

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS - UFAM  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS - FCA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* EM CIÊNCIAS  
FLORESTAIS E AMBIENTAIS - PPGCIFA

RESISTÊNCIA AO ATAQUE DE CUPINS EM PAINÉIS COMPENSADOS  
CONFECCIONADOS COM PARICÁ (*Schizolobium amazonicum* (HUBER) DUCKE)

MANOEL BRAGA DE BRITO

Manaus  
2015

MANOEL BRAGA DE BRITO

RESISTÊNCIA AO ATAQUE DE CUPINS EM PAINÉIS COMPENSADOS  
CONFECCIONADOS COM PARICÁ (*Schizolobium amazonicum* (HUBER) DUCKE)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais (PPG-CIFA) da Universidade Federal do Amazonas, para a obtenção do título de Mestre em Ciências Florestais e Ambientais, área de concentração em Manejo e Tecnologia dos Recursos Florestais.

Orientador: Prof. Dr. Nabor da Silveira Pio

Manaus  
2015

### Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

B862r Brito, Manoel Braga de  
Resistência ao ataque de cupins em painéis compensados  
confeccionados com paricá (*Schizolobium amazonicum* (Huber)  
Ducke) / Manoel Braga de Brito. 2015  
68 f.: il. color; 31 cm.

Orientador: Dr. Nabor da Silveira Pio  
Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) -  
Universidade Federal do Amazonas.

1. Compensados. 2. paricá. 3. adesivos. 4. resistência. 5. cupins.  
I. Pio, Dr. Nabor da Silveira II. Universidade Federal do Amazonas  
III. Título



Poder Executivo  
Ministério da Educação  
Universidade Federal do Amazonas  
Faculdade de Ciências Agrárias  
Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ciências Florestais e Ambientais - PPGCIFA



**PARECER**  
Defesa nº 175

A banca examinadora, instituída pelo colegiado do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais, da Faculdade de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Amazonas, após arguir do mestrando **MANOEL BRAGA DE BRITO**, em relação ao seu trabalho de dissertação intitulada “**RESISTÊNCIA AO ATAQUE DE CUPINS EM PAINÉIS COMPENSADOS CONFECCIONADOS COM PARICÁ**(*Schizolobium amazonicum* (HUBER) DUCKE)” é de parecer favorável à Aprovação do mestrando habilitando-o ao título de Mestre “*Magister Scientiae*” em Ciências Florestais e Ambientais, na área de concentração em **CIÊNCIAS FLORESTAIS E AMBIENTAIS (CIFA)**.

Professor Doutor Nabor da Silveira Pio  
Professor da Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Amazonas.  
Presidente da banca examinadora

Pesquisadora Doutora Raimunda Liége Souza de Abreu  
Pesquisadora do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia  
Primeira Examinadora

Pesquisador Ph.D. Bazílio Frasco Vianez  
Pesquisador do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia  
Segundo Examinador

Manaus, 30 de junho de 2015.



Prof. Dr. Marciel José Ferreira  
Coordenador do Programa de Pós Graduação em Ciências Florestais e Ambientais – PPG-CIFA

Aos meus pais *Heriberto e Eloísa*  
Aos meus irmãos  
Aos meus amigos

Dedico

## **AGRADECIMENTOS**

A minha família, em especial meus pais, pela motivação e confiança me permitindo chegar à fase de conclusão deste trabalho.

À Universidade Federal do Amazonas, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais por permitir a realização desta pesquisa.

Ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, em especial à Coordenação de Tecnologia e Inovação (INPA/COTI) por toda a estrutura e recursos disponibilizados.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pela concessão da bolsa de pesquisa.

Ao Professor Dr. Nabor da Silveira Pio pela orientação e por todo apoio e auxílio durante o desenvolvimento da pesquisa e procedimentos burocráticos.

Aos Doutores Liége Abreu, Maria Aparecida de Jesus e Basílio Frasco Vianéz pelas sugestões, ideias, apoio e incentivos para desenvolvimento de cada etapa deste projeto de pesquisa.

Ao Sr. Renato Uliana pela recepção e doação de materiais durante à visita a empresa Compensados Uliana em Ulianópolis, Pará.

À toda equipe da serraria do Instituto Nacional de Pesquisas do Amazonas por liberar e realizar a obtenção dos corpos de prova para os ensaios, além de permitir a utilização do espaço físico para realização dos testes.

Aos técnicos de laboratório Frank Antônio e Jânio da Costa (Entomologia da Madeira) e Rosana Carvalho (Patologia da Madeira) pelas conversas, apoio e auxílio durante a realização dos ensaios.

Aos amigos e colegas, tanto da pós quanto da graduação, que estiveram ao meu lado dando sugestões, demonstrando preocupações e presentes durante as horas de lazer e diversão.

“A cada passo um desafio,  
A cada desafio uma vitória,  
A cada vitória um novo passo rumo ao sucesso...”  
Michele Bertolletti

## RESUMO

Resistência ao ataque de cupins em painéis compensados confeccionados com paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex. Ducke).

Com a dificuldade no processo de obtenção de madeira maciça para confecção de móveis e estruturas, tornou-se crescente a utilização de produtos a partir de madeira reconstituída como os aglomerados, compensados, MDF, MDP e OSB. Por um lado há um maior aproveitamento de madeira, mas por outro o aglutinante utilizado em sua confecção não impede o produto de resistir ao ataque de organismos xilófagos como cupins e fungos. Esses organismos degradam produtos de origem celulósica causando danos e prejuízos econômicos, diminuindo sua qualidade com o passar do tempo. Desses organismos, os cupins causam danos em maior velocidade e em grandes proporções. Para evitar a constante substituição de painéis em virtude desses agentes, é necessário o conhecimento de qual adesivo utilizado confere maior resistência a esse produto. Portanto, objetivo deste trabalho é testar a resistência de painéis compensados confeccionados com *Schizolobium amazonicum* (paricá) e diferentes adesivos à ação do cupim subterrâneo *Nasutitermes corniger* em duas metodologias de preferência alimentar realizadas em caixas d'água. No ensaio 1, foi utilizada areia com umidade corrigida como substrato, enquanto que no ensaio 2, não houve nenhum tipo de substrato. Nestes ensaios, as colônias foram colocadas próximas aos corpos de prova, constituídos de painéis com o adesivo ureia-formaldeído (UF), fenol-formaldeído (FF), testemunhas e madeira maciça. Todos os corpos de prova tiveram suas laterais bloqueadas para evitar o ataque nas seções transversais e os resultados foram obtidos a partir da perda de massa, classificação de resistência e avaliação dos desgastes, conforme especificações de ASTM D 2017. Os resultados indicam que, para o ensaio 1 todos os painéis foram classificados como não resistentes, porém destacaram-se dos demais por menos perda de massa, FF com 72,64% e UF com 81,624%, para o ensaio 2, o painel à base de FF obteve 33,911% em perda de massa e foi classificado como moderadamente resistente. Sendo assim, concluiu-se que painéis compensados à base de FF são mais resistentes ao ataque de cupins do que painéis à base de UF e, dentre os ensaios adotados, a metodologia do ensaio 1 foi o que proporcionou maiores danos.

