendicular às fibras .....	33
4.4.3 Cisalhamento na linha de cola.....	35
4.4.4 Falhas de cisalhamento seco .....	37
<b>5 CONCLUSÕES</b> .....	<b>39</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>40</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Compensados multilaminados ou convencionais são painéis produzidos com lâminas de madeira coladas entre si, com as fibras orientadas perpendicularmente em relação à adjacente. Utiliza-se, normalmente, número ímpar de camadas, sendo mais comum painéis compostos por 3, 5, 7 ou 9 camadas (TSOUMIS, 1991). Fatores como espécie de madeira, adesivo, umidade, quantidade de lenho tardio nas lâminas, pressão e temperatura utilizadas na fabricação dos painéis influenciam diretamente nas propriedades dos painéis (KOLLMANN *et al.*, 1975).

Os painéis compensados apresentam múltiplas aplicações. Suas características mecânicas, dimensões e variedade de tipos adaptáveis a cada uso constituem os principais atributos para justificar a ampla utilização deste material. O tipo de uso depende principalmente do tipo de adesivo aplicado, sendo os painéis produzidos com adesivo fenólico (FF) utilizados na construção civil como formas de concreto, pisos e cercas, entre outros. Enquanto as chapas produzidas com adesivo uréico (UR) são utilizadas principalmente na produção de móveis, constituinte de divisórias ou outras aplicações de uso interior (CUNHA *et al.*, 2016).

De acordo com a Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada – ABIMCI (2007), os painéis compensados podem ser divididos em dois grupos: compensados de pinus e compensados tropicais. A maioria das madeiras tropicais utilizadas são de espécies da Amazônia, com destaque para amescla (*Trattinickiamburserifolia*), assacu (*Huracrepitans*), sumaúma (*Ceiba pentandra*), caucho (*Castilloaulei*), faveira (*Parkiaparaensis*), ucuúba (*Virola spp.*), dentre outras.

Todavia, o impacto ambiental resultante da exploração seletiva de madeiras tropicais tem causado restrições quanto a sua demanda por parte das comunidades internacionais, sendo que muitos países passaram a exigir certificação de manejo florestal sustentável. Preocupados com este cenário, empresários do setor florestal passaram a investir em alternativas como a implantação de florestas plantadas com espécies nativas da região. Dentre as espécies tropicais, o *Schizolobiumamazonicum* – espécie conhecida pelo nome popular paricá – apresenta-se como uma excelente alternativa no que concerne aos aspectos silviculturais, além de ser uma madeira com características tecnológicas favoráveis à laminação e produção de painéis compensados (IWAKIRI *et al.* 2011).

As florestas plantadas com paricá (*Schizolobiumamazonicum*) ocupavam, em 2015, um total de 90.000ha plantados entre os estados do Pará, Maranhão e Tocantins. A principal região de plantio e de produção de compensados de paricá do Brasil está no norte do país,

principalmente nos estados do Pará e Maranhão, nas cidades de Paragominas, Dom Eliseu, Ulianópolis, Rondon do Pará e Abel Figueiredo. No Sul do Brasil, as empresas que se destacam estão distribuídas nas cidades paranaenses de Imbituva, União da Vitória e Bituruna (ABIMCI, 2015).

Ainda de acordo com a ABIMCI (2015), a espécie apresenta bom incremento médio anual, podendo chegar a 25m<sup>3</sup>/ha/ano (metros cúbicos por hectare ao ano) com corte raso entre 05 e 07 anos. Além disso, a madeira de paricá apresenta boas características para ser utilizada pelas indústrias de painéis – como bom fator de forma, baixa densidade e superfície lisa – o que permite um acabamento sedoso nos materiais com ela produzidos.

No relativo ao pinus, desde 1999 esta madeira responde pela maior produção de painéis compensados no Brasil (ABIMCI, 2007), sendo também muito utilizado na produção de madeira serrada, produtos de maior valor agregado e na indústria de papel e celulose, entre outras. Tendo produção concentrada nos Estados do Sul do Brasil (ABIMCI, 2008), principalmente no Paraná e em Santa Catarina, onde se encontram respectivamente 42% e 34% dos 1,6 milhões de hectares de plantio de pinus (RELATÓRIO DA INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES – IBA, 2017).

As exigências dos mercados externos não se restringem apenas ao contexto ambiental, mas também em relação aos parâmetros que atestam condições mínimas das características físicas e mecânicas dos painéis compensados. Esses parâmetros estão expressos sob a forma de normas internacionais, sendo a conformidade do produto verificada por meio de ensaios em laboratórios credenciados. Desta forma, a busca por qualidade – requisito primário para a conquista do mercado externo – inicia-se com o conhecimento do processo de produção e da matéria prima utilizada (JAERGER e ZIGER, 2007).

Para atendimento das exigências normativas e para melhor economia, os compensados podem ser produzidos com alternância de lâminas em sua estrutura. O balanceamento estrutural de um compensado com número ímpar de lâminas pode ser alcançado mesmo utilizando-se espécies e espessuras diferentes, desde que o plano de simetria seja mantido para o equilíbrio de parâmetros elásticos entre as lâminas que constituem o painel (SUCHLAND, 1972; IWAKIRI et al., 2012).

A união das lâminas é feita principalmente com os adesivos ureia-formaldeído - UF e fenol- formaldeído – FF. Segundo Forss e Fuhrmann (1979), o adesivo mais utilizado na indústria de painéis de madeira é a ureia-formaldeído, em função de sua fácil trabalhabilidade, coloração e velocidade de polimerização, além de seu baixo custo quando comparado com os

demais adesivos. Segundo Iwakiri (2005), o adesivo UF é utilizado em mais de 90% dos painéis de madeira.

Neste contexto, o objetivo principal deste trabalho foi estudar as diferentes composições de lâminas de paricá e pinus, bem como a influência dos adesivos UF e UF sobre as propriedades físicas e mecânicas de compensados multilaminados.

## 2REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Madeira de paricá (*Schizolobiumamazonicum*) e pinus (*Pinus oocarpa*)

O paricá – *Schizolobiumamazonicum* Herb. pertencente à família Leguminosae e subfamília Caesalpinaceae – é uma árvore que pode atingir altura de 20 a 30 metros. Apresenta tronco de até 1,0 metros de diâmetro, com ocorrência em todo o Brasil, com exceção da região Sul.

Essa espécie florestal apresenta como característica o tronco bem cilíndrico, bem formado e reto, sem nós, revestido por casca grossa. Nas árvores jovens (Figura 1), o tronco tem coloração verde acentuada e cicatrizes transversais deixadas pela queda das folhas. Algumas vezes apresenta sapopemas basais. O fuste mede até 25 m de comprimento.

Figura 1 – Árvore jovem (5 meses) de *Schizolobiumamazonicum* Herb.



Fonte: [acta.inpa.gov.br](http://acta.inpa.gov.br).

De acordo com Rossi et al. (2001), a madeira do paricá é considerada de baixa densificação, sendo que na condição úmida esta se apresenta com de 650 kg/m<sup>3</sup> e a 12% de umidade, na base seca valores oscilando entre 320 e 400 kg/m<sup>3</sup>.

Para Oimt (1990), Carvalho (1994) e Inia (1996), essa madeira maciça apresenta facilidade para ser desdobrada e secada. A trabalhabilidade é boa e o uso de pregos e parafusos é limitado devido à baixa capacidade de fixação. A durabilidade natural é baixa, sem resistência ao ataque de fungos, cupins e insetos de madeira seca. De acordo com esses autores, ela apresenta grande potencial para a fabricação de brinquedos, saltos para calçados, embalagens leves, aerodelismo, pranchetas, caixotaria leve e pesada, embalagens de frutas, obras civis internas (como forros e tabuados), palitos de fósforo, lápis e chapas de compensado. Segundo Pereira (1982), essa espécie ainda apresenta grande potencial para ser

utilizada na produção de celulose e papel, por apresentar tamanho de fibras entre 1,10 e 1,59mm.

Entretanto, sua principal utilização é para a produção de lâminas para fabricação de compensados. As lâminas são usadas tanto na parte interna quanto na externa, sendo que essa utilização depende da qualidade da lâmina, na qual cerca de 30% das lâminas produzidas são empregadas como capa e o restante como miolo. Normalmente, a produção dos compensados com paricá é feita com uma mistura de outras espécies (SOUZA et al., 2003).

Conforme Souza et al. (2003), a madeira de paricá é empregada na fabricação de palitos de fósforo, brinquedos, maquetes, embalagens leves, canoas, forros, miolo de painéis e portas, formas de concreto, laminados, compensados. Para Le Cointe (1947), a massa específica da madeira do paricá é baixa (0,30 g/cm<sup>3</sup>), de coloração branca – sendo indicada para a construção de forros, fabricação de palitos e canoas. Produz celulose de boa qualidade e de fácil branqueamento, permitindo a fabricação de papel branqueado com excelente resistência. (Pereira et al.,1982).

De acordo com Carvalho (1994), a madeira dessa espécie é bastante utilizada na produção de lâminas para compensados. Segundo informações obtidas junto às principais empresas produtoras de compensado – localizadas na região de Dom Eliseu, no estado do Pará – a madeira do paricá permite uma redução significativa nos custos de produção do compensado, pois atenua extremamente as despesas de colheita e transporte – devido à homogeneidade e boa localização dos reflorestamentos – além da diminuição dos custos durante a industrialização da madeira. As empresas que produzem compensado com madeira de paricá conseguem lançar seu produto nos mercados externo e interno a um custo reduzido quando comparado com outras empresas que usam espécies nativas diferentes. Tal fato tem estimulado várias empresas a buscar alternativas de redução dos custos de produção, utilizando madeira oriunda de reflorestamento com espécies nativas.

## **2.2 Laminados de madeira**

O processamento mecânico da madeira remonta aos primórdios do ser humano, uma vez que seu desenvolvimento acompanhou a evolução da civilização humana – partindo dos primeiros instrumentos rudimentares até chegar aos equipamentos computadorizados da atualidade. Esse processo produtivo de obtenção de lâminas de madeira iniciou-se no Antigo Egito, cerca de 3000 anos a.C., e destinava-se à confecção de peças de mobiliário pertencentes aos reis e aos príncipes, em que madeiras valiosas, como o ébano, eram transformadas em lâminas (ALBUQUERQUE, 1995).

As primeiras indústrias a produzir lâminas de madeira surgiram na Alemanha, em meados do século XIX. O rápido desenvolvimento e o aperfeiçoamento nos tornos laminadores contribuíram para a evolução da indústria de compensados. O emprego das lâminas de madeira tornou-se mais significativo a partir dos séculos XVIII e XIX, quando famosas peças de mobiliário foram confeccionadas. Entre estas, o "Bureau de Campagne" de Napoleão, folheada com jacarandá-da-baía, e a introdução do compensado na confecção de pianos de cauda, realizada por Steinway – renomado fabricante americano de pianos, em 1860. O grande avanço, no que se refere à tecnologia de laminação, se deu com a Primeira e Segunda Guerra Mundial, quando surgiram novos adesivos e ocorreu o desenvolvimento e a automação dos sistemas de produção contínua, proporcionando uma gama crescente de produtos de qualidade superior e de menores custos (ALBUQUERQUE, 1999).

Iwakiri (2005) define a lâmina de madeira como material produzido pela ação de corte, por meio de uma “faca específica”, em peças variando de 0,13 a 6,35mm de espessura.

O processo de laminação passa por algumas fases, tendo início na preparação das toras com o descascamento, o seccionamento, o aquecimento e, posteriormente, o desenrolamento da tora em lâminas, o transporte, a guilhotinagem e a secagem.

O painel de madeira compensada pode ser definido como um produto constituído de lâminas, geralmente em número ímpar, de madeiras sobrepostas e cruzadas entre si, as quais são unidas por adesivos e resinas através de pressão e calor. Assim, resultam em um arranjo no qual a direção das fibras das lâminas adjacentes forma um ângulo reto, gerando um equilíbrio entre as grãs e dando estabilidade à peça (LIMA, 1995; IWAKIRI, 2005; ABIMCI, 2009; BERGMAN et al., 2010).

