



**MARCO ANTONIO PEPE LUZ**

**EXTENSORES ALTERNATIVOS NA  
PRODUÇÃO DE ADESIVO PARA A  
MANUFATURA DE COMPENSADOS**

**LAVRAS – MG**

**2015**

**MARCO ANTONIO PEPE LUZ**

**EXTENSORES ALTERNATIVOS NA PRODUÇÃO DE ADESIVO  
PARA A MANUFATURA DE COMPENSADOS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia da Madeira, área de concentração em Processamento e Utilização da Madeira, para a obtenção do título de Mestre.

Orientador

Dr. Lourival Marin Mendes

Coorientador

Dr. Fábio Akira Mori

Dr. André Luiz Zangiácomo

**LAVRAS – MG**

**2015**

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

Luz, Marco Antonio Pepe.

Extensores alternativos na produção de adesivo para a  
manufatura de compensados / Marco Antonio Pepe Luz. – Lavras:  
UFLA, 2015.

44 p. : il.

Dissertação(mestrado acadêmico)–Universidade Federal de  
Lavras, 2015.

Orientador: Lourival Marin Mendes.

Bibliografia.

1. Extensor. 2. Fenol-formaldeído. 3. Painéis compensados. I.  
Universidade Federal de Lavras. II. Título.

**MARCO ANTONIO PEPE LUZ**

**EXTENSORES ALTERNATIVOS NA PRODUÇÃO DE ADESIVO  
PARA A MANUFATURA DE COMPENSADOS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia da Madeira, área de concentração em Processamento e Utilização da Madeira, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 2 de outubro de 2015.

Dr. Fábio Akira Mori UFLA

Dr. José Benedito Guimarães Junior UFG

Dr. Lourival Marin Mendes  
Orientador

**LAVRAS – MG**

**2015**

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus por estar sempre presente.

Ao orientador Prof. Dr. Lourival Marin Mendes, pela oportunidade, confiança, orientação e paciência, proporcionando-me liberdade e independência na realização deste trabalho.

Aos meus coorientadores Prof. Dr. Fábio Akira Mori e André Luiz Zangiácomo pelos ensinamentos prestados, contribuindo para minha formação e realização deste trabalho.

Ao Prof. Dr. José Benedito Guimarães Junior, por ter aceito o convite de participar da Banca avaliadora deste trabalho e por ter se deslocado de tão longe e com recurso próprio.

Ao Prof. Gustavo Henrique Denzin Tonoli, pelas valiosas conversas em sua residência, espaço não formal de educação.

Aos pesquisadores e funcionários da CTM, em especial ao Wilson Batista, Mário Vanoli Scatolino e Thiago de Paula Protásio, grande amigo e parceiro de momentos bons e ruins, sempre me incentivando a progredir e nunca desistir, pela amizade concedida, apoio, solicitude e grande contribuição para a realização dos experimentos.

Ao grande amigo Ney Robson Taironi, pelas contribuições de grande valia dadas a mim e ao projeto.

Aos grandes amigos Danilo, Hugo, Lisiane, Lidiane, Lina, Ana Carolina, Ana Clara, Pedro, Rafaeli, Yllian, Fernanda, Abner, Bárbara, Mohamad, Zohreh, por estarem presentes nos momentos mais especiais e enriquecedores da minha vida, principalmente aqueles vividos no espaço não formal de educação.

A minha família, em especial a minha mãe que me apoiou em todos os momentos e ao meu pai, que de algum lugar do universo, além do meu coração e

minhas lembranças, deve estar orgulhoso por mais uma batalha ganha em meio à guerra.

A minha esposa, por ter me incentivado e aguentado a luz acesa durante longas madrugadas de pesquisa e redação até a conclusão desta dissertação.

À UFLA, à coordenadoria de pós-graduação em Ciência e Tecnologia da Madeira, aos professores e funcionários por terem possibilitado minha formação acadêmica.

À FAPEMIG e CAPES pelo suporte financeiro.

“Julgando mal você gasta tempo e energia, ao invés de levar a magia ao irmão seu...”

Ponto de Equilíbrio

## RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar as potencialidades da utilização de extensores alternativos na manufatura de painéis compensados como substitutos à farinha de trigo. Tais painéis foram produzidos com lâminas de *Pinus oocarpa*, com dois milímetros de espessura e colados com adesivo à base de fenol-formaldeído, aplicado em linha simples de cola, na gramatura de 180 g.m<sup>2</sup>. Os extensores que foram utilizados na produção dos adesivos foram: cinza de pneu; filito cinza; lignina Kraft; microssilicato e rejunte branco. Todos foram comparados à testemunha produzida com a farinha de trigo. Corpos de provas foram avaliados em testes físicos e mecânicos: de massa específica; absorção de água; inchamento em espessura; flexão estática e cisalhamento na linha de cola. O tratamento utilizando rejunte branco supriu todos os valores mínimos das normas de referência só se diferenciando estatisticamente na resistência da linha de cola no teste seco, superando os valores encontrados nos painéis testemunhas. Porém a cinza de pneu e o microssilicato como extensores obtiveram resultados satisfatórios em todos os testes, exceto no módulo de elasticidade no sentido perpendicular às fibras, o que indica o uso no sentido paralelo. Portanto, há viabilidade do uso destes materiais, sendo possíveis substitutos para a farinha de trigo.

Palavras-chave: Extensor. Fenol-formaldeído. Painéis compensados. *Pinus oocarpa*.



## ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the use of alternative extenders as substitutes for wheat flour in the manufacture of plywood. The panels were produced with *Pinus oocarpa* veneers, with thickness of 2 millimeters, and glued with phenol-formaldehyde based adhesive, applied in simple line at 180 g.m<sup>2</sup>. The following extenders were used: tire ash; gray phyllite; Kraft lignin; microsilica; and white grouting. The panels were all compared to the control samples produced with wheat flour. The following physical and mechanical tests were performed in the specimen: specific mass; water absorption; swelling thickness; static bending; and glue line shear strength. Sample panels produced with white grouting provided all the minimum values specified in the reference standards, only differing statistically for glue line shear strength values at dry condition, which were above those found for control sample. However, we applying tire ash and microsilica as extenders, we verified satisfactory results for all testes, with the exception of elasticity modulus in the direction perpendicular to the fibers. These results indicate that this plywood should be used in the direction parallel to the fibers. Thus, the use of these extenders is feasible as possible substitutes for wheat flour.