Palavras chave: Compensados, paricá, adesivos, resistência, cupins.

## ABSTRACT

Termite resistance of plywoods made with parica (*Schizolobium amazonicum* Huber ex. Ducke).

The difficulty in the process of obtaining solid wood for making furniture and structures became increasingly using products from reconstituted wood as pellets, plywoods, MDF, MDP and OSB. On one hand, there is a better use of the wood, but otherwise the binder used in its manufacture does not prevent the product to resist to the attack of termites and wood-destroying organisms such as fungi. These organisms degrade cellulosic derived products causing economic damages, reducing its quality over time. These organisms, termites cause damage at higher speed and in large proportions. To avoid constant replacement panels because these agents, it is necessary to know which adhesive used provides greater resistance to this product. So objective is to test the resistance of plywoods made of *Schizolobium amazonicum* (paricá) and different adhesives action of subterranean termite *Nasutitermes corniger* two methodologies food preference performed in water tanks. In test 1, moisture corrected with sand was used as substrate, while in test 2, there was no type of substrate. In these trials, the colonies was placed near the test samples, made up of panels with urea-formaldehyde (UF), phenol-formaldehyde (FF) adhesive, witnesses and solid wood. All samples had blocked its side to prevent the attack in cross sections and the results was obtained from the weight loss, strength classification and evaluation of wear, ASTM D 2017 specifications. The results indicate that, for the 1 test all panels were classified as non-resistant, but distinguished from the others for less mass loss, FF with 72.64% and UF with 81.624% for the second test, the FF-based panel obtained 33.911% in weight loss and has been classified as moderately resistant. Thus, it was concluded that the panels FF offset base are more resistant to termites than UF-based panels, and among the tests adopted, the test method was one which provided further damage.

Keywords: Plywood, paricá, adhesives, resistance, termites.

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Delineamento experimental dos tratamentos. ....	49
<b>Tabela 2.</b> Distribuição dos corpos de prova nos dois ensaios testados. ....	49
<b>Tabela 3.</b> Classificação do desgaste provocado pelos cupins nos corpos de prova (ASTM D 3345). ....	50
<b>Tabela 4.</b> Classificação da durabilidade em função da perda percentual de massa dos corpos de prova expostos ao ataque de cupins. ....	50
<b>Tabela 5.</b> Valores das médias dos pesos inicial e final dos corpos de prova submetidos aos dois ensaios de preferência alimentar para cada tipo de produto de madeira. ....	51
<b>Tabela 6.</b> Valores resultantes do ataque de <i>Nasutitermes corniger</i> nos corpos de prova provenientes de compensados confeccionados com diferentes adesivos submetidos ao ensaio I de preferência alimentar. ....	52
<b>Tabela 7.</b> Valores resultantes do ataque de <i>Nasutitermes corniger</i> nos corpos de prova provenientes de compensados confeccionados com diferentes adesivos submetidos ao ensaio I de preferência alimentar. ....	53

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 01.</b> Variedades de painéis à base de madeira .....	18
<b>Figura 02.</b> A - pátio de recebimento de toras; B - descascamento das toras; C - toras de paricá preparadas para laminação; D - prensagem dos painéis compensados .....	28
<b>Figura 03.</b> Taxas relativas de deterioração de peças de madeira, coladas com adesivos, expostas diretamente ao tempo .....	30
<b>Figura 04.</b> A e B, partes externas constituintes do corpo de um cupim. A - Soldado de <i>Nasutitermes corniger</i> ; B - soldado de <i>Coptotermes formosanus</i> ; C e D - trato digestório dos cupins; E e F - fauna simbiote do trato digestivo: protistas (E) e bactérias (F).....	36
<b>Figura 05.</b> Ciclo reprodutivo dos cupins .....	37
<b>Figura 06.</b> Estocagem dos painéis de madeira compensada .....	42
<b>Figura 07.</b> Delimitação das amostras para retirada dos corpos de prova.....	43
<b>Figura 08.</b> A - Processo de confecção do painel testemunha; B - aplicação e uniformidade da cola; D - prensagem do compensado .....	44
<b>Figura 09.</b> Etapas pré-teste. A - dimensões dos corpos de prova a serem utilizados; B - secagem em estufa; C - pesagem para determinação de massa constante; D - bloqueio das laterais das amostras com fita dupla-face.....	45
<b>Figura 10.</b> Montagem do ensaio 1. A - aplicação de 5cm de camada de areia com umidade ajustada; B - colocação dos corpos de prova e tijolos para servirem de apoio da grelha; C - colônia de cupins sobre a grelha; D - caixa d'água apoiada sobre 4 tijolos dentro de bandejas plásticas .....	47
<b>Figura 11.</b> Procedimento de montagem do ensaio 2. A - disposição dos tijolos, B - posição da colônia; C - distribuição das amostras e distância entre tijolos e paredes da caixa d'água impossibilitando a fuga dos cupins. ....	48
<b>Figura 12.</b> Desempenho individual de perda de massa, por painel, para cada tipo de adesivo em resposta ao ataque dos cupins no ensaio 1. ....	52
<b>Figura 13.</b> Desempenho individual de perda de massa, por painel, para cada tipo de adesivo em resposta ao ataque dos cupins no ensaio 2. ....	54

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

<b>ABIMCI</b>	Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente
<b>ABIPA</b>	Associação Brasileira de Indústria de Painéis de Madeira
<b>ABRAF</b>	Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas
<b>ASTM</b>	<i>American Society for Testing and Materials</i>
<b>ATPF</b>	Autorizações de Transporte de Produtos Florestais
<b>FF</b>	Fenol-Formaldeído
<b>HDF</b>	<i>High Density Fiberboard</i>
<b>IBAMA</b>	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
<b>INPA</b>	Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia
<b>MDF</b>	<i>Medium Density Fiberboard</i>
<b>MDP</b>	<i>Medium Density Particleboard</i>
<b>MM</b>	Madeira maciça
<b>MOE</b>	Módulo de Elasticidade
<b>MOR</b>	Módulo de Ruptura
<b>OSB</b>	<i>Oriented Strand Board</i>
<b>PMVA</b>	Produto de Maior Valor Agregado
<b>PVA</b>	Acetado de Polivinila
<b>TF</b>	Tanino-Formaldeído
<b>UF</b>	Ureia-Formaldeído