O compensado de uso exterior é definido como um painel produzido com colagem à “prova d’água”, apresentando características de alta resistência mecânica e destinado a aplicações que requerem alta resistência à umidade ambiente e ao contato direto com a água (ABNT, 2001).

Segundo Marra (1992), o tipo de adesivo mais adequado para a fabricação deste tipo de compensado é a fenol-formaldeído, em função de suas características de maior resistência e durabilidade em condições extremas de exposição à umidade.

O principal uso de lâminas de madeira é como matéria-prima para a indústria de compensado, cujos painéis são destinados à construção civil, fabricação de móveis, pisos e embalagens. As lâminas também são utilizadas na fabricação de fósforos e suas embalagens, palitos para sorvetes, revestimentos de móveis e outras superfícies (TSOUMIS, 1991).

A ampla utilização do compensado se justifica por suas características mecânicas e a sua adaptação a uma gama de usos, tais como a construção civil e a indústria moveleira (TOMASELI, 1999).

O parque nacional voltado para a produção de compensado possui 300 unidades industriais. A capacidade instalada representada por estas unidades é de, aproximadamente, 2,2 milhões de m<sup>3</sup>/ano e as 40 maiores indústrias respondem por pouco mais de 60% desta capacidade instalada.

Albuquerque (1997, *apud* MENDES et al., 2003), relata que o setor florestal brasileiro contribui com 5% do PIB nacional. Segundo o autor, tal participação é muito pequena, tendo em vista o grande potencial do país.

A produção de compensados no Brasil vem aumentando desde a última década, chegando a bater recorde, em volume, de 3,8 milhões de m<sup>3</sup>, no ano de 2004. Tal acréscimo na produção está diretamente relacionado com as exportações.

O Brasil é um grande fornecedor de compensado para os EUA (ABIMCI, 2004). Por isso, havendo qualquer aumento da demanda por parte do país norte-americano, o preço brasileiro aumenta, proporcionalmente, mais que os preços dos demais exportadores (RIBEIRO, 2003).

Entretanto, inexpressivos investimentos tecnológicos realizados recentemente nas unidades produtoras de compensado, bem como a deficitária estrutura de produção e os elevados custos com matéria-prima (nativas da região Norte) caracterizam-se como fatores limitantes ao desenvolvimento desta atividade no Brasil (MENDES, 2003). Além dessa dificuldade interna, fatores externos também influenciam, como os estudados por Noce et al. (2006), relatando as características do mercado internacional de compensados, considerando a concentração de países, no que se refere às exportações, no período de 1998 a 2002. Estes autores observaram que a estrutura do mercado internacional de compensados é caracterizada pela concentração e desigualdade, favorecendo o uso de práticas anticompetitivas.

Quanto à madeira utilizada na produção, cerca de 60% dos compensados produzidos são manufaturados a partir de árvores tropicais e o restante vem de florestas plantadas das regiões Sul e Sudeste (ABIMCI, 1999).

Zugmann (1998) afirma que 70% dos compensados produzidos no Brasil são manufaturados com madeiras de florestas tropicais nativas e a produção de compensado com madeira de *Pinus spp* vem crescendo, sendo responsável por 30% restante da produção nacional.

Bortoletto Júnior (2003) assegura que a utilização de folhosas nativas, o custo de exploração, as grandes distâncias a serem vencidas com o transporte de toras, de lâminas ou de compensados até os grandes centros de consumo, e as fortes pressões ambientalistas em relação à origem da madeira, além da necessidade de certificação, são fatores que aumentam os custos. Desse modo, podendo ser restritivos à plenitude de mercado de compensados tropicais e, momentaneamente, justificam a tendência de substituição por florestas plantadas.

ABIMCI (1999) relata que a madeira de pinus, a médio prazo, não cobrirá a demanda, levando a uma problemática para as indústrias dependentes desse tipo de matéria-prima. Essas consequências já começam a ser sentidas como fruto das reduzidas taxas de plantio, nos anos de 1980 e 1990. (SBS, 2000).

Diante do exposto, constata-se que a madeira de eucalipto seria a melhor alternativa de substituição da madeira de Pinus. Contudo, isso não se mostra verdadeiro devido à existência de paradigmas preconceituosos sobre a madeira de eucalipto no que se refere às questões ambientais, aliada à realização de um número reduzido de pesquisas sobre laminação e compensados, haja vista a grande gama de espécies, procedências e clones, dentro do gênero *Eucalyptus*.

De acordo com IWAKIRI (2002), a produção de compensados no Brasil preocupa-se em utilizar madeiras de florestas nativas, oriundas da Região Amazônica. Entretanto, a madeira de Pinus, proveniente de reflorestamentos localizados na Região Sul do país, tornou-se a principal fonte de matéria-prima para produção do laminado. Fatores limitantes para desenvolvimento de laminados em outras regiões do Brasil são: deficitárias estruturas de produção relacionadas aos inexpressivos investimentos tecnológicos nessas unidades produtoras; altos custos com o transporte de matéria-prima e lâminas produzidas na região norte para o restante do Brasil, reduzindo sua participação no comércio nacional. Com isto, vem aumentando o consumo de lâminas de Pinus spp.

### **2.3 Fatores que influenciam a laminação e as propriedades dos compensados**

As características tecnológicas da madeira adequada para laminação estão relacionadas, principalmente, com os seguintes fatores: densidade da madeira (baixa a média), características do fuste (diâmetro e forma) e grã direita levemente inclinada (TSOUMIS, 1991).

Os fatores relacionados ao processo, como aquecimento das toras, têm a finalidade de aumentar a plasticidade da madeira – tornando-a mais flexível – e de minimizar as fendas superficiais da lâmina. O amolecimento da madeira é atribuído a mudanças físicas da lignina e

das substâncias peptídicas. O aquecimento melhora as condições de laminação, principalmente em madeiras duras, e a obtenção de lâminas espessas. Devido ao amolecimento de nós, a durabilidade da faca será mais prolongada. Outro aspecto importante é a uniformização da temperatura da madeira em diferentes estações do ano, bem como a adequação da temperatura a diferentes tipos de espécies e diâmetros. Além destes fatores, Lutz (1978) ressalta, ainda, as condições operacionais do equipamento, tais como a velocidade de corte, ajuste da geometria da faca e barra de pressão, afiação da faca, dentre outros. Quanto aos aspectos relacionados à produtividade, Baldwin (1981) e Sellers (1985) destacam a importância da qualidade da tora – no que se refere à retilinidade, e ao fator de conicidade do fuste, diâmetro da tora, ausência de fendas de topo e aquecimento da madeira – como fatores primordiais para a obtenção de lâminas de qualidade e de maior rendimento na laminação. Segundo os autores, o menor fator de conicidade, maior diâmetro da tora e menor rolo resto são parâmetros básicos para um maior rendimento da laminação.

A secagem de lâminas de madeira é um processo de retirada de água até um determinado teor de umidade, com mínimo de defeitos, no menor tempo possível, de forma técnica e economicamente viável para uso a que se destina. O objetivo básico da secagem de lâminas é oferecer condições adequadas para a sua colagem e a formação de painéis.

Para colagem com a resina uréia-formaldeído, as lâminas devem ser secas com teor de umidade na faixa de 10% a 12%. Enquanto que para a resina fenol-formaldeído o teor de umidade das lâminas deve ser na faixa de 4% a 8%.

Baldwin (1981) descreve que o tipo, a quantidade e a composição do adesivo, assim como os procedimentos empregados na colagem de lâminas, são de importância fundamental na qualidade das chapas compensadas.

Marra (1992) cita que, nos aspectos que dizem respeito à composição do adesivo, as diferentes proporções de resina, de extensor, de água e de catalisador estão relacionadas diretamente com a resistência da linha de cola das chapas produzidas. Quanto maiores as proporções de resina, em partes por peso do adesivo na sua formulação, a qualidade da ligação adesiva será superior. Na condição inversa, com maior grau de extensão, o custo final do adesivo será inferior, no entanto, a qualidade da ligação também será inferior.

O tempo de assemblagem – período decorrido entre a aplicação do adesivo e o momento em que a prensa é fechada – também afeta a qualidade do painel. A duração de assemblagem deve ser programada de maneira que permita a transferência do adesivo da lâmina com cola para a lâmina sem cola, a penetração do adesivo nos poros das lâminas (IWAKIRI, 2005c).

O ciclo de prensagem é fator de grande influência nas propriedades dos compensados. A temperatura de prensagem leva em consideração a característica do adesivo em função de sua cura. O tempo se refere ao período necessário para que a linha de cola mais interna receba temperatura que propicie sua solidificação, enquanto a pressão exercida pela prensa é função direta da densidade da madeira que está gerando o compensado.

#### **2.4 Influência da composição de lâminas na qualidade de compensados laminados**

O princípio de construção aplicado na fabricação de um painel compensado é baseado na laminação cruzada e na restrição da linha de cola, a qual procura balancear os diferentes comportamentos físico-mecânicos das lâminas de camadas adjacentes, dispostas nos sentidos longitudinal e perpendicular ao plano do painel (SUCHSLAND, 1972; BODIG e JAYNE, 1982). De acordo com Suchsland (1972), o balanceamento estrutural de um compensado com número ímpar de camadas pode ser alcançado mesmo que se utilizem lâminas de espécies e espessuras diferentes, desde que o plano de simetria seja mantido para o equilíbrio de parâmetros elásticos entre as lâminas que constituem o painel. As diferentes composições estruturais consistem no acréscimo de lâminas – ou na disposição de lâminas em sentidos alternados, ou de mesma direção – em relação às lâminas de capa, reforçando a área de maior exigência estrutural sob flexão.

Os painéis estruturais requerem, além da durabilidade, uma resistência mecânica adequada para sua utilização. Neste sentido, a composição estrutural do painel compensado é um dos requisitos essenciais na valorização de um determinado produto.

De acordo com Marra (1992) e Tsoumis (1991), as madeiras com maior densidade apresentam menor porosidade, influenciando na redução da penetrabilidade do adesivo no processo de formação da ligação adesiva. Segundo esses autores, a formulação do adesivo deve ser ajustada para adequação das condições de colagem em função da densidade da madeira e da finalidade de uso dos painéis.

As espécies de rápido crescimento provenientes de plantios florestais apresentam a vantagem de maior incremento volumétrico da madeira. No entanto, essa característica reflete em algumas limitações técnicas relacionadas à madeira, principalmente quanto à sua densidade e porosidade (MARRA, 1992; TSOUMIS, 1991). No caso de *Eucalyptussaligna*, ao seu crescimento rápido acrescenta-se a formação de madeira de média densidade e não de baixa densidade, como ocorrem com espécies do gênero *Pinus*. Essa característica torna-se uma vantagem técnica significativa na fabricação de painéis compensados para fins estruturais. No sentido de viabilizar o uso de espécies de rápido crescimento provenientes de

plantios florestais manejados, Bendsten (1978) sugeriu que os conceitos tradicionais devem ser adaptados às características da matéria-prima.

Estudos realizados por Iwakiri et al. (2002) sobre painéis compensados estruturais com diferentes composições de *Pinus elliottii* e *Eucalyptussaligna* demonstraram que a disposição de lâminas de *Eucalyptussaligna*, com maior densidade nas capas dos compensados, aumentou significativamente as propriedades de flexão estática. Peterson e Ziger (2007) também constataram na avaliação das propriedades mecânicas de painéis compensados de *Eucalyptusdunnii* e *Pinus taeda* que a disposição de lâminas de *Eucalyptusdunnii*, com maior densidade nas capas dos compensados, contribuiu de forma significativa para o aumento de módulo de elasticidade e de ruptura em flexão estática.