Keywords: Extender. Phenol-formaldehyde. Plywood. *Pinus oocarpa*.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	10
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	12
<b>2.1</b>	<b>Painéis de madeira</b> .....	12
<b>2.2</b>	<b>Painéis compensados laminados</b> .....	13
<b>2.3</b>	<b>Adesivos</b> .....	14
<b>2.4</b>	<b>Extensores</b> .....	16
<b>2.5</b>	<b>Aditivos e cargas</b> .....	16
<b>2.6</b>	<b>Possíveis materiais com propriedades de extensores, aditivos ou cargas</b> .....	17
<b>2.6.1</b>	<b>Cinza de pneu</b> .....	17
<b>2.6.2</b>	<b>Filito cinza</b> .....	18
<b>2.6.3</b>	<b>Lignina Kraft</b> .....	18
<b>2.6.4</b>	<b>Microssilicato</b> .....	19
<b>2.6.5</b>	<b>Rejunte branco</b> .....	21
<b>2.6.6</b>	<b>Farinha de trigo (Testemunha)</b> .....	21
<b>2.7</b>	<b>Pesquisas desenvolvidas utilizando extensores alternativos</b> .....	22
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	23
<b>3.1</b>	<b>Coleta da tora e escolha de material</b> .....	23
<b>3.2</b>	<b>Delineamento experimental</b> .....	25
<b>3.2.1</b>	<b>Produção laboratorial dos painéis compensados</b> .....	26
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	31
<b>4.1</b>	<b>Massa específica dos painéis compensados</b> .....	31
<b>4.2</b>	<b>Absorção de água e inchamento em espessura em 24 horas</b> .....	32
<b>4.3</b>	<b>Cisalhamento na linha de cola</b> .....	33
<b>4.4</b>	<b>Flexão estática</b> .....	35
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	38
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	39

## 1 INTRODUÇÃO

O compensado é um composto de lâminas de madeira sobrepostas em número ímpar de camadas, formando um ângulo de 90° entre as camadas adjacentes (IWAKIRI, 2005). Dentre os painéis compensados, os mais comuns são os de 3, 5, 7 ou 9 camadas (KOLLMANN; KUENZI; STAMM, 1975; TSOUMIS, 1991). As características mecânicas associadas à boa estabilidade dimensional do compensado fazem com que ele seja utilizado em vários setores, principalmente nos setores da indústria moveleira e na construção civil.

Na manufatura do painel compensado é fundamental a utilização de um adesivo, material este que define o tipo de utilização do produto final. Vários tipos de materiais podem ser utilizados em sua composição de um determinado tipo de adesivo, esses materiais são os aditivos, as cargas e/ou extensores, combinados de acordo com as propriedades específicas a serem ressaltadas para o tipo de uso.

Segundo Marra (1992) e Sellers Junior (1985), o extensor é um material adicionado à mistura com resina e outros componentes e tem como função principal reduzir o custo final do adesivo e auxiliar no controle da viscosidade e nas funções do movimento do adesivo, desde o espalhamento até sua cura ou solidificação.

No Brasil, o extensor mais utilizado pela indústria de compensados é a farinha de trigo. Atualmente, importamos em média 80% da farinha de trigo consumida no Brasil, mostrando que a demanda cada vez aumenta mais impulsionada pelo crescimento populacional, fazendo-se necessário o empenho de pesquisadores para se encontrar materiais alternativos para a farinha de trigo na manufatura do compensado.

Este trabalho tem como objetivo principal avaliar possíveis substitutos alternativos à farinha de trigo na produção dos painéis compensados.

Como objetivos específicos esse trabalho abordou:

- a) A viabilidade do uso destes materiais com função catalizadora ou adesiva, encontrados na construção civil e em materiais descartados pelas indústrias, mas ainda não estudados como extensores, desvinculando-se da ideia de que extensores são materiais **à base de amido ou proteína**;
- b) Executar testes físicos e mecânicos para todos os tratamentos e compará-los à testemunha para comprovar a viabilidade do uso de possíveis substitutos para a farinha de trigo.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Painéis de madeira

Os painéis de madeira reconstituída são divididos em dois grandes grupos, compostos laminados e compostos particulados, consecutivamente subdividido em outras classes e produtos (Figura 1).

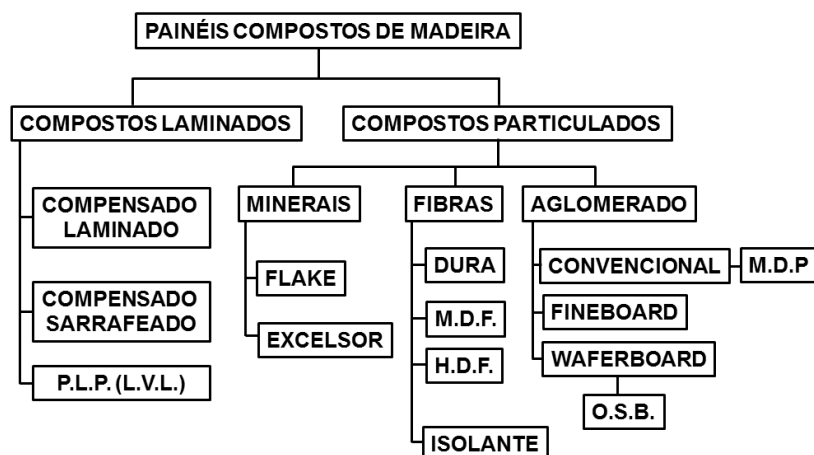


Figura 1 Esquema representativo de produtos de madeira reconstituída

Fonte: Marra (1992), adaptado.

A fabricação de produtos reconstituídos de madeira (painéis) é uma das alternativas para melhorar o aproveitamento da madeira, garantindo a conservação dos recursos florestais a partir da utilização de pequenos elementos de forma e dimensões variadas. Além disso, é possível ampliar a utilização de madeiras menos nobres, com defeitos e também resíduos da indústria madeireira e da agroindústria, como os materiais lignocelulósicos. Porém, a produção desses painéis só é possível devido ao advento dos adesivos, que tem a

capacidade de manter unidos esses materiais quando aplicado na superfície das lâminas ou partículas de madeira (IWAKIRI et al., 2012).

Com a crescente demanda por madeira reflorestada e painéis reconstituídos, com o aumento da oferta de produtos produzidos a partir destes materiais, pelos mercados doméstico e internacional, fazem-se necessários estudos na área de painéis para melhoria da qualidade destes produtos (OKINO et al., 2007), sempre visando a evolução do produto para melhor, não que ele seja ruim.

## **2.2 Painéis compensados laminados**

A qualidade da tora é um fator importante relacionado ao processo de laminação. Para se obter maior rendimento e maior qualidade nas lâminas, destacam-se toras mais retilíneas, fator de conicidade do fuste, diâmetro, rachaduras de topo e presença de nós da madeira (BALDWIN, 1985). Além das características inerentes à madeira, a obtenção de lâminas de maior qualidade pode se dar através da regulação precisa do torno laminador (BONDUELLE, 1996).

A qualidade de um painel compensado depende da densidade da madeira, bem como de seu pH, teor de umidade, extrativos, local de crescimento, idade e forma do tronco, da qualidade das lâminas empregadas e do processo de manufatura, todos estes fatores incluindo o tipo de adesivo, refletem diretamente sobre as propriedades físicas e mecânicas dos compensados (ARCHER, 1948).

Algumas características como a capacidade de absorver cargas de impacto, resistência a rachaduras, grandes dimensões, aplicação de preservativos contra organismos xilófagos adicionados à própria cola, bem como, mesclar diferentes espécies de madeira em um mesmo painel resultam em flexibilidade

da produção, podendo-se utilizar até lâminas com nós e rachaduras no miolo, e utilizando lâminas de melhor qualidade nas capas podemos reduzir o custo de produção e consecutivamente o preço final do produto (MACEDO; ROQUE, 1997; WALKER, 1993).

Estudos sobre produção de lâminas e manufatura de painéis compensados a partir de espécies do gênero *Pinus* plantadas no Brasil foram realizados por autores tais como: Bortoletto Junior (2006, 2008, 2010); Ferreira et al. (2009); Iwakiri et al. (2002a, 2002b); Jankowski (1980); Lara Palma (1997) e Medina (1986) Estes estudos demonstraram que as lâminas o gênero *Pinus* apresentam potencial para produção de painéis viáveis e com características físicas e mecânicas adequadas.