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	14
<b>1. OBJETIVOS</b> .....	17
1.1 Objetivo geral .....	17
1.2 Objetivos específicos.....	17
<b>2. REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	18
<b>2.1 Painéis de madeira</b> .....	18
2.2.1 Painéis de Madeira Compensada .....	20
2.2.1.1 Mercado de painéis compensados na Região Norte do Brasil .....	21
2.2.1.1.1 O estado do Amazonas no setor de laminados e compensados.....	23
2.2.1.2 Princípios de confecção de compensados .....	24
2.2.1.3. Caracterização dos adesivos .....	29
2.2.1.3.1 Comportamento da linha de cola ao tempo .....	29
2.2.1.3.2 Fenol-formaldeído .....	30
2.2.1.3.3 Ureia-formaldeído.....	31
<b>2.3 Caracterização de <i>Schizolobium amazonicum</i></b> .....	32
2.3.1 Descrição botânica .....	32
2.3.2 Tratamentos silviculturais .....	33
2.3.3 Caracterização tecnológica da madeira de paricá.....	33
<b>2.4 Cupins (Insecta: Isoptera)</b> .....	35
2.4.1 Características diagnósticas e biologia .....	35
2.4.1.1 Família Termitidae.....	38
2.4.1.1.1 Gênero <i>Nasutitermes</i> Dudley .....	39
2.4.1.1.1.1 <i>Nasutitermes corniger</i> e comportamento de forrageamento .....	40
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	42
<b>3.1 Painéis de madeira compensada</b> .....	42
<b>3.2 Obtenção dos corpos de prova</b> .....	43
<b>3.3 Ensaio de preferência alimentar a cupins</b> .....	45
3.3.1 Ensaio 1 .....	46
3.3.2 Ensaio 2 .....	48
<b>3.4 Análises estatísticas</b> .....	49
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	51
<b>5. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES</b> .....	57
<b>6. REFERÊNCIAS</b> .....	58
<b>7. ANEXOS</b> .....	64

## INTRODUÇÃO

Devido à escassez na oferta de madeira com qualidade e características necessárias à indústria de madeira serrada e pouca acessibilidade àquelas de origem certificada devido alto valor de mercado, a fabricação e comercialização de produtos como os painéis de madeira: compensados, aglomerados e chapas de fibras, vem se tornando uma alternativa viável na indústria florestal.

Segundo Biazus et al. (2010) os painéis de madeira, estruturalmente, são manufaturados com madeiras beneficiadas (lâminas) ou em estágios de desagregação que, aglutinadas pela ação de resinas, pressão e temperatura, são novamente agregadas visando a manufatura. Esses painéis podem ser divididos em dois tipos: de madeira reconstituída, o *Medium Density Fiberboard* (MDF), por exemplo, e os painéis de madeira processada mecanicamente, entre eles, o compensado.

Para aglutinação das peças de madeira, as indústrias de compensados fazem uso de dois tipos de resinas, ureia-formaldeído (UF) e fenol-formaldeído (FF). A FF é empregada na produção de painéis destinados ao uso externo enquanto a UF em placas para ambientes internos. Quanto à madeira, a escolha de espécies florestais deve ser de acordo com suas características anatômicas e comportamento durante o processo de colagem, gerando influência na resistência da linha de cola. Espécies muito porosas, por exemplo, não poderão ser utilizadas com adesivos de alto grau de viscosidade (IWAKIRI et al., 2001).

No Brasil, as espécies florestais exclusivamente nativas utilizadas para produção de painéis de madeira compensada são de folhosas oriundas da região amazônica. Mas, dentre as dificuldades para a exploração de florestas nativas, está a demora no licenciamento para exploração e seu alto custo, além de grandes distâncias para o transporte das toras até os centros de beneficiamento (LIMA, 2011). Dessa maneira, tornou-se imprescindível o plantio de espécies que atendam a essa demanda.

Fora esses entraves técnicos e operacionais, Iwakiri et al., (2001) ressaltam que a pressão ambiental também contribuiu para a racionalização do uso da floresta amazônica como fonte de madeira. Diante a isso, o setor florestal, a partir de 1990, passou a utilizar matérias-primas provenientes de reflorestamentos, dentre elas, destacam-se as espécies do gênero *Pinus*, como *P. elliottii* e *P. taeda*.

Conseqüentemente, houve o aumento da utilização de madeiras de coníferas plantadas, com boas características de laminação e redução na oferta de madeiras tropicais de boa qualidade para produção de compensados (LIMA, 2011).

De acordo com a Associação Brasileira de Produtos Florestas Plantadas – ABRAF (2013), as áreas de plantio com espécies da flora brasileira representam pouco mais que 3% do total de florestas plantadas no país. Na região amazônica, um exemplo de espécie nativa plantada para a produção de madeira em escala comercial que vem se destacando nos últimos anos, é o *Schizolobium amazonicum* Huber ex. Ducke), popularmente conhecida na região como paricá.

Um grande problema encontrado pelas empresas da região Norte está na carência de pesquisas científicas para o paricá. Assim, para propiciar a utilização da espécie para produção em escala comercial é necessário maior conhecimento científico de sua biometria, comportamento em plantios, pesquisas na área de tecnologia da madeira, para que assim, possam facilitar as decisões tanto de planejamento quanto da comercialização dos produtos finais (HOFFMANN, 2009).

O mercado de compensado está passando por momentos de desafio. Vem sofrendo com a redução da oferta de madeira nativa, decorrente de pressões contra desmatamento. Aliado a esse fator, há a sua substituição pelos painéis de MDF e OSB nos mercados de móveis e construção civil e redução na confiança desses produtos, por sua perda de qualidade quanto expostos às altas taxas de umidade e ataque por agentes deterioradores da madeira (ABIMCI, 2009; MELO, 2009).

Tanto em ambiente interno como externo, os produtos de madeira estão sujeitos a biodeterioração por serem materiais de origem orgânica. Por esta razão sofrem danos, a partir do processo de deterioração, por agentes biológicos como: bactérias, fungos, insetos, entre eles cupins e besouros, além das brocas marinhas (OLIVEIRA et al., 1986).

Com a demanda por painéis de madeira, torna-se necessária a melhoria da qualidade desses produtos por meio do conhecimento de sua resistência ao ataque de organismos biodeterioradores. Além disso, o uso de espécies madeireiras naturalmente mais resistentes ao ataque desses organismos torna-se mais econômico do que a utilização de preservativos químicos na confecção de painéis (OKINO et al., 2007; MELO, 2009).