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Matéria-Prima**

Foram utilizadas lâminas de paricá (*Schizolobiumamazonicum* Herb.) obtidas a partir de árvores com 6 anos de idade, provenientes da empresa do Grupo Concrem da cidade de D. Elizeu/PA. As lâminas de pinus (*Pinus oocarpa*) foram provenientes de árvores de idade de 18 anos, abatidas na própria universidade e laminadas na Unidade de Painéis da Universidade Federal de Lavras, Lavras/MG.

#### **3.2 Determinação da densidade básica**

A determinação da densidade básica para ambas as espécies foi realizada conforme a NBR 11941/2003.

#### **3.3 Análises químicas**

O material lignocelulósico foi reduzido em suas dimensões, posteriormente levado para o moinho e transformados em serragem. Esta foi separada em peneiras sobrepostas de 40 e 60mesh, utilizando para a análise somente a fração que ficou retida na peneira de 60mesh. As amostras foram armazenadas em saco plástico e frasco. Elas foram, então, levadas para sala de climatização, com temperatura de 20°C e umidade de 65% por 7 dias, para reduzir as variações de umidade do material. Para determinação do teor de extrativos, do teor de lignina e do teor de cinzas foram utilizadas as normas NBR 14853, NBR 7989 e NBR 13999 (ABNT, 2003c, d, a), respectivamente.

#### **3.4 Produção de lâminas de pinus e paricá**

Depois de abatidas, as toras de cada árvore de pinus com diâmetro adequado à obtenção de lâminas (até 50cm - em função da capacidade do torno) foram levadas para um tanque com água a 66°C, onde ficaram submersas por cerca de 72h até o momento da laminação, visando a diminuição das liberações de tensão de crescimento que poderiam depreciar o rendimento da laminação em função do aumento das rachaduras de topo e o consequente desprendimento das garras do torno, não conseguindo, a madeira, ser laminada até o limite de seu diâmetro. Pode-se destacar que esse procedimento visou manter a umidade da madeira vinda do campo, além de prevenir o ataque de alguns tipos de xilófagos.

Para a obtenção de lâminas, utilizou-se um torno laminador, no qual foram produzidas lâminas com espessura de 2mm. Após a laminação, as lâminas foram colocadas sobre

suportes (bobinas), de onde foram levadas para a guilhotina para se adequarem às dimensões dos compensados (480mm x 480mm).

As lâminas de *Schizolobiumamazonicum* foram fornecidas prontas, com espessura de 2mm, já em tamanho adequando às dimensões dos compensados, sendo o procedimento de laminação realizado na cidade de D. Elizeu, estado do Pará, nas dependências da empresa Concrem.

### **3.5 Secagem das lâminas**

As lâminas de pinus foram secas à temperatura ambiente em pilhas, sendo tabicadas umas sobre as outras; posteriormente, foi colocado um peso sobre a pilha para evitar o empenamento destas. As lâminas de Paricá, fornecidas secas, já se encontravam em equilíbrio com o ambiente. Depois de as lâminas de pinus atingirem a umidade de equilíbrio higroscópico com o ambiente, as lâminas de ambas as espécies estudadas foram levadas à estufa com circulação forçada de ar para secagem até 8%, com base na massa seca.

Depois de secas, todas as lâminas foram armazenadas em sacos plásticos para isolamento do ambiente e manutenção da umidade de 8%, até o momento de confecção do compensado. Este procedimento foi adotado porque a secagem é de suma importância para que haja boa colagem e não ocorra a delaminação do painel durante o processo de prensagem pela geração de bolsas de vapor d'água entre as camadas de lâminas, as quais, com a liberação da pressão, levam ao estouro do compensado, além de interferir na cura do adesivo.

Fez-se seleção visual das lâminas, sendo as melhores utilizadas nas faces. Foi utilizado adesivo FF com gramatura de 150g/m<sup>2</sup>, teor de sólidos de 51,49%, pH de 12,86, viscosidade de 590cp e Gel Time de 49s. O adesivo UF utilizado também possuía gramatura de 150g/m<sup>2</sup>, com teor de sólidos de 53,69%, pH de 8,32, viscosidade de 465cp e Gel Time também de 49 segundos.

A aplicação foi feita com espátula, espalhando de forma mais uniforme possível nas lâminas. Depois de formado, o painel permaneceu em repouso por um período de quinze minutos com um peso sobre ele – o que é chamado tempo de assemblagem – para que o adesivo pudesse ser absorvido pelos espaços vazios das lâminas e também para aumentar o contato entre as superfícies a serem aderidas, auxiliando a colagem final.

### **3.6 Montagem do compensado e composição de lâminas**

O ciclo de prensagem utilizado foi com temperatura de 150°C, pressão específica de 0,98MPa e tempo de prensagem de 10 minutos. Utilizou-se o seguinte plano experimental com

a finalidade de se estudar o comportamento dos laminados com composição de lâminas variando entre as espécies de paricá e pinus e o tipo de adesivo, conforme observado na Tabela 1.

Tabela 1 – Plano experimental

Tratamento	Sigla	Composição das lâminas	Adesivo	Repetição
T1	60% paricá UF	PA/PI/PA/PI/PA	UF	3
T2	60% paricá FF	PA/PI/PA/PI/PA	FF	3
T3	40% paricá UF	PI/PA/PI/PA/PI	UF	3
T4	40% paricá FF	PI/PA/PI/PA/PI	FF	3
T5	100% paricá UF	PA/PA/PA/PA/PA	UF	3
T6	100% paricá FF	PA/PA/PA/PA/PA	FF	3
T7	100% pinus UF	PI/PI/PI/PI/PI	UF	3
T8	100% pinus FF	PI/PI/PI/PI/PI	FF	3

Legenda: T1-T8: tratamentos; PA: Lâmina de paricá; PI: Lâmina de pinus; UF: Uréia-formaldeído; FF: Fenol-formaldeído.

Fonte: Do autor (2018).

Os compensados, após a prensagem, foram acondicionados à temperatura e umidade relativa de  $20\pm 2^{\circ}\text{C}$  e  $65\pm\%$  por tempo o suficiente para o que material apresentasse teor de umidade igual a 12% e, posteriormente, esquadrejados, sendo retirados os corpos-de-prova, segundo as especificações da norma da ABNT 31:000.05-001/1. Esses corpos-de-prova foram novamente acondicionados após o processo de usinagem, conforme quesitos da norma supracitada.

### 3.6 Propriedades físicas e mecânica dos compensados laminados

Após a estabilização, foram realizados os ensaios físicos de densidade aparente dos painéis, a umidade de equilíbrio, determinação da absorção de água. Também ocorreram os ensaios mecânicos de flexão estática com direção das fibras paralela e perpendicular ao comprimento do corpo-de-prova (das lâminas de capa) e resistência da linha de cola ao esforço de cisalhamento em condição seca. Todos os ensaios foram realizados de acordo com as recomendações da Norma ABNT 31:000.05-001/1(2001).

Os testes físicos e mecânicos foram realizados no Laboratório de Adesão e Adesivos da Unidade Experimental de Produção de Painéis de Madeira (UEPAM). Os testes mecânicos foram conduzidos na máquina de ensaio universal (EMIC DL-30000).

### **3.7 Delineamento experimental e análise estatística**

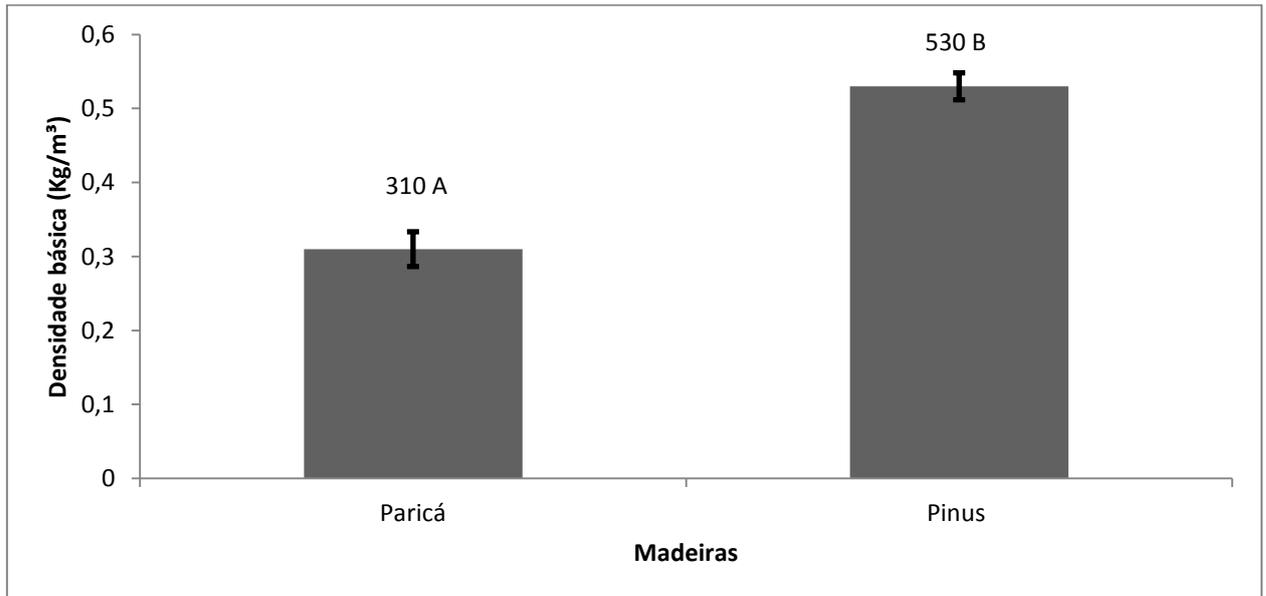
O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado com arranjo fatorial, sendo considerado como fator 1 as diferentes estruturas de composição dos painéis e o fator 2, os adesivos utilizados. Os resultados foram analisados estatisticamente por meio de análise de variância e teste de Scott-Knott em nível de 95% de confiança.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Densidade básica da madeira

Na Figura 2, são apresentados os valores médios da densidade básica da madeira de paricá e pinus, respectivamente. Nela podemos observar que o pinus possui uma densidade básica superior a do paricá em aproximadamente 1,7 vezes.

Figura 2 – Valores médios encontrados para a densidade aparente dos painéis compensados laminados.



Fonte: Do autor (2018).

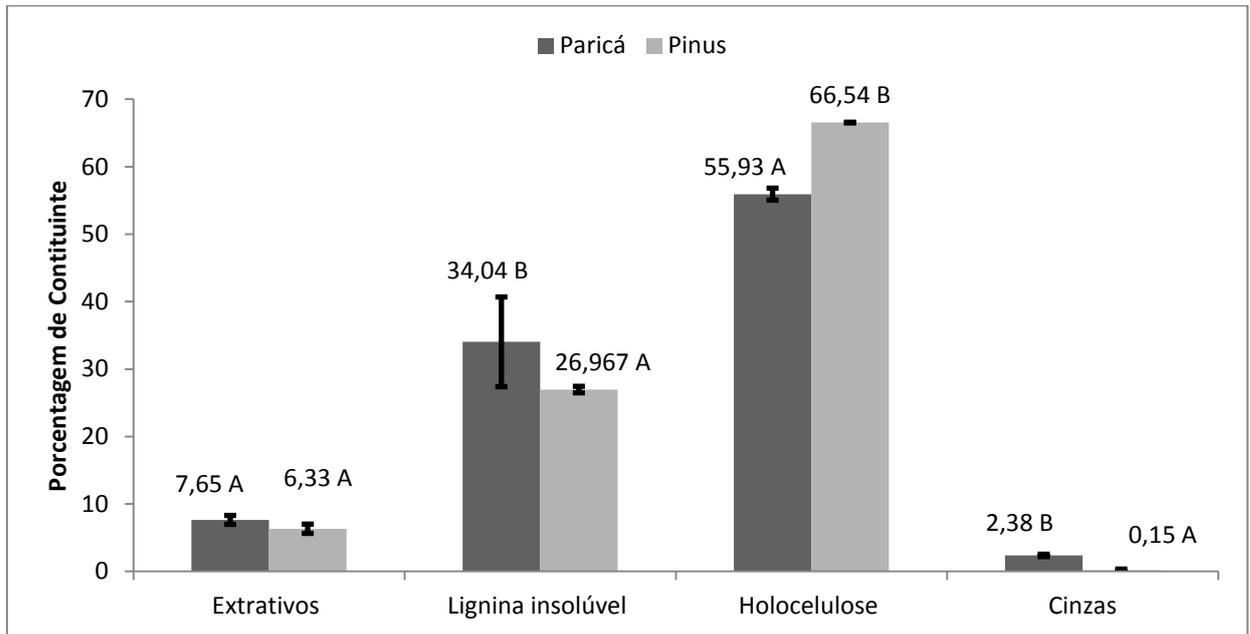
Os valores encontrados para densidade básica da madeira de paricá,  $310\text{kg/m}^3$  foram semelhantes aos valores encontrados em literatura para a densidade básica média desta espécie (MATSUBARA, 2003; TRIERWEILER et al., 2006; COLLI, 2007; GOMES DA SILVA et al., 2016). Já Lobão et al. (2012), pesquisando essa espécie de ocorrência natural no estado do Acre, encontrou maiores valores de densidade, variando de 420 a  $510\text{kg/m}^3$ .