A comercialização dos mais variados tipos de painéis vem ganhando espaço principalmente devido às diversas aplicações de usos que podem ser submetidos, tais como: painéis para uso interno, para uso externo e para uso estrutural (BORTOLETTO JUNIOR; GARCIA, 2004; EISFELD, 2010). Tais usos são em grande parte determinados principalmente pelos tipos e características dos adesivos aplicados na produção dos painéis (IWAKIRI et al, 2012).

O adesivo é indispensável na manufatura dos painéis compensados e está ligado diretamente às respostas físicas e mecânicas destes painéis (ARCHER, 1948).

### **2.3 Adesivos**

Os adesivos são substâncias aderentes capazes de manter unidos outros materiais quando aplicados nas suas superfícies (IWAKIRI, 2005).

No entanto, a ligação por adesivos em superfícies de madeira continua a ser uma das áreas mais desafiadoras da pesquisa em ciência da madeira, devido à

alta variabilidade de espécies madeireiras e a sua alta complexidade de composição elementar e estrutural (IWAKIRI, 2005).

A estrutura porosa, a rugosidade da superfície, a heterogeneidade da química da madeira e natureza higroscópica são apenas algumas das principais propriedades de superfície, que estão fortemente associadas à penetração do adesivo (IWAKIRI, 2005; IWAKIRI et al., 2012; VICK, 1999).

Ligações adesivas são formadas numa estrutura de madeira por uma combinação de difusão do adesivo ao longo da superfície, por penetração e solidificação (Figura 2). O adesivo deve ligar as superfícies a fim de fazer o contato com a estrutura molecular da madeira, de modo que as forças intermoleculares de atração entre o adesivo e a madeira tornam-se eficazes (PIZZI, 1994; PIZZI; MITTAL, 2003).

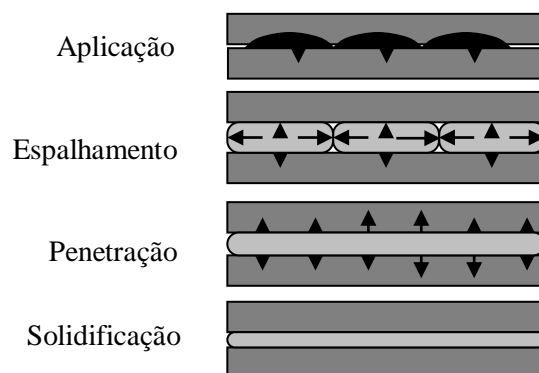


Figura 2 Esquema representativo do movimento do adesivo  
Fonte: Marra (1992).

Na composição do adesivo na manufatura do compensado é utilizado um material chamado de extensor (farinha de trigo), material este que tem o intuito de baratear o custo do adesivo e melhorar as qualidades físico-mecânicas tanto do adesivo quanto do produto final.



## **2.4 Extensores**

Extensores são substâncias à base de amido ou proteína, com alguma ação adesiva, adicionadas à composição do adesivo para produção de compensados (IWAKIRI, 2005), no entanto também é possível a aplicação de outros extensores orgânicos.

As finalidades de uso dos extensores são variadas, tais como: redução do custo do adesivo, prolongamento do tempo de panela, tolerância no tempo de montagem, maior viscosidade do adesivo, melhor espalhamento pela superfície, evita a penetração excessiva na madeira, evita a redução acentuada da viscosidade da resina na fase inicial de aquecimento (IWAKIRI, 2005). Contrapondo essas vantagens anteriormente ditas, quanto maior uso de extensores à base de amido, maior absorção de água e susceptibilidade ao ataque de insetos (PIZZI, 1994; PIZZI; MITTAL, 2003), o que favorece a busca por novos substitutos mais resistentes a tais pragas.

## **2.5 Aditivos e cargas**

Aditivos são produtos químicos incorporados nas partículas de madeira durante o processo de aplicação do adesivo, ou adicionados na batida de cola com a finalidade de melhorar algumas propriedades específicas dos painéis ou dos adesivos utilizados, tais como: catalisador ou endurecedor, emulsão de parafina, retardantes de chamas e preservantes contra fungos e insetos (IWAKIRI, 2005).

Cargas são substâncias sem propriedades de adesão, adicionadas à composição do adesivo para melhorar sua aplicação, diminuir o volume de adesivo utilizado e reduzir custos, além de propiciar fisicamente o controle da penetração do adesivo na madeira (IWAKIRI, 2005; RIBEIRO, 2008).

O uso excessivo de carga pode levar ao enfraquecimento da ligação adesiva (IWAKIRI, 2005).

As vantagens notadas com o uso de adição de carga são a redução de absorção de água, bem como o controle da susceptibilidade ao ataque de insetos. Alguns produtos utilizados como carga são: farinha de casca de coco, caolina (mineral) e substâncias sintéticas pulverizadas (ALMEIDA, V., 2009; IWAKIRI, 2005).

## **2.6 Possíveis materiais com propriedades de extensores, aditivos ou cargas**

As escolhas dos materiais alternativos se basearam na construção civil e no descarte de resíduos decorrente dos processos, como o Kraft e o de aproveitamento da raspa de recapagem de pneu, em forma de cinza.

### **2.6.1 Cinza de pneu**

A remoldagem de pneus é uma tecnologia de última geração desenvolvida na Europa, que permite a reciclagem de pneumáticos usados restituindo suas características essenciais, objetivando suprir o mercado consumidor de pneus sem agredir o meio ambiente poupando a extração de borracha (GOMES, 2007).

No processo de remoldagem o pneu usado é montado em máquinas que o fazem girar em altíssima velocidade, nesta etapa a sujeira presa ao pneu se desprende da borracha. A banda de rodagem e os flancos são retirados por processo mecânico de raspagem. Em seguida, a carcaça recebe nova camada de borracha para posterior vulcanização (FREITAS, 2007).

Portanto, a cinza de pneu é obtida através da queima da raspa da borracha de pneu, que por **processo mecânico de raspagem**, é retirada a sobra

de borracha velha, onde é fixada a banda nova de borracha, reaproveitando a carcaça antiga. Assim estamos colaborando ecologicamente com os reaproveitamentos de materiais inservíveis, como a raspa da borracha do pneu. As pesquisas que utilizam esse material dão ênfase para a substituição em grande parte dos agregados naturais empregados em concretos, argamassas, blocos, bases para pavimentação, manta asfáltica, etc. (SILVA, 2013).

A decisão pela queima se deu pela sua granulometria não ser condizente com a granulometria do extensor farinha de trigo, portanto com a queima e com o peneiramento com a peneira de 70mesh, conseguimos a granulometria semelhante.

### **2.6.2 Filito cinza**

Os filitos não mineralizados (regionais) que apresentam clorita, muscovita e quartzo, raros boudins de quartzo e baixa deformação. Estas rochas possuem valores elevados de óxido de silício, zircônio, vanádio, cromo e alumínio em relação às rochas mineralizadas. Em comparação, os filitos carbonosos mineralizados são formados por quartzo e muscovita, apresentam alto grau de deformação, elevado volume de boudins (quartzo, siderita e sulfetos) e são enriquecidos em ouro, prata, chumbo, zinco, carbono e enxofre (ALMEIDA, B., 2009).

### **2.6.3 Lignina Kraft**

A lignina é o terceiro componente fundamental da madeira, ocorrendo entre 15 e 35% de seu peso.