Os organismos biodeterioradores, por apresentarem características morfológicas, fisiológicas e comportamentais especiais, são capazes de utilizar a

madeira como substrato, abrigo e alimento. Neste contexto, o destaque é dado à ordem Isoptera (cupins) que, devido a capacidade de digerir celulose proporcionada por fauna microbiológica simbiote presente em seu intestino, são atraídos por todo material de origem celulósica, como a madeira em seu estado bruto, papel, tecidos e outros (GRASSÉ, 1982; OLIVEIRA et al., 1986).

As pesquisas realizadas sobre resistência de painéis de madeira reconstituída ao ataque de cupins ou fungos (KARTAL e GREEN III, 2003; AYRILMIS et al., 2005; CORRÊA, 2007; OKINO et al., 2007; UNSAL et al., 2009; MELO et al., 2010a; MELO et al., 2010b, SILVA et al., 2010; RIBEIRO, 2011, GONÇALVES et al., 2014) giram em torno de painéis aglomerados, MDF ou OSB e com espécies mais usuais na fabricação de chapas comerciais, como as do gênero *Pinus* e *Eucalyptus*. Os estudos realizados com compensados estão mais voltados para a aplicação de retardantes ao fogo, modificados termomecanicamente associados à capacidade de resistência aos organismos xilófagos ou tratados com preservantes químicos (KARTAL et al., 2007; VAZ, 2013; MENDES et al., 2014). Por enquanto, nada se sabe sobre o comportamento dos painéis compensados confeccionados com espécies tropicais da Amazônia e diferentes tipos de resinas empregadas, ao ataque de cupins.

Este trabalho propõe estudar a resistência de painéis compensados, confeccionados com madeira de paricá e diferentes tipos de adesivos (comerciais), ao ataque do cupim subterrâneo *Nasutitermes corniger* (Insecta: Isoptera, Nasutitermitidae) por meio de duas metodologias de ensaios de preferência alimentar em condições de laboratório.

## 1. OBJETIVOS

### 1.1 Objetivo geral

Avaliar a resistência de chapas compensadas confeccionadas com *Schozilobium amazonicum* ao cupim *Nasutitermes corniger*.

### 1.2 Objetivos específicos

- ✓ Avaliar se os aglutinantes utilizados na colagem dos compensados exercem influência sobre o cupim *N. corniger*.
- ✓ Determinar, dentre os tipos de colas testados, a mais resistente ao ataque de cupins a partir da perda de massa e nível de desgaste;
- ✓ Determinar, dentre os tipos de metodologias adotadas, a que proporciona melhor desempenho no processo de degradação por cupins.

## 2. REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 Painéis de madeira

Os painéis de madeira podem ser definidos como produtos de elementos de madeira como fibras, partículas, flocos, folheados, laminados ou madeira serrada, sarrafos, obtidos a partir da redução da madeira sólida, e reconstituídos através de pressão, temperatura e utilização de resinas, para serem novamente agregados visando à manufatura. A indústria de painéis de madeira é de relevante importância para a economia brasileira, não só pela geração de divisas e empregos, como também pelo dinamismo que irradia, especialmente para os setores moveleiros e de construção civil (IWAKIRI, 2005; BERGMAN, et al., 2010; BIAZUS et al., 2010).

Estruturalmente, o setor de base florestal está dividido em produtos florestais madeireiros (PFM) e não madeiros (PFNM). O subsetor de PFM divide-se em lenha e carvão, celulose e papel, painéis de madeira reconstituída (PMR), produtos de madeira processada mecanicamente (PMPM) e outros. São os PMR produtos como as chapas aglomeradas, MDF, OSB, chapas de fibra e nos PMPM estão os painéis compensados, madeira serrada, produtos de maior valor agregado e lâminas (Figura 01) (ABIMCI, 2009).

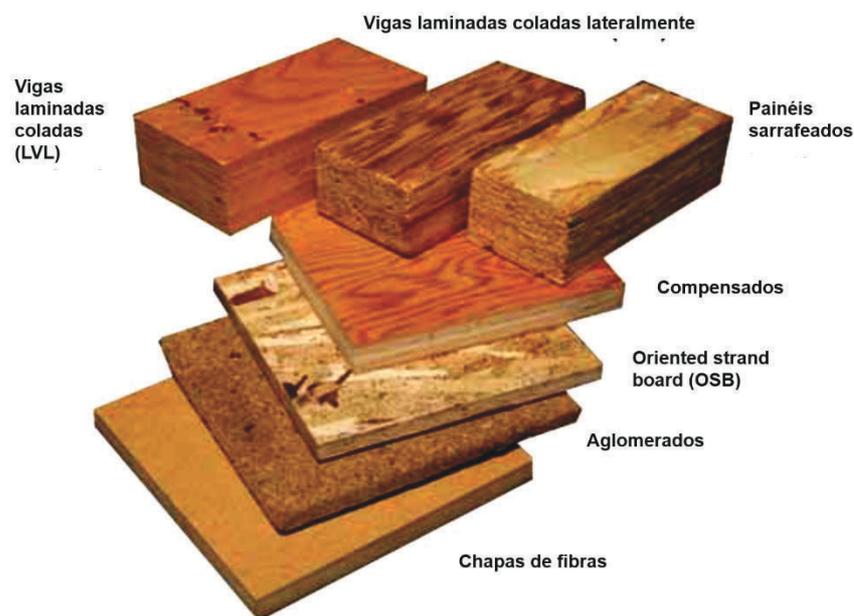


Figura 01. Variedades de painéis à base de madeira. Adaptado de Bergman et al., (2010).

De maneira geral, os painéis são classificados de acordo com o processo de fabricação e utilização da madeira, sendo classificados como: (i) painéis de madeira maciça: painel colado lateralmente, compensado e os de (ii) madeira reconstituída: - painéis de partículas: aglomerado, OSB, MDP, *waferboards*; – painéis de fibra: MDF, chapas duras e HDF. A diferença entre os tipos de painéis de madeira está em suas propriedades físicas e mecânicas, as quais permitem aplicações diferenciadas na construção civil e indústria moveleira. Tais características envolvem resistência, uso interior ou exterior, uniformidade da superfície, tolerância a usinagem, resistência à fixação de parafusos, entre outros o que permite a substituição da madeira maciça (ABIMCI, 2009).