### 4.2 Análises químicas

Na Figura 3, são apresentados os resultados das análises químicas realizadas para as madeiras de paricá e pinus. Nela podemos observar que o paricá apresentou um percentual de extrativos superior ao do pinus.

Os valores de extrativos do paricá encontrados neste trabalho são superiores aos encontrados em literatura, os quais foram de 3% (VIDAURRE, 2010) e 5,3% (MELO et al., 2013).

Figura 3 – Resultado das análises químicas da madeira de paricá e pinus.



Fonte: Do autor (2018).

Os valores de lignina solúvel para o paricá também foram superiores ao do pinus. Comparado com a literatura, os valores encontrados são superiores aos de Vidaurre (2010) e Melo et al.(2013), os quais foram similares e em torno de 26%.

O teor de holocelulose do paricá, por sua vez, foi inferior ao do pinus, e também inferior ao citado em literatura por Melo et al.(2013), o qual foi de de 68,5%. Quanto ao teor de cinzas, também foi superior aos encontrados por Melo et al.(2013) e Vidaurre (2010), os quais foram inferiores a 1%.

### 4.3 Propriedades físicas dos compensados multilaminados

#### 4.3.1 Densidade Aparente

No relativo à densidade aparente dos painéis, foi observado que tanto a estruturas das lâminas que compunham os painéis compensados quanto o adesivo utilizado influenciaram significativamente os resultados obtidos, mas não houve interação significativa entre a estrutura das lâminas e os adesivos utilizados (Tabela 2).

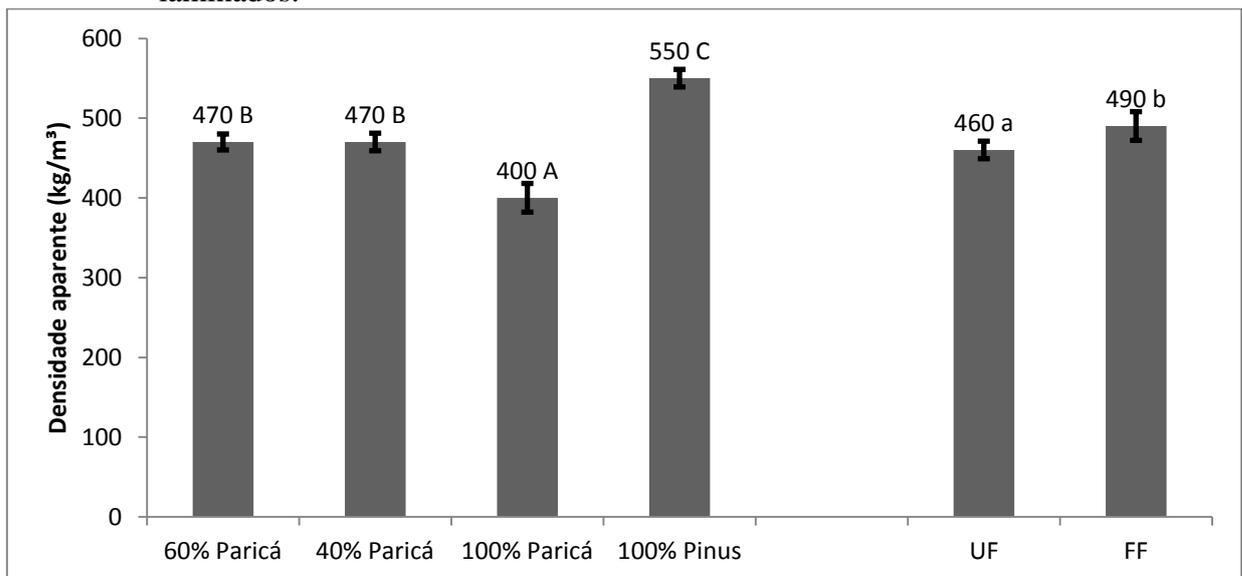
Tabela 2 – ANOVA dos resultados dos ensaios físicos

Fontes de variação	Fc (umidade)	Fc (densidade)	Fc (absorção água)
Estrutura lâminas	8,47*	27,25*	2,32ns
Adesivos	5,22*	5,75*	1,64ns
E x A	2,60 ns	1,16ns	2,20ns

Legenda: \*Significativo a 95% de significância. NS Não significativo a 95% de significância.  
Fonte: Do autor (2018).

Na Figura 4, são apresentados os valores médios da densidade aparente dos compensados obtidos. No relativo à composição dos painéis, nota-se que entre os painéis contendo 60 ou 40% de paricá não houve diferença estatística entre os valores de densidade aparente obtidos.

Figura 4 – Valores médios encontrados para a densidade aparente dos painéis compensados laminados.



Fonte: Do autor (2018).

Ainda na Figura 4, podemos observar que a densidade aparente dos painéis compensados produzidos exclusivamente com paricá ou pinus diferiram entre si, bem como em relação aos painéis compostos. Os valores maiores de densidade aparente para o pinus (T7 e T8) e menores valores para os compensados produzidos apenas com laminas de paricá (T5 e T6) estão intrinsecamente relacionados às características das madeiras utilizadas, já que a madeira com densidade básica maior terá maior densidade aparente.

Segundo Cavalheiro (2014), a densidade aparente média da madeira de paricá equivale a  $370 \text{ Kg/m}^3$  (12%), enquanto a do *Pinus oocarpa*, determinada a 15% de umidade em árvores de 18 anos, equivale a  $540 \text{ Kg/m}^3$  (KLOCK, 1989), o que confirma a diferença de valores encontrada, no presente trabalho, para esta propriedade. Os resultados de densidade aparente dos painéis de pinus também estão compatíveis com os resultados encontrados por Lisboa (2015) trabalhando com painéis desta madeira, que foram de  $540 \text{ Kg/m}^3$ .

No relativo ao adesivo utilizado na união das lâminas, podemos observar tanto na Tabela 2 quanto na figura 4 que houve influência significativa dos adesivos utilizados sobre a densidade aparente dos painéis avaliados, sendo que os painéis produzidos com o adesivo FF foram os que apresentaram maiores valores desta propriedade.

Os valores obtidos para densidade aparente dos painéis de pinus foram compatíveis aos encontrados pela ABIMCI (2008) para painéis comerciais produzidos no Brasil, sendo os valores médios por esta apresentados estão compreendidos entre  $0,476 \text{ g/cm}^3$  e  $0,641 \text{ g/cm}^3$ . Contudo, tanto os painéis compostos quanto aqueles produzidos exclusivamente com lâminas de paricá ficaram abaixo dos valores médios de painéis produzidos no Brasil.

Entretanto, isto não inviabiliza sua produção nem utilização, exceto em usos estruturais. Como a maioria das aplicações de painéis é de uso não estrutural – assim como móveis, divisórias, paredes, etc – painéis menos densos podem ser utilizados da mesma forma, tendo sua instalação inclusive facilitada, por serem mais leves.

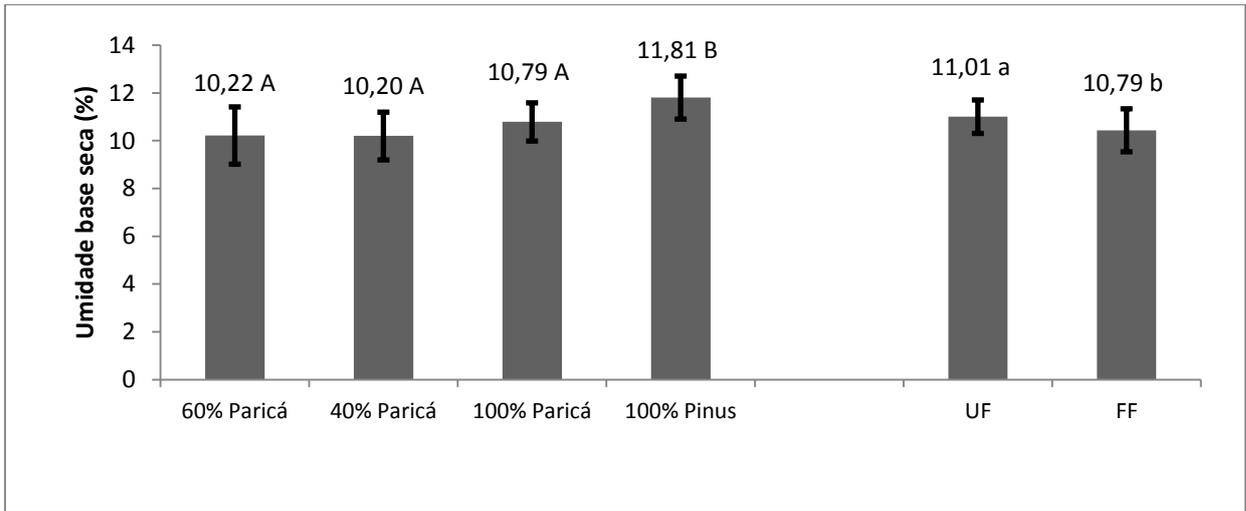
Cabe dizer ainda que, em muitas aplicações, a utilização de painéis menos densos apresenta vantagens, uma vez que otimizam o isolamento acústico e térmico – quesitos importantes para painéis utilizados para produção de forros e revestimento de paredes, por exemplo.

#### **4.3.2 Umidade de equilíbrio**

Na Tabela 2, são apresentados os resultados estatísticos das fontes de variação e da interação entre elas. Como podemos observar, tanto a estrutura das lâminas quanto os adesivos utilizados influenciaram significativamente nos resultados, mas não houve interação considerável entre estes fatores para os resultados de umidade.

Na Figura 5, estão apresentados os valores de umidade de equilíbrio obtidos para os diferentes compensados laminados produzidos. Esta propriedade avaliada é de suma importância, pois causará influência sobre a massa específica e, conseqüentemente, nas propriedades mecânicas do compensado.

Figura 5 – Valores médios encontrados para a umidade dos painéis compensados laminados



Fonte: Do autor (2018).

Ainda na Figura 5, podemos observar que não houve diferença estatística entre os tratamentos T1, T2, T3, T4, T5 e T6 no que concerne à influência dos tratamentos sobre a umidade de equilíbrio dos painéis. Ou seja, a variação da composição entre 100%, 60% e 40% de paricá não alterou significativamente para o fator umidade do material.

Já os painéis com 100% de pinus (T7 e T8) diferiram significativamente dos demais, o que, muito provavelmente, está relacionado à natureza do material madeira. Entre as diferenças que existem entre o paricá e pinus, podemos citar o fato de que o paricá é uma angiosperma e apresenta vasos em sua constituição anatômica, enquanto o pinus, que é uma gimnosperma, não os possui – o que pode ter dificultado a absorção do adesivo, pois é de conhecimento geral que o diâmetro dos elementos de vaso é bastante superior ao diâmetro dos lumes de traqueoides.