A lignina Kraft, também conhecida como sulfática, ocorre pela reação da madeira com sulfeto de sódio em meio básico (KAEWTATIP; THONGMEE, 2013).

A lignina, tendo em vista sua natureza, não é solúvel na maioria dos solventes orgânicos, contudo são solúveis em bases aquosas quentes e estável em soluções de ácidos minerais. A modificação química da lignina tem como objetivo principal aumentar sua hidrofobicidade e conseqüentemente, favorecer sua dispersão em solventes orgânicos (LEWIS; YAMAMOTO, 1990).

De um certo modo a molécula de lignina pode ser reduzida a um tamanho suficientemente pequeno, para ser considerado um composto químico que exhibe comportamento dos compostos solúveis (BARRICHELO; BRITTO, 1989, KLOCK et al., 2005), portanto este material foi experienciado neste trabalho, devido sua disponibilidade pelas indústrias de papel e celulose, onde a lignina é a substância que os produtores querem fora da madeira.

Estudos com lignina como adesivos já estão sendo realizados, Dias (2014) concluiu que em substituição do fenol-formaldeído, as propriedades básicas dos adesivos substituídos parcialmente e ou totalmente, apresentaram diferenças; entretanto, o valor de resistência da linha de cola para os adesivos sem extensores não apresentaram diferença significativa até 50% de substituição e que após imersão em água, os adesivos com maiores níveis de substituições de lignina apresentaram queda nos valores de resistência da linha de cola, mostrando uma alta susceptibilidade à umidade dos adesivos com lignina em sua composição.

#### **2.6.4 Microssilicato**

Para Anthony et al. (1995), os silicatos constituem a mais importante classe mineral, representando cerca de 25% dos minerais conhecidos e quase

40% dos minerais comuns; e esses minerais constituem aproximadamente 95% do volume da crosta terrestre, sendo:

- a) 59,5% representados por feldspato;
- b) 16,8% por anfibólios e piroxênios;
- c) 12% por quartzo;
- d) 3,8% pelas micas – argilas;
- e)  $\pm$  7,9% de silicatos mineralizados e não mineralizados.

Dessa maneira, a grande maioria das rochas é formada por silicatos, sendo raras as rochas magmáticas, metamórficas e sedimentares que não possuem como minerais essenciais silicatos. Assim sendo, é impossível classificar rochas sem possuir uma boa base de mineralogia dos silicatos (ANTHONY et al., 1995).

Os silicatos são utilizados também em alimentos, como por exemplo: o talco na fabricação de balas e doces.

O silicato também está presente de forma bruta ou derivada em tijolos, vidros, concreto, pedras, argamassa usada na construção das casas e são essenciais na produção de cerâmicas, refratários, fibra de vidro e vários outros produtos usados na fabricação de utensílios. Também são fonte de obtenção de alguns metais úteis para a humanidade tais como alumínio, níquel, berílio, zircônio etc. Os usos dos silicatos visando à melhoria das condições de vida são enormes e crescem dia a dia com o desenvolvimento das pesquisas (UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULHO DE MESQUITA FILHO” - UNESP, 2015).

A microsilica é proposta como um material alternativo para melhorar as características de concretos e argamassas de revestimento superficial. Dal Molin et al. (1996) experienciou o microsilicato em concreto e como resultado pode-se

observar que a adição de 6% de microsilica diminuiu, em média, 20% a perda de massa no teste de abrasão, portanto aumentou sua resistência.

### **2.6.5 Rejunte branco**

Rejunte, por definição, é um composto destinado a preencher as juntas entre as placas cerâmicas apresentando-se trabalhável durante a etapa de aplicação e endurecendo após de um certo período de tempo (JUNGINGER; MEDEIROS, 2004).

Houve uma sensível mudança em algumas propriedades importantes dos rejuntas, como a estabilidade da cor, resistência a manchas, baixa retração, alta resistência à aderência, flexibilidade em juntas estreitas e largas, resistência à abrasão e baixa absorção de água, motivo este que foi crucial para a utilização deste produto. Entretanto, como não é possível obter o máximo desempenho em todos os requisitos, o profissional precisa decidir quais os requisitos que ele mais precisa para a escolha do rejunte adequado como consta no boletim técnico da corporação MAPEI, que trabalha com adesivos, selantes e produtos químicos para construção, e emitiu nota técnica sobre o procedimento A118.6 da norma American National Standard Institute - ANSI (1992) para argamassas.

### **2.6.6 Farinha de trigo (Testemunha)**

Nas duas primeiras décadas do século XIX, o Brasil figurou entre os grandes produtores de trigo, porém com o aumento do consumo interno e com o aumento do custo da mão de obra, os produtores resolveram substituir suas culturas de trigo por culturas mais lucrativas, tornando-nos hoje em um grande importador de farinha de trigo (FERRÃO, 2000).

Atualmente importamos em média 80% da farinha de trigo consumida no Brasil, girando em torno de 7.000.000 de toneladas em 2012 e em 2015 atingiu 15.000.000 de toneladas (BRASIL, 2015), mostrando que a demanda cada vez aumenta mais impulsionada pelo crescimento populacional.

A classificação da farinha de trigo no Brasil segue a norma técnica conforme portaria nº354, de 18 de julho de 1996, subdividindo-se em dois grupos, farinha de uso doméstico e farinha de uso industrial. A farinha de uso doméstico se subdivide em três categorias: farinha de trigo integral, farinha de trigo especial ou de primeira e farinha de trigo comum, que em muitas vezes é enriquecida com ferro e ácido fólico (BRASIL, 1996), farinha esta utilizada na pesquisa.

## **2.7 Pesquisas desenvolvidas utilizando extensores alternativos**

Estudos na área vêm sendo realizados com a finalidade de se encontrar um possível substituto para a farinha de trigo, Moreira (1985) avaliou a potencialidade da farinha de centeio, soja, milho, mandioca, sorgo, aveia, cevada, arroz, caroço de algodão, sangue de animais, batatas, dentre outros, verificando a potencialidade para alguns tratamentos, comprovados também por Iwakiri et al. (2000), que materiais como a farinha de arroz e a farinha de aveia foram os extensores com resultados satisfatórios comparados à farinha de trigo.

Já a farinha de babaçu foi estudada por Ferreira et al. (2009), que concluiu que tanto para a resina de ureia-formaldeído quanto para a resina fenólica foram satisfatórios os resultados e que apontam a viabilidade do uso da farinha de babaçu em substituição à farinha de trigo, parcialmente ou totalmente. Porém, esse é um material limitado ocorrendo endemicamente no norte do Brasil, portanto, encontrado em pequena escala.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Coleta da tora e escolha de material

A madeira escolhida para a pesquisa foi uma madeira de baixa densidade, o *Pinus oocarpa*, com 28 anos de idade, diâmetro na altura do peito (DAP) de 40 cm. As árvores foram abatidas dentro da Universidade Federal de Lavras e foram seccionadas em toras de 60 cm para laminação.

Os materiais utilizados nesta pesquisa como extensores para produção do adesivo com a resina fenol-formaldeído, foram escolhidos de acordo com sua função adesiva ou de enchimento.