A opção em se adotar painéis de madeira em relação à madeira serrada, está na pouca oferta de árvores com altos diâmetros, desenvolvimento tecnológico na produção de painéis com custos reduzidos, preocupação ambiental de países consumidores para utilização de produtos provenientes de florestas plantadas e aceitação de mercado por produtos com características similares à madeira maciça (Vieira et al., 2012). O descompasso entre oferta e demanda por madeira maciça levou às indústrias do setor florestal ao reaproveitamento de resíduos madeireiros ou plantio de espécies florestais de crescimento rápido para manufatura de painéis de madeira com menor custo de produção (BIAZUS et al., 2010; ABIMCI, 2012).

Há um maior aproveitamento de madeiras não utilizadas em serrarias, como aquelas com defeitos localizados (tais como nós) e sua fragmentação diminui a influência dessas características nos produtos manufaturados. Também podem ser utilizadas madeiras provenientes de resíduos de construção ou processos de fabricação industrial, árvores de pequenos diâmetros, resíduos florestais, ou de espécies exóticas e invasoras. Como as propriedades naturais da madeira variam entre as espécies, entre árvores de uma mesma espécie, e entre posições em uma mesma árvore, estas podem variar nos painéis de madeira (BERGMAN et al., 2010).

As madeiras utilizadas para confecção dos painéis são geralmente de baixa densidade e conseqüentemente, baixa durabilidade natural, como as do gênero *Pinus*. Para aumentar a resistência desses painéis a agentes biodeterioradores, no processo de produção estão sendo incorporadas espécies com maior densidade ou resíduos agroindustriais com alto teor de sílicas a fim de retardar o processo de degradação. Porém, ainda é eficiente a utilização de resinas que conferem imunização a esses produtos e dificultam a ação de organismos xilófagos (MELO, 2009).

Conforme dados da Associação Brasileira da Indústria de Painéis de Madeira – ABIPA (2013), o setor de produção de painéis de madeira reconstituída respondeu por cerca de 500 mil hectares plantados de pinus e eucalipto e na outra vertente, os painéis de madeira processada mecanicamente, representados pelos compensados. Essa indústria utiliza madeira no processo produtivo tanto de florestas plantadas (situadas na Região Sul) quanto de florestas nativas (principalmente na Região Norte) (BIAZUS et al., 2010).

A estrutura produtiva da indústria de painéis de madeira reconstituída é concentrada e a sua capacidade instalada está dividida entre seis empresas principais. Por sua vez, a indústria de painéis de madeira processada mecanicamente é bastante pulverizada. O segmento de compensados é formado por grande número de empresas, divididas em dois grupos: (i) Região Norte, com especialização na fabricação de compensados de madeira tropical de florestas nativas; e (ii) Região Sul, com utilização de madeira de florestas plantadas, principalmente de *Pinus* (BIAZUS et al., 2010; VIEIRA et al., 2012).

### **2.2.1 Painéis de Madeira Compensada**

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

Os compensados podem ser de uso interior quando utilizado o adesivo ureia-formaldeído e, de uso exterior ou “prova d’água”, quando a colagem é à base de adesivo fenol-formaldeído. As variáveis do processo como umidade das lâminas, composição estrutural, formulação do adesivo, gramatura, ciclo de prensagem, etc., são importantes fatores para assegurar a qualidade dos painéis. São painéis com aplicações muito abrangentes, sendo destinadas para setores de construção civil, naval, indústria moveleira, embalagens, etc.

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*, provenientes 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.

Em um breve histórico descrito por Vieira et al. (2012), a fabricação de compensado no Brasil tem cerca de 80 anos. No início, utilizou-se como matéria-prima a madeira de araucária, oriunda das florestas nativas do sul do País, principalmente do Estado do Paraná. Na década de 1960, a fabricação transferiu-se para a região amazônica e passou-se a empregar a madeira de folhosas oriunda de florestas nativas. A partir da década de 1990, novas mudanças ocorreram e as plantações de pinheiros no Sul tornaram-se uma fonte importante de matéria-prima para a indústria do compensado.

O preço do compensado tropical é, em média, cerca de 60% superior ao do compensado de pinus. Como sua utilização é a mesma, o que influencia na decisão de compra entre estes, além do preço, é a preferência estética do consumidor, pois a capa e contracapa destes produtos são visivelmente diferentes. As exportações têm uma participação relevante no consumo de painéis de compensados produzidos no Brasil. Cerca de 74% da produção de compensado está voltada para atender o mercado externo, sendo que esse número sobe para 78% quando se considera somente o de pinus e 64%, para a madeira tropical. (ABIMCI, 2009; VIEIRA et al., 2012).

#### 2.2.1.1 Mercado de painéis compensados na Região Norte do Brasil

Na década de 1960, a fabricação de painéis compensados foi voltada para a região amazônica e passou-se a empregar a madeira de folhosas oriunda de florestas nativas (VIEIRA et al., 2012). No setor madeireiro da região Amazônica, a indústria de lâminas e compensados, considerada por Aguiar (1992) um ramo promissor, era a solução para aproveitamento de espécies florestais não convencionais e controle da exaustão dos recursos naturais, pela versatilidade desses produtos, em especial, o compensado, cujas utilidades podem substituir a madeira maciça. Além do mais, a

laminação permite a utilização de madeiras com densidades que variem entre 0,3 a 0,7 g/cm<sup>3</sup> e cerca de 60% das espécies florestais da Amazônia encaixam-se nesse perfil.

Aguiar (1992) relata que no ano de 1955 foi dado início à implantação da indústria de laminação e compensados na Amazônia brasileira, em Portel, estado do Pará. Liderado por uma empresa norte americana, o objetivo da indústria de laminação era garantir o melhor aproveitamento da abundância de *Virola surinamensis* (ucuúba) diferentemente da região sul do país, que na época investia na exploração da *Araucaria angustifolia* (pinheiro-do-Paraná).

O cenário na produção de compensados e laminados nas décadas de 80 e 90 na região norte do país era outro. O Pará destacava-se como principal produtor desses produtos na região, com cerca de 60% do setor com 77 unidades industriais, sendo 52 de lâminas desenroladas, 6 de lâminas faqueadas e 19 de compensados e uma indústria química de adesivos para madeiras. No ano de 1989, do total de toras de madeiras utilizadas por essas empresas, cerca de 1.200.000 m<sup>3</sup>, 60% foram procedentes de várzeas dos rios da região (AGUIAR, 1992).

Cerca de 40 espécies madeireiras eram utilizadas por este ramo da indústria florestal, entre elas, destacam-se a *Ceiba pentandra* Gaertn (sumaúma), *Virola surinamensis* Warb (ucuúba), *Trattinickia burserifolia* (breu-sucuruba), *Copaifera multijuga* Hayne (copaíba), *Maguifera sclerophylla* (muiratinga), *Rauwolfia pentaphylla* (gogó de guariba) e *Faveira* spp., representando 85% do volume processado industrialmente (AGUIAR, 1992).