Especificamente no caso do paricá, a madeira apresenta vasos predominantemente solitários, podendo também ocorrer múltiplos de dois a quatro, com tamanho da ordem de 2,5 mm de diâmetro e parênquimas axiais, predominantemente do tipo paratraqueal aliforme, podendo também ocorrer parênquima paratraqueal vasicêntrico, constituído de oito células por série (CORADIN et al., 1993; PAULA, 1980; RODRÍGUEZ ROJAS; SIBILLE MARTINA, 1996; TEREZO, 2010; LOBÃO et al., 2012; URBINATI, 2013; GOMES DA SILVA, 2016). Tanto a presença de vasos quanto a de parênquimas axiais influenciam a porosidade do material, influenciando a absorção do adesivo.

De acordo com Marra (1992), há uma maior absorção de adesivo devido à maior porosidade da madeira, bem como por menor densidade da madeira. Assim sendo, a maior

porosidade das lâminas de paricá e/ou menor densidade fez com que os adesivos usados fossem melhor absorvidos nos compensados produzidos com esse material, dificultando a entrada e reduzindo a absorção de umidade nesses tratamentos.

Como os painéis compostos apenas por pinus, por natureza da anatomia das coníferas, não possuem poros, estes absorveram menos o adesivo do que aqueles que continham paricá em 40, 60 e 100%. Por consequência, estes não apresentaram o mesmo comportamento, o que condiz com a afirmativa de maior absorção do adesivo para as folhosas e/ou para os painéis multilaminados compostos.

No relativo ao adesivo como fonte de variação, podemos observar, ainda na Figura 5, que houve diferença estatística entre os dois adesivos utilizados. O que já era esperado, uma vez que o adesivo UF é mais sensível a influência de umidade que o adesivo FF.

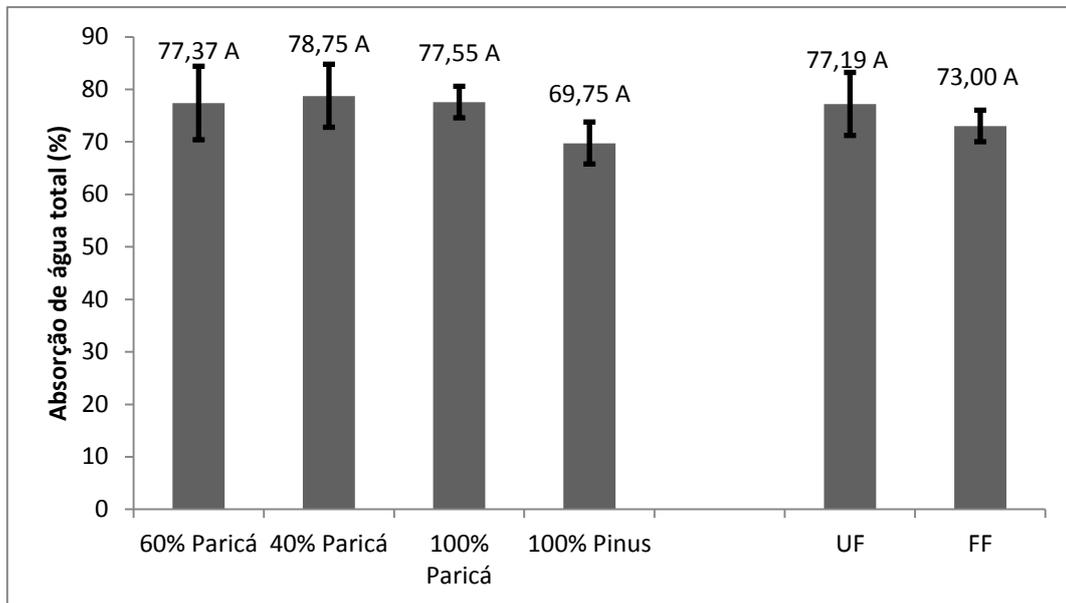
Confrontados os resultados encontrados para teor de umidade dos painéis, verifica-se que as médias atendem o requisito de teor de umidade máximo exigido pelo catálogo técnico do Programa Nacional da Qualidade da Madeira (PNQM), que é de 18% (ABIMCI, 2009).

#### **4.3.3 Absorção de água**

Na Tabela 2, podemos observar que a estrutura das lâminas dos painéis, bem como os diferentes adesivos utilizados, não influenciaram significativamente a absorção de água. A interação entre estes dois fatores, também não foi significativa.

Os resultados do ensaio de absorção de água total realizado para os compensados laminados encontram-se na Figura 6. É de conhecimento geral que, se um compensado absorve água, apresenta inchamento em espessura e liberação das tensões internas de compressão retidas após a prensagem. O que, por sua vez, influencia a estabilidade dimensional da chapa. Dessa forma, valores menores dessa propriedade física são desejados.

Figura 6 – Valores médios encontrados para absorção de água dos painéis compensados laminados.



Fonte: Do autor (2018).

Na figura 6, podemos observar que não houve diferença significativa entre os valores médios de absorção de água em nenhum dos tratamentos, embora os painéis de pinus tenham apresentado uma tendência a uma menor absorção. Estatisticamente, entretanto, é possível afirmar que os painéis absorveram a água de forma homogênea, independentemente de sua composição ou madeira de fabricação das lâminas.

Da mesma forma, também não houve diferença estatística entre os adesivos utilizados (Figura 6). Isto é, tanto o adesivo UF quanto o FF apresentaram comportamentos parecidos – ou seja, o tipo de colagem não interferiu na absorção total de água, embora possamos esperar que a colagem com UF venha a delaminar primeiro, se o tempo em contato com a água for muito prolongado.

Os valores médios de absorção de umidade dos painéis compostos exclusivamente por paricá e pinus, respectivamente 77,5 e 69,57, ficaram acima dos encontrados por Almeida (2009) ao avaliar a absorção de água de painéis produzidos com paricá e pinus, que foram de 63,34% para o paricá e de 43,11% para de pinus.

Kollmann e Schneider (1963), citados por Kollmann et al. (1975) e Pereyra (1994), afirmam que a utilização de altas temperaturas na secagem das lâminas e na prensagem a quente do compensado reduz a capacidade de sorção. Nesse sentido, pode-se relatar a possibilidade de que a interferência destes fatores tenha contribuído para a homogeneização de comportamento dos tratamentos quanto à absorção total de água.

## 4.4 Propriedades mecânicas dos compensados laminados

### 4.4.1 Flexão paralela às fibras

Na Tabela 3, podemos observar os resultados das análises estatísticas para os ensaios de flexão paralela e perpendicular às fibras. Nela é possível observar que a composição do painel – isto é, a estrutura das lâminas – influenciou significativamente na flexão paralela às fibras, tendo este sido o único fator significativo de influência.

Tabela 3 – Significância estatística dos resultados dos ensaios de flexão estática

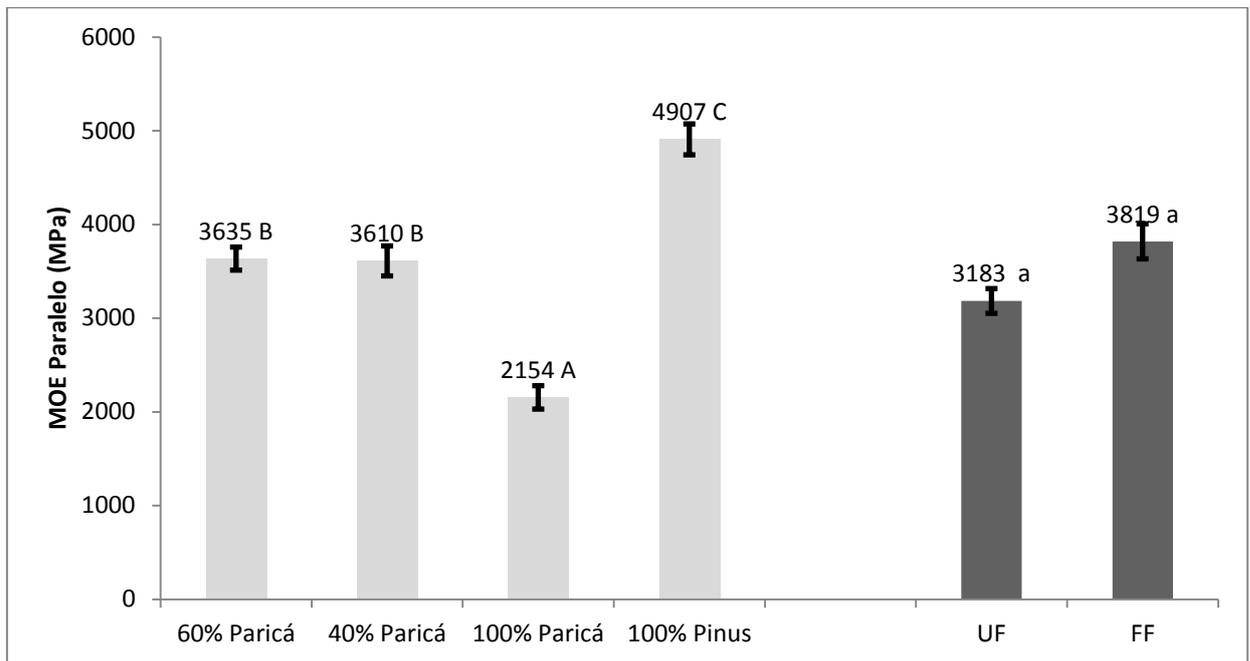
Fontes de variação	Fc (MOEparal)	Fc (MOR paral)	Fc (MOE perp)	Fc (MOR perp)
Estrutura lâminas	7,65*	3,33*	87,57*	8,32*
Adesivos	2,43ns	0,05ns	0,94ns	9,70*
E x A	2,02ns	0,98ns	28,58*	4,14*

Legenda: \*Significativo a 95% de significância. NS Não significativo a 95% de significância.  
Fonte: Do autor (2018).

Na figura 7, são apresentados os valores de módulo de elasticidade (MOE) obtidos através do ensaio de flexão paralela às fibras. Nela podemos observar que não houve diferença estatística entre os valores obtidos para os painéis compostos por 60% ou 40% de paricá.

Os painéis produzidos exclusivamente com lâminas paricá ou pinus, entretanto, apresentaram diferença significativa entre si e em relação aos painéis compostos. Tais resultados já eram esperados, visto que o pinus apresenta maior densidade aparente que o paricá e propriedades mecânicas são diretamente proporcionais à densidade do material. Comparando a Figura 4 – relativa aos valores médios de densidade aparente dos painéis – com a Figura 7, podemos ver a intrínseca relação entre a densidade do material e seu comportamento mecânico. Desta forma, painéis de maior densidade apresentaram maiores valores de módulo de elasticidade no ensaio de compressão paralela às fibras para todos os tratamentos realizados.