A raspa de pneu pode ser encontrada em abundância no mercado de recapagem, inclusive em Lavras, cidade onde se desenvolve esta pesquisa. É um material descartado pelas indústrias de recapagem de pneus que não tem custo e, levando em consideração o pensamento ecológico, sua reutilização está sempre em pauta nas pesquisas acadêmicas. Contudo, a cinza de pneu (Figura 3) pode ser encontrada em fábricas de cimento que usam as raspas de pneu, bem como toda e qualquer sobra da indústria de pneus, devido a seu alto poder calorífico (MONTEIRO; MAINIER, 2008).

Já o caso da lignina (descarte industrial) decorrente do processo Kraft (Figura 3) se deu pela sua função adesiva, sendo ela natural, bem como o baixo custo, que se tem somente com o transporte, pois ela é obtida em grande escala no mundo, geralmente como subproduto do processo de polpação nas indústrias de papel, sendo seu principal aproveitamento como fonte de energia. Contudo, parte é comercializada em pó e parte acaba sendo descartada como rejeito (MORAIS; NASCIMENTO; MELO, 2005).

Na construção civil se encontram vários tipos de produtos que catalisam, curam e promovem outras reações físico-químicas ainda não estudadas para este



fim de produção de adesivo para compensados, portanto as escolhas destes pseudo-extensores estão ligadas diretamente com a reação físico-química que eles promovem na sua utilização dentro dos segmentos da Engenharia e da Arquitetura. Os materiais escolhidos foram o filito cinza, o microsilicato e o rejunte branco (Figura 3).

Nesta pesquisa foi utilizado o filito não mineralizado, que podemos encontrar nas minas de ouro, devido à extração do ouro do filito mineralizado encontrado em menor parte, na busca de metais raros. O local mais próximo de extração de filito é em Paracatu de Minas no depósito Morro do Ouro, da onde é extraída a maior quantidade de ouro do Brasil, embora a mina Morro do Ouro é explorada com o mais baixo teor de ouro do mundo que é menor que 0,4 g/t (ALMEIDA, B., 2009).

Já o microsilicato encontrado em abundância em nosso planeta e de seu baixo custo em relação à farinha de trigo (DIÁRIO DO NORDESTE, 2015), que atualmente tem o preço em média cinco vezes maior que o microsilicato, material comercializado em qualquer casa de materiais de construção, a soma do baixo custo e suas propriedades observadas no concreto foi um indicativo para o uso deste material nesta pesquisa.

Existem vários tipos de rejuntas, porém, para este trabalho foi utilizado o rejunte cimentício monocomponente (rejunte branco), por ser o de mais fácil acesso, pois é mais viável financeiramente que os outros tipos de rejuntas e pode ser comprado em qualquer casa de material de construção.



Figura 3 Extensores alternativos

### 3.2 Delineamento experimental

O experimento foi realizado considerando um delineamento inteiramente casualizado com seis tratamentos, três repetições por tratamento (Tabela 1), com análise de variância e teste de Scott-Knott a 95 % de probabilidade de acerto.

Tabela 1 Delineamento experimental.

Tratamento	Extensor	Repetições
1	Cinza de pneus	3
2	Filito em pó	3
3	Lignina Kraft	3
4	Microssilicato	3
5	Rejunte branco	3
6	Farinha de trigo (Testemunha)	3

### 3.2.1 Produção laboratorial dos painéis compensados

As toras foram colocadas em um tanque de cozimento por 24h com temperatura a 80°C.

Depois de serem retiradas do tanque, as toras primeiramente foram descascadas e logo após laminadas no mesmo torno laminador (Figura 4), que está localizado na Universidade Federal de Lavras, dentro da Unidade Experimental de Painéis de Madeira (UEPAM).



Figura 4 Torno em processo de laminação

A lâmina contínua de aproximadamente 50 cm de largura e 2,0 mm de espessura foi levada para guilhotina e foi seccionada com 50 cm de comprimento (Figura 5), portanto ficaram com 50x50 cm.



Figura 5 Guilhotina

Após a secagem parcial das lâminas ao ar livre, elas foram colocadas em estufa com ventilação de ar forçada e temperatura igual a 50°C, até as lâminas atingirem 3 % de umidade na base seca.

Com base em nós e rachaduras, as lâminas foram classificadas em uma escala de A a D, resultando a maior parte em lâminas do tipo “C” (Figura 6), sendo utilizadas no miolo do colchão do painel compensado e lâminas classificadas como do tipo “B” utilizadas nas capas (Figura 7), sendo um dos indicadores para o tipo do painel produzido.



Figura 6 Lâminas do tipo “C”



Figura 7 Lâminas do tipo “B”

As lâminas foram armazenadas dentro de sacos plásticos para selar a entrada de umidade.

O adesivo que foi utilizado para a manufatura do compensado foi o fenol-formaldeído, atendendo aos valores de parâmetros do adesivo, com viscosidade de 495cP, teor de sólidos de 50 % e pH de 12,33, valores encontrados no produto puro, ou seja, sem diluição da resina.

O adesivo foi preparado com o auxílio de um misturador, de acordo com a seguinte formulação em partes por peso: resina de fenol-formaldeído (FF) = 100%, extensor = 10%, água = 10%, ou seja, a percentagem que foi analisada de extensor no adesivo é de 10% para todos os tratamentos, com gramatura de 180 g.m<sup>-2</sup> aplicado em linha simples de cola (Figura 8).



Figura 8 Aplicação da linha simples de cola

Os colchões multilaminados foram organizados com 5 camadas de lâminas alternadas com ângulo de  $90^\circ$  em relação às fibras, para contrabalançar os esforços (Figura 9).

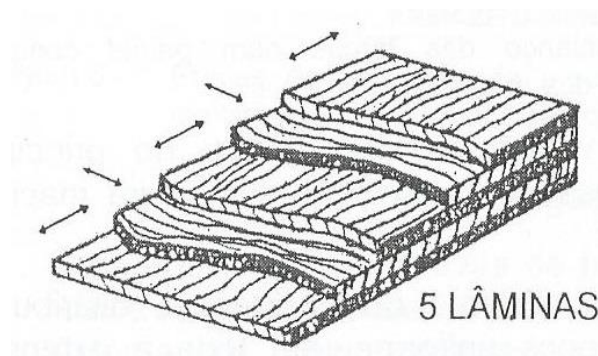


Figura 9 Esquema representativo da formação do colchão multilaminado  
Fonte: Iwakiri (2005).

Após a aplicação do adesivo o painel vai para montagem por dez minutos, para que o adesivo tenha contato nos dois lados das lâminas.

O ciclo de prensagem adotado teve a utilização de uma prensa pneumática, com temperatura à 160°C, pressão igual a 12 kgf.cm<sup>-2</sup> e tempo de prensagem de 10 minutos para cada tipo de extensor.

Para cada tratamento foram produzidos três painéis (repetições).

Após a prensagem, os painéis foram esquadrejados nas dimensões de 48x48 cm e acondicionados na câmara climatizada à temperatura de 20°C com umidade relativa de 65 %, até atingirem umidade de equilíbrio em torno de 12 %.

Após os painéis estarem com aproximadamente 12 % de umidade, os corpos de prova foram confeccionados com dimensões de acordo com o procedimento D-805 (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS - ASTM, 1982).