Ainda de acordo com o autor, a partir da década de 90, iniciaram-se na região estudos em silvicultura com espécies de reflorestamentos comerciais de rápido crescimento e viabilidade de madeira para laminação e manufatura de compensados. Foram aptas para esse mercado, a curto e longo prazo, as espécies *Vochysia maxima* (guaruba-verdadeira), *Cordia goeldiana* (freijó), *Didymopanax morototoni* (morototó) e o *Schyzolobium amazonicum* (paricá).

### 2.2.1.1.1 O estado do Amazonas no setor de laminados e compensados

No estado, as cidades de Manaus e Itacoatira lideravam o setor madeireiro na exportação de laminados e compensados, com seis empresas principais. De acordo com Adário e D'Ávila (1999), essas empresas vinham mantendo um histórico de multas aplicadas pelo IBAMA pelo consumo de madeira com procedência ilegal. A grande maioria, por não possuir planos de manejo aprovados pelo IBAMA ou áreas de florestas próprias, recorriam à compra de madeira de terceiros. No ano de 1998, o valor da exportação de laminados e compensados por essas empresas, renderam US\$ 20.485.000,00, correspondendo a 86,7% do total das exportações de produtos madeireiros pelos portos de Manaus e Itacoatiara nesse ano.

Alguns dos fornecedores de madeira para as seis empresas eram intermediários, diferente de empresas. Destes, uma maioria tinha um histórico de autuações por envolvimento com exploração, transporte e/ou venda de madeira ilegal e o frequente uso de Autorizações de Transporte de Produtos Florestais (ATPFs) fraudulentas para legalizar madeiras de caráter ilegal. As madeiras eram apreendidas durante o transporte da floresta à fábrica, dificultando a destinação final dessas toras. Mas, a matéria-prima ilegal era composta de espécies utilizadas em grande escala pela indústria exportadora de compensados e laminados: copaíba, sumaúma, virola, assacu, jacareúba, louro e paricarana – madeiras brancas de pouco ou nenhum uso em outras aplicações que não compensados e laminados (ADÁRIO e D'ÁVILA, 1999).

Gonçalves (1998) ao analisar a indústria de laminados e compensados no estado do Amazonas constatou que as principais espécies utilizadas na indústria de lâminas e compensados eram a sumaúma, muiratinga e copaíba. Estas participavam em cerca de 90% da produção de lâminas utilizadas na indústria no estado. O aumento da utilização dessas espécies veio em detrimento da oferta de outras essências florestais com características aceitáveis para o processamento na indústria, fato que preocupava a questão da reposição florestal.

De acordo com o Gonçalves (1998), em menor escala eram utilizadas pelas indústrias do estado, espécies como virola, *Hura crepitans* (assacú), macucu, paricá, seringa-barriguda, *Brosimum parinaroides* (amapá), *Castilloa ulei* (caucho) e *Calophyllum angulare* (jacareúba). A grande parte do volume extraído era proveniente das matas de várzea, enquanto que as provenientes de mata de terra firme ainda

estavam em franca exploração. Dessa forma, havia o distanciamento dos polos produtores das áreas de extração da madeira.

Embora houvesse a utilização de espécies não tradicionais na produção de laminados e compensados, aumentando o volume retirado da floresta e reduzindo o custo de exploração e de manejo, o maquinário utilizado pelas indústrias do Brasil não era adequado a elas, resultando em perdas por rendimento associado às características intrínsecas da madeira e a rotatividade da mão-de-obra, influenciando no custo final do produto acabado (GONÇALVES, 1998).

Em meados de 2000, o segmento de madeira compensada no Amazonas veio demonstrando decréscimo na sua produção, principalmente devido ao fechamento das grandes indústrias de compensado e laminados localizadas nas cidades de Manaus e Itacoatiara. Com o fechamento das indústrias localizadas no interior do estado, houve o enfraquecimento do segmento madeireiro, refletindo na geração de receita e arrecadação de impostos municipais, estaduais e federais. Para o município de Itacoatiara, as empresas de compensado influenciavam na arrecadação de impostos, geração de renda e atração de novos negócios para o município (OLIVEIRA, 2010).

A região Norte concentra poucos polos produtores de painéis de madeira, distribuídos pelos estados do Amapá, Pará, Rondônia, Roraima. O principal produto produzido é o painel de madeira compensada. Somente o estado do Pará, mais recentemente, começou a produzir painéis MDF. As empresas desses estados utilizam como matérias-primas, o paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex. Ducke) e espécies do gênero *Pinus*, ambas provenientes de plantios. É comum que estas empresas utilizem na confecção de compensados ou MDF (no caso do Pará), estas duas espécies florestais, resultando em um produto misto. São poucas as que produzem painéis com somente uma espécie florestal (ABIMCI, 2012).

#### 2.2.1.2 Princípios de confecção de compensados

Iwakiri (2005) recomenda que no processo de fabricação dos compensados deva haver laminação cruzada com sobreposição ímpar das camadas de laminados, assim a direção da grã permanece perpendicular entre as camadas. O autor ainda atenta para os cuidados com a linha de cola em relação aos diferentes comportamentos físicos e mecânicos nas camadas individuais resultando em produtos

com melhor estabilidade dimensional e melhor distribuição de resistência nos sentidos longitudinal e transversal.

Gonçalves (1998) descreve que no processo de produção do compensado na indústria, as toras são transformadas em lâminas através de um torno laminador e/ou faqueador. Posteriormente são recortadas em tamanhos padronizados por meio de guilhotina; as lâminas após secas, com o objetivo de reduzir a umidade para no máximo 8%, são sobrepostas umas às outras e impregnadas com cola mais extensor de origem mineral ou vegetal (fenol-ureia-formoltanino) para a formação do compensado; transportadas para a prensa a quente por um determinado período de tempo para fixação das lâminas sobrepostas. O compensado é transportado para esquadrejadeira visando os recortes finais; e transferido para a lixadeira visando a equalização da superfície do compensado; e finalizado pelo processo de revestimento em função da utilização.