Figura 7 – Valores médios de módulo de elasticidade (MOE) obtidos pela flexão paralela às fibras



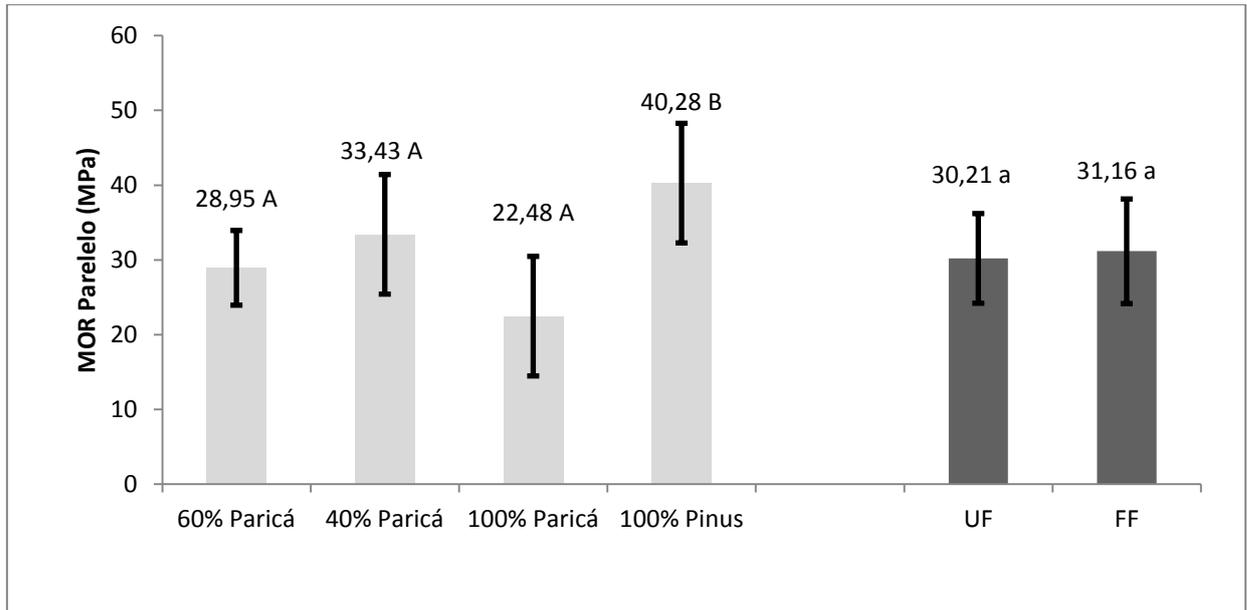
Fonte: Do autor (2018).

Apesar da divergência de densidade aparente para os painéis confeccionados com diferentes adesivos, esta diferença não foi suficiente para afetar a resistência mecânica.

Quanto ao adesivo, não houve influência significativa deste fator para o ensaio de flexão paralela às fibras, conforme Tabela 3 e Figura 7. Desta forma, para este ensaio, pode-se inferir que o tipo de adesivo não influenciou o comportamento dos painéis.

A partir do ensaio de flexão paralela às fibras, foram calculados os valores de módulo de ruptura (MOR) para cada um dos tratamentos. Na Figura 8, são apresentados os valores médios obtidos. Estatisticamente, não há influência significativa do adesivo ou da interação adesivo-madeira para o MOR, assim como não houve para o MOE, sendo a estrutura das lâminas a única fonte de variação significativa.

Figura 8 – Valores médios de módulo de ruptura (MOR) obtidos pela flexão paralela às fibras.



Fonte: Do autor (2018).

Para o MOR, não houve diferença significativa entre os valores obtidos entre compensados compostos por lâminas de pinus e paricá, ou exclusivamente de paricá. Embora os valores de MOE para os painéis produzidos exclusivamente com paricá tenham sido estatisticamente inferiores, o mesmo não ocorre para o MOR calculado para os painéis compostos exclusivamente de paricá.

O maior valor observado para os painéis 100% pinus muito provavelmente se deu porque a presença do pinus influenciou os resultados de elasticidade, por ser uma madeira composta por fibras longas (traqueóides) e mais resistentes a flexão. Entretanto, a presença de fibras longas não afetou significativamente a tensão de ruptura do material, valor a partir do qual foram calculados os resultados de MOR.

Assim como para os resultados de MOE, os adesivos UF e FF não influenciaram significativamente os valores de MOR obtidos a partir do ensaio de flexão paralela às fibras.

Com relação aos painéis comerciais de pinus, os dados apresentados no catálogo técnico da ABIMCI para painéis de *Pinus taeda* com massa específica de 530 Kg/m<sup>3</sup> são de 6.890 MPa e 38,1 MPa, respectivamente para MOE e MOR paralelo.

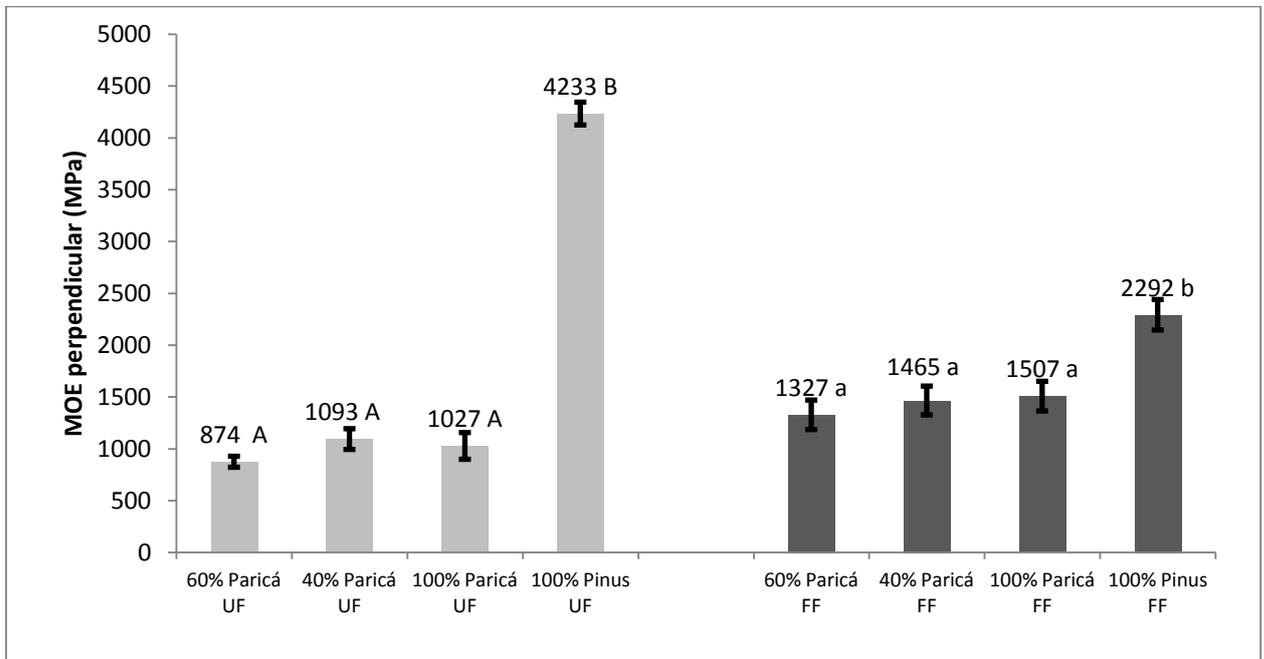
Comparativamente, os painéis de *Pinus oocarpa* deste trabalho apresentaram densidade aparente levemente inferior, e assim também o foi para o MOE, cujos valores médios foram de 4363,0 MPa. Para o MOR, os valores médios alcançados para painéis de *Pinus oocarpa* também foram ligeiramente inferiores, 35,72 MPa.

#### 4.4.2 Flexão perpendicular às fibras

Os resultados das análises estatísticas para os ensaios de flexão perpendicular às fibras indicam que a estrutura das lâminas influenciou significativamente os resultados de MOE obtidos, mas não houve influência expressiva dos adesivos utilizados, seja UF ou FF. Entretanto, houve interação considerável entre os adesivos e estrutura das lâminas para a propriedade de MOE (Tabela 3).

Na Figura 9, são apresentados os valores médios de MOE obtidos para os oito tratamentos realizados. Nela podemos observar a influência da interação entre o adesivo utilizado e a estruturadas lâminas. Para os tratamentos contendo 40%, 60% e 100% de paricá com adesivo UF, não houve diferença estatística entre os valores médios de MOE obtidos, mas o painel composto exclusivamente de pinus diferiu bastante dos demais, chegando a suportar uma carga mais do que quatro vezes superior aos demais. Tal comportamento se deve ao fato de a madeira de pinus ter mais densidade, o que se reflete em suas propriedades mecânicas.

Figura 9 – Valores médios de módulo de elasticidade obtidos pela flexão perpendicular às fibras.



Fonte: Do autor (2018).

Seria de esperar que quanto maior fosse o percentual de pinus no compensado, maior seriam os valores de MOE; entretanto, isto não ocorreu. Considerando que os valores são estatisticamente iguais para quaisquer percentuais de paricá, muito provavelmente, os

menores valores para todos os tratamentos contendo paricá são um indicativo de absorção excessiva do adesivo, gerando linha de cola faminta e, conseqüentemente, enfraquecendo as propriedades mecânicas dos painéis. Como solução para esta questão, poderiam ser feitos novos estudos visando adequar a viscosidade do adesivo à madeira de paricá.

Quanto a diferença notória entre os resultados de MOE dos painéis 100% pinus FF e UF, é possível também que os painéis confeccionados com UF tenham sido beneficiados com presença de lâminas de lenho adulto, o qual apresenta densidade e propriedades mecânicas superiores. Entretanto, não houve controle deste fator no experimento.

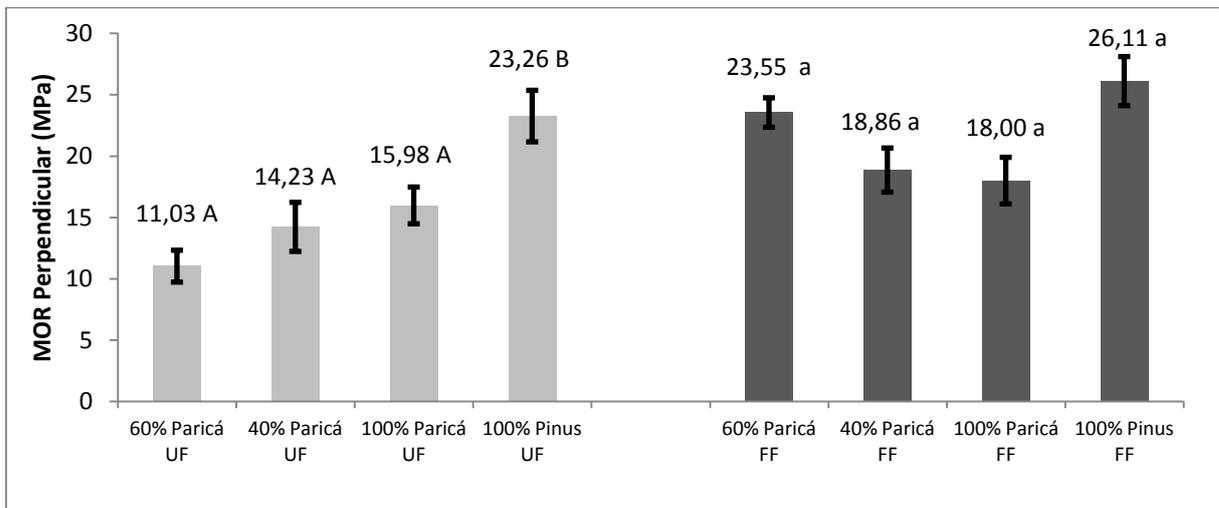
No relativo aos painéis produzidos com adesivo FF, podemos observar a mesma tendência de comportamento dos tratamentos contendo 40%, 60% e 100% de paricá, os quais não diferem estatisticamente entre si. Os painéis compostos exclusivamente por pinus também apresentaram valor médio superior de MOE, mas não tão divergente quanto os painéis compostos 100% de pinus e com utilização de adesivo UF.

Como também não houve um aumento gradativo de MOE com o aumento do percentual de pinus dos painéis, neste caso, é possível que ajustes da viscosidade do adesivo para a madeira de paricá possa beneficiar os painéis compostos.

Na Figura 10, são apresentados os valores médios de MOR para os painéis ensaiados na flexão estática perpendicular às fibras. Para o MOR, houve influência significativa da estrutura das lâminas e dos adesivos utilizados, ou seja, UF ou F. Assim como no caso do MOE, houve ainda interação significativa entre os adesivos e estrutura das lâminas para esta propriedade (Tabela 3).

Para os painéis feitos com adesivo UF, todos os tratamentos contendo paricá (40%, 60% e 100%) apresentaram MOR estatisticamente igual, não havendo influência clara entre o percentual de pinus e esta propriedade. Entretanto, os valores de MOR para painéis compostos exclusivamente por pinus foram superiores, indicando mais uma vez a influência das propriedades do pinus. No caso dos painéis compostos confeccionados com adesivo FF, não houve diferença estatística entre nenhum dos tratamentos.