As propriedades físicas e mecânicas avaliadas nos corpos de prova confeccionados com extensores alternativos e comparados com os corpos de prova confeccionados com o extensor (testemunha), seguem os ensaios e consecutivamente suas normas de referência:

- a) Massa específica NBR 9485 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT, 1986);
- b) Cisalhamento na linha de cola, teste seco e úmido, EN 314 (EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARTIZATION – EN, 1993);
- c) Flexão estática (MOE e MOR), paralelo e perpendicular, EN 310 (EN, 1993);
- d) Absorção de água 24 horas NBR 9484 (ABNT, 1986);
- e) Inchamento em espessura 24 horas NBR 9535 (ABNT, 1986).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Massa específica dos painéis compensados

A densidade do painel encontra-se entre 0,4 e 0,8 g.cm<sup>3</sup>, dependendo da espécie utilizada, em geral, o aumento da densidade do painel contribui para o aumento das resistências à flexão estática e à tração (HILLIG; HASELEIN; SANTINI, 2002). Os valores resultantes da densidade dos painéis produzidos nesta pesquisa podem ser observados na Tabela 2.

Tabela 2 Massa específica dos painéis produzidos

TRATAMENTO	VALORES MÉDIOS (g.cm <sup>3</sup> )	C.V. (%)
Cinza de pneu	0,590 a	4,1
Filito cinza	0,570 a	3,34
Lignina Kraft	0,580 a	5,6
Microssilicato	0,560 a	3,6
Rejunte branco	0,610 a	7,6
Farinha de trigo (Testemunha)	0,660 a	4,9

As médias seguidas da mesma letra são estatisticamente iguais, ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Todos os valores de massa específica são estatisticamente iguais e compatíveis com os painéis produzidos com o extensor (farinha de trigo).

Os valores encontrados por Iwakiri et al. (2002b) para painéis produzidos a partir do *Pinus taeda*, foram de 0,500 g.cm<sup>3</sup>. Já no catálogo técnico da Associação Brasileira da Indústria da Madeira Processada Mecanicamente - ABIMCI (2002), com relação a compensados comerciais produzidos a partir de *Pinus taeda* os dados apresentados de massa específica



foram de  $0,530 \text{ g.cm}^{-3}$ , dados estes também inferiores aos que encontramos para todos os tratamentos nesta pesquisa.

#### 4.2 Absorção de água e inchamento em espessura em 24 horas

Os valores médios de absorção de água e inchamento em espessura podem ser visualizados na Tabela 3.

Tabela 3 Valores médios de absorção de água e inchamento em espessura em 24 horas

TRATAMENTO	AA 24 H (%)	C.V. (%)	IE 24 H (%)	C.V. (%)
Cinza de pneu	69,72 b	7,91	7,17 a	3,45
Filito cinza	67,09 b	5,74	5,84 a	19,40
Lignina Kraft	64,80 b	14,45	6,20 a	16,05
Microsilicato	98,47 c	4,84	6,24 a	4,88
Rejunte branco	63,35 b	7,75	5,90 a	16,78
Farinha de trigo (Testemunha)	47,56 a	12,28	5,40 a	4,12

As médias seguidas da mesma letra são estatisticamente iguais, ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Onde C.V. é coeficiente de variação, AA é absorção de água e IE é inchamento em espessura.

A substituição do extensor farinha de trigo (testemunha) por outros materiais aumentou significativamente a absorção de água em todos os tratamentos. Porém o tratamento que mais se diferenciou e absorveu mais água foi o painel produzido a partir da adição de microsilicato no adesivo como pode se observar na Tabela 3. Todos os tratamentos se diferenciaram da testemunha, devido à microestrutura dos materiais avaliados, porém os corpos de prova não se alteraram dimensionalmente no teste de inchamento em espessura.

No caso da lignina, o adesivo se aglutinou dificultando o espalhamento e a fluidez do adesivo, possivelmente gerando poros e consecutivamente absorvendo mais água, logo desqualificada como extensor, mesmo atingindo valores mínimos de referência em alguns testes, corroborando com os dados de Dias (2014) que verificou que quanto maior o uso de lignina como adesivo, maior a absorção de água.

Já no caso dos materiais aparentemente inertes (filito cinza e microssilicato) a maior absorção de água pode estar ligada à microestrutura e à porosidade de cada material avaliado, que no caso do microssilicato pode ter se agravado, sendo um material não solúvel e que possivelmente está tendo função de carga ou enchimento, já que a farinha de trigo se torna um gel e por tanto se solubiliza no adesivo.

No caso da cinza de pneu com a aplicação de calor na prensagem do painel, o material que é proveniente da queima de elastômeros naturais (borracha natural) e sintéticos pode conter resíduos orgânicos e inorgânicos com a possibilidade de acontecerem reações químicas que podem ter levado à formação de grupos polares que são capazes de se ligarem à água, o que pode ter influenciado na absorção de água.

### **4.3 Cisalhamento na linha de cola**

Os valores médios de falha na madeira, coeficiente de variação e resistência da linha de cola aos esforços de cisalhamento pelos testes seco e úmido estão apresentados na Tabela 4.

Todas as amostras apresentaram valores para cisalhamento na linha de cola satisfatórios, de acordo com os valores da norma EN 314 (1993), que diz que para o teste seco o valor mínimo é de 1 MPa independentemente da falha da madeira, parâmetro este superado também no teste úmido. Porém, os valores

médios de falha da madeira encontrados nesta pesquisa foram superiores em 7,1 % aos encontrados por Iwakiri et al. (2013), no ensaio de cisalhamento na linha de cola no teste seco.

Tabela 4 Valores médios de percentagem da falha da madeira e cisalhamento na linha de cola, teste seco e teste úmido

Tratamento	Cisalhamento				Cisalhamento			
	Teste seco				Teste úmido			
	Valores Médios (Mpa)	C.V. (%)	F.M. (%)	C.V. (%)	Valores Médios (MPa)	C.V. (%)	F.M. (%)	C.V. (%)
Cinza de pneu	3,02 a	0,52	58,9	12,5	2,42 a	0,51	74,7	27,8
Filito cinza	1,99 b	0,15	38,9	20,3	1,93 a	0,06	69,6	45,4
Lignina Kraft	2,28 b	0,30	64,7	6,5	2,25 a	0,54	78,4	16,3
Microssilicato	3,27 a	0,37	58,1	10,1	2,81 a	0,30	52,5	2,9
Rejunte branco	2,55 b	0,69	66,9	30,3	2,25 a	0,42	60,7	17,0
Farinha de trigo (Testemunha)	2,99 a	0,06	78,3	6,4	2,87 a	0,39	54,4	30,9

As médias seguidas da mesma letra são estatisticamente iguais, ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Onde C.V. é igual a coeficiente de variação e F.M. é igual a falha na madeira.

Observa-se que os tratamentos compostos por cinza de pneu e microssilicato apresentaram valores superiores no teste seco aos obtidos nos painéis testemunha produzidos com farinha de trigo, porém são estatisticamente iguais. Já os tratamentos constituídos de filito cinza, lignina Kraft e rejunte branco se diferenciaram estatisticamente, mas ainda atingindo os requisitos mínimos; esse comportamento pode estar ligado ao tamanho das partículas (físico) ou até mesmo com ligações químicas ainda não conhecidas destes materiais na produção do adesivo para a manufatura dos compensados. Já no teste úmido não foram observadas diferenças significativas.

Os valores médios de resistência na linha de cola no teste seco e úmido foram satisfatórios para todos os tratamentos, mas se diferenciaram estatisticamente no teste seco, onde os extensores compostos de cinza de pneu e microssilicato, não só atingiram índices mínimos, mas superaram os valores obtidos pelos painéis produzidos com o extensor farinha de trigo (Testemunha).