O processo a seguir, foi baseado na pesquisa realizada por Nascimento (2006) em uma indústria de compensados no estado do Amazonas:

*Preparação das toras:* Após serem transportadas até a área de preparo, as toras passam por uma inspeção com o objetivo de se retirar ganchos, se for o caso, pregos ou qualquer outro objeto metálico que possa danificar o torno desenrolador. Em seguida são seccionadas para adequarem-se às medidas da máquina desenroladora (Figura 2: A, B e C). Dependendo da densidade, poderão ou não receber o pré-tratamento de aquecimento

*Obtenção das lâminas:* O processo de desenrolar a tora consiste em seu acoplamento ao torno, fixada por garras nas extremidades, no centro da tora e pressionada por uma barra à faca de laminação. O resíduo gerado inicialmente é a casca e em seguida lâminas de tamanhos não uniformes, que serão descartadas ou jogadas diretamente em uma esteira que conduz todo esse material para um triturador. As lâminas que formam o lençol contínuo poderão ou não ser enroladas em bobinas até o passo seguinte.

*Secagem e guilhotinagem das lâminas:* A umidade da lâmina deve estar ajustada para receber o adesivo a ser aplicado posteriormente, influenciando diretamente na

qualidade do produto final. As lâminas atingem umidade de 4 a 6%. No final do secador o lençol é guilhotinado, resultando em lâminas, resíduos, aparas.

*Aproveitamento por juntagem das lâminas:* o objetivo é unir pedaços de lâminas que foram descartados em etapas anteriores ao processo de produção. Estes pedaços são colados paralelamente, com tamanho padronizado e seguem para o secador industrial manual, para posteriormente, como miolo, compor as chapas de painéis compensado.

*Colagem das lâminas:* Definido o adesivo utilizado, as lâminas que recebem uma camada de cola nas duas faces são chamadas de coladeiras, com função de unir em suas faces outras duas lâminas. No caso de uma chapa de compensado com 7 lâminas, será composto por 2 capas, 2 intermediárias e três coladeiras. Para a aplicação do adesivo é necessário ter uma formulação com as proporções de resina, catalizador, extensor, água pré-estabelecidas, determinando assim a quantidade em função da capacidade da bateadeira e da vida em panela do adesivo.

*Montagem das chapas:* A montagem do compensado consiste na sobreposição de lâminas com adesivo seguindo uma sequência por uma composição pré-estabelecida pelo princípio de laminação cruzada. O tempo total de montagem é considerado desde a junção das lâminas até o fechamento da prensa.

*Correção das capas das chapas:* Após serem montadas, as chapas de compensado, passam por uma primeira etapa de acabamento, que consiste em reparos em falhas existentes nas capas dos painéis.

*Prensagem das chapas:* i) Prensa à frio: as lâminas são postas em uma prensa a frio, onde a função é reduzir o volume das camadas do painel e melhor absorção e distribuição do adesivo, facilitando assim a próxima parte do processo. A carga aplicada não deve ser muito alta para não afetar a espessura da final chapa. ii) Prensa à quente: com o seu volume reduzido, as chapas são encaminhadas à prensa à quente onde fatores como a pressão, o tempo e a temperatura são controlados (ciclo de prensa) (Figura 2D). Cada um destes fatores tem uma função no processo de confecção dos painéis compensados.

Esquadreamento das chapas: consiste em definir a largura e o comprimento dos painéis. Os resíduos gerados são aparas das laterais das chapas.

Lixamento dos painéis: Após a definição das dimensões dos painéis, todos são lixados dentro de um equipamento composto por lixas onde é feito o acabamento final dos painéis.

A pressão serve para transferência do adesivo de uma lâmina para outra e melhorar o contato e reparar os danos causados na superfície da madeira decorrentes do processo de laminação. Está relacionada com a densidade da madeira, a superfície da lâmina e a quantidade do adesivo. A temperatura é definida pelo tipo de resina. Por exemplo: UF= 95-120°C e FF= 130-150°C. A temperatura cura a resina acima de 100°C devido a vaporização da água. O tempo de prensagem é controlado em função da taxa de cura da resina, da distância entre o prato da prensa e a linha de cola mais interna e envolve dois processos dinâmicos de gradiente de temperatura e pressão.



Figura 02. A - Pátio de recebimento de toras; B - descascamento das toras; C - toras de paricá preparadas para laminação; D - prensagem dos painéis compensados. Fotos: Manoel Braga, 2014.

### 2.2.1.3 Caracterização dos adesivos

Os fatores que influenciam no processo de adesão, de acordo com Bergman et al., (2010), são:

Pressão: A pressão é aplicada às partículas ou lâminas para garantir alto contato entre as partes. Normalmente, a maioria dos adesivos para madeira, por sua viscosidade, não preenchem os poros e assim, exigem alta pressão. A pressão também ajuda o adesivo de molhar e penetrar a superfície da madeira, forçando-o para dentro dos espaços vazios desta. No entanto, altos níveis de pressão podem resultar no extravasamento do adesivo para outras chapas ou pratos da prensa. Portanto, devem ser evitados.

Temperatura: Os adesivos possuem respostas diferentes sob diferentes condições de temperatura. A temperatura do ambiente pode afetar o tempo de panela do adesivo, a duração do tempo de aplicação e de cura. Fenol-formaldeído, melamina-formaldeído, ureia-formaldeído e isocinatos adesivos devem ser curados à temperatura elevada e requerem prensas aquecidas. Algumas delas são curadas em poucos minutos.

Umidade: Para eficiência na adesão, muitos adesivos precisam que a madeira possua baixo teor de umidade para penetração.

Os adesivos sintéticos ureia-formaldeído e fenol-formaldeído são os mais utilizados na colagem de madeira e seus subprodutos e classificadas como resinas termoendurecedoras (cura por calor).

#### 2.2.1.3.1 Comportamento da linha de cola ao tempo

Os produtos aglutinados com adesivos fenol-formaldeído, resorcinol-formaldeído, e fenol-resorcinol-formaldeído podem ser mais duráveis do que a madeira quando expostas ao ambiente úmido ou aquecidas e até mesmo temperaturas elevadas o suficiente para carbonizar madeira. Estes adesivos são

adequados para utilização em produtos que ficarão expostos ao tempo indefinidamente (Figura 03) (BERGMAN et al., 2010).

Produtos aglutinados com adesivos à base de melamina, melamina-ureia, e ureia-formaldeído provaram ser menos duráveis do que a madeira. A melamina-formaldeído é apenas ligeiramente menos resistente do que o fenol-formaldeído ou resorcinol-formaldeído e é considerado aceitável para produtos estruturais. Apesar de ser considerado menos durável, melamina-ureia-formaldeído também é aceita em produtos estruturais em proporções definidas previamente. Resina de ureia-formaldeído é suscetível à deterioração pelo calor e umidade (Figura 03) (BERGMAN et al., 2010).