Figura 10 – Valores médios de módulo de ruptura (MOR) obtidos pela flexão perpendicular às fibras.



Fonte: Do autor (2018).

De acordo com o catálogo técnico da ABIMCI, os valores médios de MOE e MOR perpendicular dos painéis comerciais de *Pinus taeda* são, respectivamente, de 2.839 MPa e 25,3 MPa, para massa específica de 0,53 g/cm<sup>3</sup>. Portanto, os valores médios obtidos para o MOE perpendicular às fibras dos painéis de *Pinus oocarpa*, equivalente a 3262,5 MPa, foi superior a do catálogo, mesmo com esta espécie possuindo densidade aparente inferior ao *P. taeda*. Já para o MOR, os valores diferem muito pouco, tendo o valor médio deste trabalho sido de 24,68 MPa.

#### 4.4.3 Cisalhamento na linha de cola

Na Tabela 4, são apresentados os resultados das análises estatísticas dos ensaios de cisalhamento seco, úmido e após fervura. Para os ensaios de cisalhamento seco, houve efeito significativo da estrutura das lâminas, dos adesivos, bem como da interação da estrutura das lâminas dos painéis com o adesivo.

Tabela 4 – Significância estatística dos resultados dos ensaios de cisalhamento seco

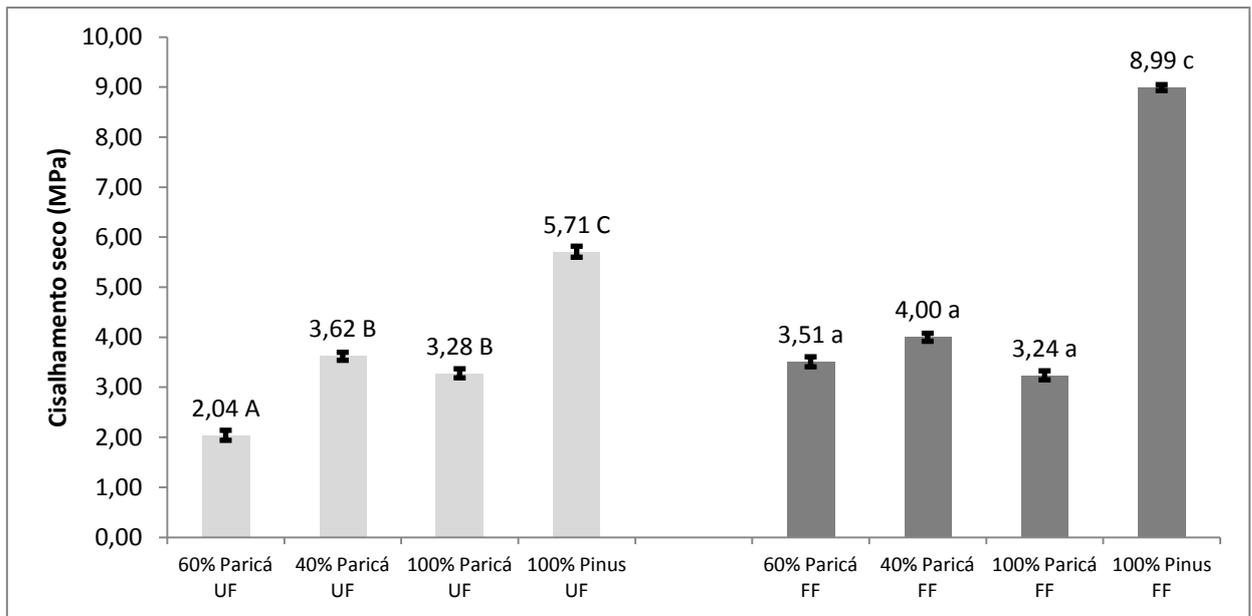
Fontes de variação	Fc (Cisalhamento seco)
Estrutura lâminas	10,36*
Adesivos	8,37*
E x A	8,98*

Legenda: \*Significativo a 95% de significância. NS Não significativo a 95% de significância.

Fonte: Do autor (2018).

Na Figura 11, são apresentados os valores médios de resistência obtidos através do ensaio de cisalhamento a seco para todos os tratamentos realizados. Nela podemos observar separadamente os resultados médios de resistência ao cisalhamento seco para todos os tratamentos realizados.

Figura 11 – Valores médios de resistência ao cisalhamento a seco.



Fonte: Do autor (2018).

Para os tratamentos realizados com o adesivo UF, os painéis compostos por 60% de paricá apresentaram valores inferiores àqueles compostos por 40% e 100%, enquanto os painéis compostos exclusivamente por lâminas de pinus apresentaram resultados visivelmente superiores.

Considerando a arquitetura dos corpos de prova para ensaios de cisalhamento, a resistência superior das lâminas no sentido das fibras e que, para uma boa colagem, o rompimento do corpo de prova deve ocorrer na madeira, era de se esperar que corpos de prova com lâmina central de pinus apresentassem maior resistência, já que a lâmina de pinus estaria no sentido das fibras, enquanto corpos de prova com lâmina central de paricá teriam menor resistência ao cisalhamento, uma vez que as lâminas de pinus estariam em sentido perpendicular às fibras.

Isto de fato ocorreu, pois se considerarmos os tratamentos com 40% de paricá, apresentam a configuração explanada acima e além de valores estatisticamente superiores aos painéis com 60% de paricá para o caso do adesivo UF. Entretanto, o mesmo não ocorreu para o adesivo FF, no qual não houve diferença estatística entre os painéis com diferentes

percentuais de paricá. Também não eram esperados resultados estatisticamente iguais para os painéis 60% e 100% paricá com adesivo UF.

Tal constatação pode ser uma evidência de adesão inadequada entre as duas espécies de madeira, devendo isto ser mais bem estudado em trabalhos futuros. Estes resultados, muito provavelmente, refletem a interação significativa entre adesivo e madeira contida na tabela 4.

O tratamento T4, composto exclusivamente por pinus com colagem UF, apresentou comportamento esperado, indicativo de boa união entre as lâminas. A resistência ao cisalhamento seco deste tratamento diferiu significativamente das anteriores, apresentando valores superiores, dada a maior resistência mecânica da madeira de pinus, em relação ao paricá.

Os valores médios de cisalhamento a seco encontrados para os compensados de paricá com adesivo UF e FF são superiores aos valores encontrados por Iwakiri et al.(2011). Todos os valores de tensão de ruptura média de cisalhamento obtidos a partir de painéis com adesivo UF e FF atenderam ao requisito mínimo de 1,0 MPa, independentemente da porcentagem de falhas na madeira, conforme estabelecido pelas Normas européias e NBR ISO 12466-2.

O comportamento dos tratamentos FF não apresentou a mesma tendência dos tratamentos UF, exceto para os painéis 100% pinus e 100% paricá. Esta variação pode ser um indicativo de interação diferenciada entre os adesivos utilizados e os painéis. Entretanto, todos os painéis atenderam a NBR ISO 12466-2.

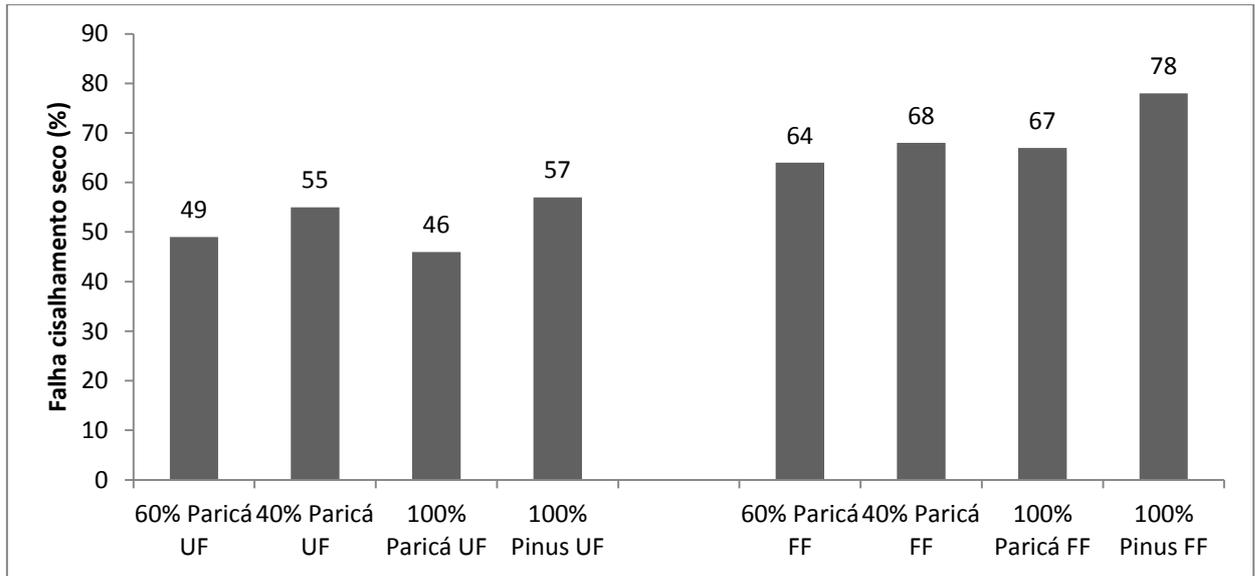
Como há certo padrão entre os painéis de composição exclusiva de paricá ou de pinus, a oscilação de valores pode também estar relacionada a alguma interação química entre as espécies utilizadas e os adesivos, além de estar relacionada à absorção diferenciada do adesivo por partes das espécies utilizadas.

Sugere-se, para maior conhecimento dos fatos, ajustes dos parâmetros do adesivo e/ou da temperatura e tempo de prensagem, visando atender a absorção de adesivo para as duas espécies, concomitantemente, bem.

#### **4.4.4 Falhas de cisalhamento seco**

Na Figura 12, são apresentados os valores médios para as falhas de cisalhamento seco de todos os tratamentos realizados.

Figura 12 – Falhas de cisalhamento a seco.



Fonte: Do autor (2018).

Todos os tratamentos atenderam os requisitos das Normas europeias e NBR ISO 12466-2 para o ensaio de cisalhamento, o que torna dispensável a discussão sobre as falhas de cisalhamento seco. Como podemos observar, os painéis confeccionados com adesivo UF apresentaram desempenho superior aos feitos com adesivo FF, apresentando menor percentual de falhas.