#### **4.4 Flexão estática**

Os resultados de flexão estática dos seis tratamentos e suas repetições podem ser observados na Tabela 5. Os resultados médios obtidos pelos painéis produzidos nesta pesquisa são superiores aos valores propostos na norma DIN 68792 (DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG – DIN, 1979), que para o módulo de ruptura no sentido paralelo às fibras são de 45 MPa e no sentido perpendicular às fibras são de 30 MPa (valores mínimos de referência).

Os valores encontrados nos painéis produzidos com os extensores alternativos, bem como a testemunha, foram superiores aos valores da norma e superiores aos valores divulgados pelo catálogo técnico da Associação Brasileira da Indústria da Madeira Processada Mecanicamente ABIMCI (2002), com relação a compensados comerciais produzidos a partir de *Pinus taeda*, que tem valores de 38,1 MPa no sentido paralelo e 25,3 MPa no sentido perpendicular. Vale ressaltar a homogeneidade dos painéis produzidos com cinza de pneu e microssilicato, devido ao coeficiente de variação ter valores inferiores aos produzidos com a farinha de trigo (testemunha).

Tabela 5 Valores médios de módulo de ruptura no sentido paralelo e perpendicular às fibras

TRATAMENTO	SENTIDO PARALELO		SENTIDO PERPENDICULAR	
	(MPa)	C.V. (%)	(MPa)	C.V. (%)
Cinza de pneu	74,0 a	6,3	34,0 a	7,4
Filito cinza	72,0 a	15,8	36,0 a	14,0
Lignina Kraft	69,0 a	14,3	31,0 a	10,2
Microsilicato	68,0 a	7,2	35,0 a	5,2
Rejunte branco	84,0 a	19,0	43,0 a	28,0
Farinha de trigo (Testemunha)	75,0 a	18,4	46,0 a	19,3

As médias seguidas da mesma letra são estatisticamente iguais, ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Onde C.V. é igual a coeficiente de variação.

Já no módulo de elasticidade os dados não foram favoráveis no sentido perpendicular (Tabela 6), exceto com o rejunte branco, material este que supriu todos os requisitos mínimos da norma de referência DIN 68792 (DIN, 1979), sendo similar à testemunha. Os valores mínimos de referência são de 5000 MPa para o sentido paralelo, valores estes superados por todos os painéis produzidos nesta pesquisa. Já para o sentido perpendicular os valores mínimos contidos na norma são de 2500 MPa para o sentido perpendicular, onde os requisitos mínimos não foram atingidos pelos tratamentos compostos de cinza de pneu, lignina Kraft e microsilicato. Portanto, o uso destes painéis no sentido perpendicular não é recomendado, porém não se diferenciaram estatisticamente dos painéis produzidos com rejunte branco e farinha de trigo (Testemunha), o que não inviabiliza a produção comercial.

Tabela 6 Valores médios de módulo de elasticidade no sentido paralelo e perpendicular às fibras

TRATAMENTO	SENTIDO PARALELO		SENTIDO PERPENDICULAR	
	(MPa)	C.V. (%)	(MPa)	C.V. (%)
Cinza de pneu	6556 a	21,1	2232 a	8,6
Filito cinza	7383 a	17,2	2700 a	9,1
Lignina Kraft	7698 a	17,1	2268 a	18,3
Microsilicato	7158 a	9,2	2231 a	6,2
Rejunte branco	8969 a	24,6	3056 a	21,9
Farinha de trigo (Testemunha)	8608 a	13,8	3083 a	12,3

As médias seguidas da mesma letra são estatisticamente iguais, ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Onde C.V. é igual a coeficiente de variação.

Mas vale ressaltar a homogeneidade dos painéis produzidos com cinza de pneu e microsilicato em relação aos painéis produzidos com a farinha de trigo (Testemunha), já que o coeficiente de variação ficou mais ou menos em 50% a baixo dos valores obtidos pelos painéis testemunhas (farinha de trigo). Contudo, em todos os testes de flexão estática e nos dois sentidos, os resultados não se diferenciaram estatisticamente.

## **5 CONCLUSÃO**

Com base nos resultados conclui-se que o tratamento constituído de rejunte branco se mostrou eficiente em todos os testes, porém esse material não é viável financeiramente. Já com os tratamentos constituídos por cinza de pneu (descarte industrial) e microssilicato (material de baixo custo) como extensores, ou até mesmo como carga no caso do material inerte (microssilicato), são alternativas viáveis para a substituição total do extensor (farinha de trigo) para a manufatura dos painéis compensados multilaminados.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, B. S. de. **Geoquímica dos filitos carbonosos do depósito Morro do Ouro, Paracatu, Minas Gerais**. 2009. 80 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Universidade de Brasília, Brasília, 2009.
- ALMEIDA, V. C. **Efeito da adição de carga e extensor nas propriedades do adesivo uréia-formaldeído e dos compensados de pinus e paricá**. 2009. 75 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2009.
- AMERICAN NATIONAL STANDARD INSTITUTE. **Specifications for ceramic tile grouts A118.6**. New Jersey: Tile Council of America, 1992. p. 83-86.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D805**: testing veneer, plywood and other glued veneer constructions. Philadelphia, 1982.
- ANTHONY, J. W. et al. **Handbook of mineralogy**: silica, silicates. Tucson: Mineral Data Publishing, 1995. v. 2, 904 p.
- ARCHER, L. B. A fabricação de bons compensados. **Anuário Brasileiro de Economia Florestal**, Rio de Janeiro, v. 1, n. 1, p. 113-121, 1948.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE. **Catálogo técnico de compensado de pinus**. Curitiba, 2002. 20 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9484**: compensado - determinação do teor de umidade. Rio de Janeiro, 1986. 2 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9485**: compensado - determinação da massa específica aparente. Rio de Janeiro, 1986. 3 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9535**: compensado - determinação do inchamento. Rio de Janeiro, 1986. 3 p.
- BALDWIN, R. F. **Plywood manufacturing practices**. San Francisco: M. Freeman, 1995. 388 p.



BARRICHELO, L. E. G.; BRITTO, J. O. **Química de madeira**. Piracicaba: ESALQ/USP, 1989. 136 p. Apostila didática.

BONDUELLI, G. M. **Tecnologia de laminação de madeiras**. Paris: CTBA, 1996. 81 p.

BORTOLETTO JUNIOR, G. Avaliação da qualidade da madeira de *Pinus merkusi*. para produção de lâminas. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 36, n. 78, p. 95-103, jun. 2008.

BORTOLETTO JUNIOR, G. Effects of ply grading and assembly on the properties of play wood panels from *Pinus merkusi*. **Cerne**, Lavras, v. 16, n. 2, p. 145-153, abr./jun. 2010.

BORTOLETTO JUNIOR, G.; GARCIA, J. N. Propriedades de resistência e rigidez à flexão estática de painéis OSB e compensados. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 28, n. 4, p. 563-570, jul./ago. 2004.

BORTOLETTO JUNIOR, G. **Produção de lâminas, compensado e laminated veneer limber – LVL a partir de madeira de *Pinus merkusi***. 2006. 110 p. Tese (Livre Docência em Ciências Florestais) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Companhia Nacional de Abastecimento. **Mercado de trigo situação recente**. Disponível em: <[http://www.agricultura.gov.br/arq\\_editor/file/camaras\\_setoriais/Culturas\\_de\\_inverno/38RO/App\\_Mercado\\_Inverno.pdf](http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/camaras_setoriais/Culturas_de_inverno/38RO/App_Mercado_Inverno.pdf)>. Acesso em: 18 ago. 2015.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 354, de 18 de julho de 1996. Aprova a norma técnica referente a farinha de trigo. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 22 jul. 1996. Seção 1, p. 13557-13558.