## 5 CONCLUSÕES

- Os resultados das propriedades físicas avaliadas indicam a viabilidade de uso de lâminas de madeira de paricá na produção de painéis compensados.
- Compensados produzidos com lâminas de madeira de paricá tiveram destaque em todas as combinações (40%, 60% e 100%), apresentando menores resultados de umidade de equilíbrio.
- A densidade básica média obtida para a madeira de paricá foi inferior à da madeira de pinus.
- A menor densidade da madeira de paricá em relação à madeira de pinus fez com os compensados com maior quantidade de lâminas de paricá apresentassem menor densidade aparente.
- Quanto à absorção de água total, os painéis absorveram de forma homogênea, independentemente de sua composição de madeira de fabricação das lâminas ou adesivo.
- Tanto o fator composição dos painéis quanto o adesivo não influenciaram o MOE paralelo às fibras, havendo diferença estatística apenas entre os painéis com composição exclusiva de paricá ou pinus. Para o MOR paralelo às fibras, o percentual de paricá não influenciou os valores obtidos, havendo diferença estatística apenas entre os painéis com composição exclusiva de pinus.
- Para o MOE perpendicular às fibras, o percentual de paricá não influenciou os valores obtidos. Ou seja, apenas os painéis com composição exclusiva de pinus diferiram estatisticamente dos outros. Os valores de MOE perpendiculares às fibras sofreram influência significativa da interação da estrutura das lâminas e adesivo.
- O percentual de paricá também não influenciou os valores obtidos para MOR perpendicular às fibras, havendo diferença estatística apenas para os painéis 100% pinus. Houve influência significativa do adesivo e da interação entre a estrutura das lâminas e o adesivo nos valores de MOR perpendicular às fibras.
- A resistência ao cisalhamento seco sofreu influência da composição das lâminas, dos adesivos e da interação entre estes dois fatores.
- De forma geral, os painéis de pinus apresentaram melhor desempenho de propriedades e na adesão.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBINO, V. C. S.; SÁ, V. A.; BUFALINO, L.; MENDES, L. M.; ALMEIDA, N. A. Avaliação das propriedades físicomecânicas de painéis compensados de *Toonaciliata M. Roem. var. australis*. **Cerne**, Lavras, v. 17, n. 1, p. 103-108, jan./mar. 2011.
- ALBUQUERQUE, C. E. C. de. Processamento mecânico da madeira na evolução humana. **Revista da Madeira**, Caxias do Sul, v. 4, n.23, p.36-37, jul./ago. 1995.
- ALBUQUERQUE, C. E. C. Da madeira dos sarcófagos à moderna indústria. **Revista da Madeira**, Curitiba, v.8, n.45, p.26-28. 1999.
- ALMEIDA, V. C. **Efeito da adição de carga e extensor nas propriedades do adesivo ureia formaldeído e dos compensados de pinus e paricá**. 2009. 86p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2009.
- Associação Brasileira da Indústria da Madeira Processada Mecanicamente (ABIMCI). **Catálogo técnico de compensados de pinus**. Curitiba, 2002. 20 p.
- Associação Brasileira da Indústria da Madeira Processada Mecanicamente - ABIMCI. **Estudo setorial 2007**. Curitiba: 2008. 40p.
- Associação Brasileira da Indústria da Madeira Processada Mecanicamente - ABIMCI. **Estudo setorial 2009 – ANO BASE 2008**. Curitiba: 2009. 48p.
- Associação Brasileira da Indústria da Madeira Processada Mecanicamente - ABIMCI. **Compensados de Paricá: conceito e características de uma nova alternativa**. Curitiba, 2015. 8p.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Projeto 31:000.05-001/1:2004**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. **NBR 11941: Madeira - Determinação da densidade básica**. Rio de Janeiro: ABNT, 2003. 6p.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. **NBR 13999: Papel, cartão, pastas celulósicas e madeira – Determinação do resíduo (cinza) após a incineração a 525 °C**. Rio de Janeiro: ABNT, 2003. 5p.

Associação Brasileira de normas Técnicas – ABNT. **NBR 14853**: Madeira – Determinação do material solúvel em etanol-tolueno e em diclorometano. Rio de Janeiro: ABNT, 2003. 3p.

Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. **NBR 7989**: Pastas celulósicas e madeira – Determinação de lignina insolúvel em ácido. Rio de Janeiro: ABNT, 2003. 6p.

BALDWIN, R.F. **Plywood manufacturing practices**. San Francisco: Miller Freeman, 1981. 326 p.

BENDSTEN, B. A. Properties of wood from improved and intensively managed trees. In: **Proceedings of the economics & financial management and timber production technical comitees of the forest products research society**. Atalanta: Proceedings, 1978. 78p.

BERGMAN, R. D.; TAYLOR, A. M. Environmental product declarations of wood products—An application of life cycle information about forest products. **Forest Products Journal**, Madison, v. 61, n. 3, p. 192-201, 2011.

BODIG, J.; JAYNE, B. A. **Mechanics of wood and wood composites**. New York: Van Nostrand Reeinhold, 1982. 711p.

BORTOLETTO JÚNIOR, G. Produção de compensados com 11 espécies do gênero Eucalyptus, avaliação das suas propriedades físico-mecânicas e indicações para utilização. **ScientiaForestalis**, Piracicaba, n. 63, p. 65-78, jun. 2003.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira**. Colombo: Embrapa-CNPQ, 1994. 640 p.

CAVALHEIRO, R. S. **Madeira laminada colada de *Schizolobiumamazonicum* Herb. (Paricá): combinação adesivo/tratamento preservante**. 2014. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento, Caracterização e Aplicação de Materiais) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2014.

COLLI, A. **Caracterização da madeira de Paricá (*Schizolobiumamazonicum* Huber ex. Ducke) e propriedades de chapas de partículas aglomeradas com diferentes proporções e fibras de coco (*Cocos nucifera* L.)** 2007. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007. 64p.

CORADIN, V. T. R.; MUNIZ, G. I. B. **Normas e procedimentos em estudos de anatomia da madeira: I – Angispermae, II – Gimnospermae**. Brasília: IBAMA/ DIRPED/LPF (Série Técnica, 15), 1993. 19 p.

CUNHA, A. B.; RIOS, P. D. A.; STÜP, A. M.; ANTUNES, R.; BRAND, M. A. Produção de painéis compensados com resina fenólica e melamínica sem formaldeído. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 46, n. 4, p. 2016.

GOMES DA SILVA, M.; MORI, F. A.; FERREIRA, G. C.; RIBEIRO, A. O.; CARVALHO, A. G.; BARBOSA, A. C. M. C. Estudo anatômico e físico da madeira de *Schizolobiumparahyba* var. *amazonicum* proveniente de povoamentos nativos da Amazônia Oriental. **ScientiaForestalis**, Piracicaba, v. 44, n. 110, p. 293-301, jun. 2016.

Indústria Brasileira de Árvores – IBÁ. **Relatório IBÁ 2017**. São Paulo, 2017. 77p.

Instituto Nacional de Investigación Agraria. **Manual de identificación de especiesforestales de lasubregión andina**. Lima: INIA: OIMT, 1996. 489 p.

IWAKIRI, S.; SILVA, J. C.; SILVA, J. R. M.; ALVES, C. R.; PURHRINGER, C. A. Produção de compensados de *Pinus taeda* L. E. e *Pinus oocarpa* Schiede com diferentes formulações de adesivo ureia formaldeído. **Revista Árvore**, Viçosa, v.26, n.3, p.371-375, 2002.

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

IWAKIRI, S.; VARGAS, C. A.; PARCHEN, C. F. A.; WEBER, C.; BATISTA, C. C.; GARBE, E. A.; CIT, E. J.; PRATA, J. G. Avaliação da qualidade de painéis compensados produzidos com lâminas de madeira de *Schizolobiumamazonicum*. **Floresta**, Curitiba, v.41, n.3, p.451-458, 2011.

IWAKIRI, S.; MANHIÇA, A. A.; RAMIREZ, M. G. L.; MATOS, J. L. M.; BONDUELLE, G. M.; PRATA, J. G. Avaliação da qualidade de painéis compensados de *Pinus maximinoi*, *Pinus oocarpa* e *Pinus tecunumannii* com diferentes composições estruturais. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n.2, p. 315-321, 2012.

KLOCK U. **Qualidade da madeira de *Pinus oocarpa* Schiede e *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barr e Golf.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal). Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1989.

LE COINTE, P. 1947. **Árvores e plantas úteis (Amazônia brasileira III).** Companhia Editora Nacional, São Paulo – SP, 1947. 92p.

LISBOA, F. J. N.; GUIMARÃES, Í. L.; GUIMARÃES JUNIOR, J. B.; MENDES, R. F.; MENDES, L. M.; PROTÁSIO, T. P. Potencial de utilização da madeira de *Sclerolobium paniculatum*, *Myracrodruon urundeuva* e *Amburana cearensis* para produção de compensados. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 44, n. 109, p. 129-139, mar. 2016.

LOBÃO, M. S.; COSTA, D. P.; ALMONACID, M. A. A.; TOMAZELLO FILHO, M. Qualidade do lenho de árvores de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* Acre, Brasil. **Floresta e ambiente**, Seropédica, v. 19, n. 3, p. 374-384, 2012.

LUTZ, J. F. **Wood veneer log selection, cutting and drying.** Forest Service, U.S. Department of Agriculture, University of Wisconsin, 1978. 137p.

MARRA, A. A., **Technology of wood bonding.** Nova York: Van Nostrand Reinhold, 1992. 453p.

MATSUBARA, R. K. **Caracterização dendrológica e física de cinco espécies arbóreas de ocorrência no estado de Mato Grosso.** Monografia (Especialização em Produtos Florestais) – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2003.

MELO, R.R; DEL MENEZZI, C. H. S.; SOUZA, M. R.; STANGERLIN, D. M. Avaliação das Propriedades Físicas, Químicas, Mecânicas e de Superfície de Lâminas de Paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex. Ducke). **Floresta e ambiente**, Seropédica, v. 20, p. 238-249, 2013.

NOCE, R; CARVALHO, R. M. M. A; CANTO, J. L; SILVA, M. L; MENDES, L. M. Medida da desigualdade do mercado internacional de compensado. **Revista Cerne**, Lavras, v. 13, n. 001, p. 107-110, 2006.

Organización Internacional de las Maderas Tropicales. **Atlas de maderas tropicales de America Latina.** Abbeville: OIMT: CTFT, 1990. 218 p.

PAULA, J. E. Madeiras que produzem álcool, coque e carvão. **CNP - Atualidades**, Brasília, n. 72, p. 31-45, 1980.

PEREIRA, A. R.; BRANDT, S. A.; TEIXEIRA, H. H. L. Análise econométrica da demanda de carvão vegetal. **Revista Árvore**, Viçosa, v.6, n.2, p.99–103, 1982.

PETERSON, J.; ZIGER, M. Avaliação das propriedades mecânicas de painéis compensados de *Eucalyptusdunnii* e *Eucalyptusdunnii/Pinus taeda*. **Cerne**, Lavras, v.13, n.3, p.329-338, 2007.

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

RODRÍGUEZ ROJAS, M.; SIBILLE MARTINA, A. M. **Manual de identificación de especies forestales de la Subregión Andina**. Lima: INIA, 1996. 291 p.

SELLERS, J. R. T. **Plywood adhesive technology**. New York: M. Dekker, 1985. 661 p.

SOUZA, C. R.; ROSSI, L. M. B.; AZEVEDO, C. P.; LIMA, R. M. B. Desempenho de espécies florestais potenciais para plantios na Amazônia Central. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 8., 2003, São Paulo. **Anais...** São Paulo: SBS: SBEF, 2003. 1 CD-ROM.

STELLA, J.C. **A influência de variáveis do ciclo de prensagem e gramatura de Cola nas propriedades mecânicas de compensados de paricá. (*Schizolobiumamazonicum*)**. Monografia (Graduação em Engenharia Industrial Madeireira). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

SUCHSLAND, O. **Warping of furniture panels**. Michigan: Agriculture Experimental Station, 1972. (Extension Bulletin E-745).

TEREZO, R. F. **Avaliação tecnológica do paricá e seu uso em estruturas de madeira laminada colada**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010. 201p.

TOMASELI, I. Tendências de mudanças na indústria de painéis. **Revista da Madeira**, Curitiba, n. 43, p. 36-42, 1999.

TRIERWEILER, J. L.; PENNA, J. E.; BORGES, P. H. M. Variação axial da densidade básica em seis diferentes níveis de altura do tronco de *Schizolobiumamazonicum* ducke (“pinho cuiabano”), usando-se três fatias centrais contíguas de disco – teste de metodologia. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRA E EM ESTRUTURA DE MADEIRA, 10, 2006, Lavras. **Anais...**Lavras: UFLA, 2006.

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

URBINATI, C. V. **Influência das características anatômicas em juntas coladas de *Schizolobiumparahyba* var. *amazonicum* (Huber ex. Ducke) Barneby (PARICÁ).** Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia da Madeira) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013. 161p.

VIDAURRE, G. B. **Caracterização anatômica, química e físico-mecânica da madeira de paricá (*Schizolobiumamazonicum*) para produção de energia e polpa celulósica.** Tese (Doutorado em Ciência Florestal). Viçosa: Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Viçosa; 2010.

ZUGMANN, I.C. Estrutura das indústrias e comércio de madeira compensada e laminada no Brasil e no mundo. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUTOS SÓLIDOS DE MADEIRA DE ALTA TECNOLOGIA, 1., 1998, Belo Horizonte. **Anais...** Viçosa, MG: SIF/UFV/DEF, 1998. p.49-54.