DAL MOLIN, D. C. C. et al. Estudo de concretos com adição de sílica ativa (microsílica) frente ao ataque de agentes agressivos para emprego em pisos especiais. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON HIGH-PERFORMANCE CONCRETE AND PERFORMANCE AND QUALITY OF CONCRETE STRUCTURES, 1., 1996, Florianópolis. **Proceedings...** Florianópolis: UFSC, 1996. p. 590-598.

DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG. **DIN 68792**: large area shuttering panels of veneer plywood for concrete and reinforced concrete. Berlin, 1979. 3 p.

DIÁRIO DO NORDESTE. **Saca de farinha de trigo pode chegar a R\$ 100,00**. Disponível em: <<http://diariodonordeste.verdesmares.com.br/cadernos/negocios/saca-de-farinha-de-trigo-pode-chegar-a-r-100-00-1.565530>>. Acesso em: 31 ago. 2015.

DIAS, L. M. S. **Síntese e caracterização de adesivos de lignina Kraft de eucalipto**. Lavras: UFLA, 2014. 71 p.

EISFELD, C. L. **Análise da competitividade entre as indústrias de painéis de madeira**: compensado, MDF e OSB no estado do Paraná. 2010. 96 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. **EN 310**: wood based panels, determination of modulus of elasticity in bending and of bending strength. Brussels, 1993. 16 p.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. **EN 314-2**: plywood—bonding quality, this classifies plywood by its bonding quality only and refers to 3 bond classifications dependent upon the intended end use. Brussels, 1993. 6 p.

FERRÃO, M. F. **Aplicação de técnicas espectroscópicas de reflexão no infravermelho no controle de qualidade de farinha de trigo**. 2000. 219 p. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.

FERREIRA, É. da S. et al. Utilização da farinha de babaçu como extensor alternativo na produção de painéis compensados. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 19, n. 3, p. 327-331, jul./set. 2009.

FREITAS, C. **Estudo do desempenho mecânico de concreto com adição de partículas de borracha para aplicação como material de reparo em superfícies hidráulicas**. 2007. 121 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

GOMES, C. **Levantamento do potencial de resíduos de borracha no Brasil e avaliação de sua utilização na indústria da construção civil.** 2007. 137 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologias) - Instituto de Engenharia do Pará, Curitiba, 2007.

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, v. 12, n. 1, p. 59-70, jan. 2002.

IWAKIRI, S. et al. Efeito do crescimento radial de *Pinus taeda* (L.) nas propriedades do painel compensado. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 9, n. 1, p. 90-96, jan./dez. 2002a

IWAKIRI, S. et al. Produção de compensado de *Pinus taeda* e *Pinus oocarpa* com resina fenol-formaldeído. **Cerne**, Lavras, v. 8, n. 2, p. 92-97, 2002b.

IWAKIRI, S. et al. Produção de painéis compensados estruturais com diferentes composições de lâminas de *Eucalyptus saligna* e *Pinus caribaea*. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 36, n. 3, p. 569-576, maio/jun. 2012.

IWAKIRI, S. et al. Produção de painéis compensados fenólicos com lâminas de madeira de *Sequoia sempervirens*. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 20, n. 2, p. 264-270, jun. 2013.

IWAKIRI, S. et al. Utilização de extensores alternativos na produção de compensados multilaminados. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 10, n. 1, p. 77-83, 2000.

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

JANKOWSKI, I. P. **Variação da resistência à flexão estática do compensado de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, em função da quantidade de extensor e do tempo de montagem.** Piracicaba: IPEF, 1980. 7 p. (Circular Técnica, n. 124).

JUNGINGER, M.; MEDEIROS, J. S. **Rejuntamento de revestimentos cerâmicos:** influência das juntas de assentamento na estabilidade dos painéis. São Paulo: EPUSP, 2004. 22 p. (Boletim Técnico/ BT/PCC/272).

KAEWTATIP, K.; THONGMEE, J. Effect of kraft lignin and esterified lignin on the properties of thermoplastic starch. **Materials & Design**, Surrey, v. 49, p. 701-704, Feb. 2013.

KLOCK, U. et al. **Química da madeira**. Curitiba: UFPR-Setor de Ciências Agrárias, 2005. 85 p. Manual didático.

KOLLMANN, F. F. P.; KUENZI, E. W.; STAMM, A. J. **Principles of wood science and technology**. Berlin: Springer-Verlag. 1975. 703 p.

LARA PALMA, H. A. Determinação de propriedades elásticas e de resistência em compensados de *Pinus elliottii*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 51, p. 37-48, jun. 1997.

LEWIS, N. G.; YAMAMOTO, E. Lignin: occurrence, biogenesis and biodegradation. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v. 41, p. 455-496, June 1990.

MACEDO, A. R. P.; ROQUE, C. A. L. Painéis de madeira. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 6, p. 117-132, set. 1997.

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

MEDINA, J. C. **Efeito da temperatura de aquecimento na produção de lâminas por desenrolamento e sobre a qualidade da colagem de compensados fenólicos de *Pinus elliottii* Engelm.** 1986. 110 p. Dissertação (Mestrado Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1986.

MONTEIRO, L. P. C.; MAINIER, F. B. Queima de pneus inservíveis em fornos de clínquer. **Engevista**, Rio de Janeiro, v. 10, n. 1, p. 52-58, jun. 2008.

MORAIS, S. A. L. D.; NASCIMENTO, E. A. D.; MELO, D. C. D. Análise da madeira do *Pinus oocarpa* parte II: caracterização estrutural da lignina de madeira moída. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 29, n. 3, p. 471-478, maio/jun. 2005.

MOREIRA, W. S. **Extensores alternativos para produção de compensados com resina uréia-formaldeído**. 1985. 81 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

OKINO, E. Y. A. et al. Biodegradação de chapas de partículas orientadas de pinus, eucalipto e cipreste expostas a quatro fungos apodrecedores. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 74, p. 67-74, jul. 2007.

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

PIZZI, A.; MITTAL, K. L. **Handbook of adhesive technology**. 2<sup>nd</sup> ed. rev. e exp. Boca Raton: CRC Press, 2003. 1024 p.

RIBEIRO, T. S. **Produção de painéis compensados de Pinus taeda com resina ureia-formaldeído utilizando diferentes extensores**. 2008. 20 f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2008.

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

SILVA, S. C. M. da. **Concreto produzido com brita calcária e resíduo de borracha de pneu em substituição parcial ao agregado miúdo**. 2013. 67 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Semi-Árido, Mossoró, 2013.

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

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULHO DE MESQUITA FILHO”. **Silicatos**. Disponível em: <<http://www.rc.unesp.br/museudpm/banco/silicatos/silicatos.html>>. Acesso em: 31 ago 2015.

VICK, C. B. Adhesive bonding of wood materials. In: **WOOD handbook: wood as an engineering material**. Madison: Forest Products Society, 1999. v. 1, chap. 9 (páginas variadas) (General technical report FPL; GRT- 113).

WALKER, J. C. F. **Primary wood processing: principles and practice**. London: Chapman & Hall, 1993. 595 p.