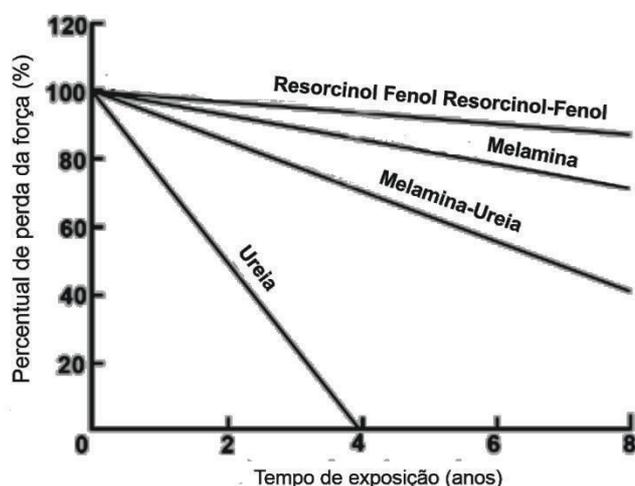


Figura 03. Taxas relativas de deterioração de peças de madeira, coladas com adesivos, expostas diretamente ao tempo. Adaptado de Bergman et al., 2010.

#### 2.2.1.3.2 Fenol-formaldeído

É utilizado na fabricação de painéis compensados e chapas de partículas alongadas, utilizados na indústria de construção civil onde a resistência à exposição às condições atmosféricas é uma grande preocupação. Por isso, uma das vantagens do adesivo fenólico decorre da sua resistência à ação da umidade, sendo, portanto, recomendado para a colagem de produtos expostos ao ambiente. A cor mais escura inerentemente de resina de FF, em comparação com outras resinas, pode tornar os

painéis esteticamente inadequados para aplicações em produtos, tais como painéis de interiores e mobiliário (MELO, 2009; BERGMAN et al., 2010).

Caracteristicamente, possuem cura lenta quando comparadas às outras resinas termoendurecedoras, necessitando de maior tempo de prensagem e maior temperatura 130 – 150°C. Altas temperaturas associadas aos adesivos fenólicos, resultam em uma redução significativa na sua higroscopicidade e quando curados, permanecem quimicamente estáveis à temperatura elevada. Em algumas empresas há o imediato empilhamento desses painéis após a prensagem de modo a reduzir o tempo no ciclo de prensagem (BERGMAN et al., 2010).

#### 2.2.1.3.3 Ureia-formaldeído

O adesivo ureico tem um custo mais baixo quando comparado com o fenólico, porém apresenta baixa resistência à umidade, sendo mais indicado para uso interior, principalmente em chapa de partículas e painéis MDF, pois a exposição à umidade e ao calor excessivo, conduzem ao colapso das reações de formação de ligações (IWAKIRI, 2005; MELO, 2009; BERGMAN et al., 2010). Nos países em desenvolvimento, o custo do adesivo é muito alto em relação ao custo total dos painéis, o que se deve ao fato de que quase todas as matérias-primas para fabricação de adesivos são feitas à base de produtos derivados do petróleo (MELO, 2009).

As vantagens das resinas UF incluem temperaturas de cura mais baixas do que as resinas FF e facilidade de utilização, sob uma variedade de condições de cura. Eles conferem cor clara, o que muitas vezes é um requisito para a fabricação de produtos de decoração. No entanto, a liberação de formaldeído de produtos ligados com UF é um problema de saúde crescente (LIMA, 1995; BERGMAN et al., 2010)

Para produção do adesivo de UF, a empresa utiliza 52 Kg da resina ureia-formaldeído, 30 kg de água, 29 kg de farinha de trigo, 1 kg de catalizador e 500 g de imunizante. Essa mistura é processada na batedeira durante 4 minutos, dos quais 2 minutos o batedor gira em sentido horário e outros dois minutos girando em sentido anti-horário, resultando em 112,5 kg de cola por batida, levando de 10 a 15 minutos para ser consumida e a quantidade aplicada em cada lâmina é de 37kg/m<sup>2</sup>. Para o painel com este tipo de cola, a prensagem varia de 105°C a 115°C e a pressão é de 7 kgf/cm<sup>2</sup> a 8 kgf/cm<sup>2</sup>. Para a produção de cola fenólica, são utilizados 89 kg do

adesivo fenol-formaldeído, 10 kg de água e 10 kg de farinha de trigo. Esses ingredientes são homogeneizados em batedeira obedecendo ao mesmo processo para a cola branca. A temperatura de prensagem varia de 140°C a 160°C e o tempo de prensagem é de 9 a 11 minutos de pressão.

## 2.3 Caracterização de *Schizolobium amazonicum*

### 2.3.1 Descrição botânica

*Schizolobium amazonicum*, popularmente conhecido como paricá, é uma espécie pertencente à família Leguminosae: Caesalpinoidae. Ocorre naturalmente na Amazônia Brasileira, no Peru e na Colômbia, em mata primária e mata secundária de terra firme e várzea alta. As árvores podem atingir dimensões próximas de 40 m de altura e 100 cm de DAP (diâmetro à altura do peito, medido a 1,30 m do solo), na idade adulta. O tronco possui formato cilíndrico, reto, podendo o fuste atingir 25 metros de comprimento e a casca até 25 mm de espessura; as folhas são longipeciouladas, bipinadas, raque lenhoso com 15 a 20 pares de folíolos (CARVALHO, 2007; AMATA, 2009).

Os órgãos reprodutivos caracterizam-se da seguinte forma: inflorescência em panículas terminais, medindo de 15 a 30 cm de comprimento; as flores são de coloração amarelo-clara, zigomorfas, medindo de 2 a 2,2 cm de comprimento; os frutos em forma de criptosâmara, produz de uma a duas sementes por fruto, são deiscentes e liberam as sementes facilmente quando expostos ao sol; as sementes são cobertas com um endocarpo papiroso e unidas apicalmente ao fruto e medem de 16 a 21 mm de comprimento por 11 a 14 mm de largura (CARVALHO, 2007; AMATA, 2009).

Fenologicamente, floresce de junho a julho, e geralmente é polinizada por abelhas e pequenos insetos; a frutificação é anual e o período vai de julho a setembro, com disseminação nos meses de agosto a novembro, variando com a distribuição das chuvas; a dispersão autocórica, do tipo barocórica (gravidade) e anemocórica (vento). A árvore de grande porte assemelha-se bastante ao *Schizolobium parahyba* (guapuruvu), principalmente no que se refere ao crescimento e ao emprego de sua madeira (CARVALHO, 2007; AMATA, 2009).

### 2.3.2 Tratamentos silviculturais

O paricá é uma árvore que ocorre em mata primária e secundária de terra-firme e várzea alta. Devido ao ritmo de crescimento da espécie atingir grandes alturas em pouco tempo, está sujeita a ação dos ventos, podendo provocar a inclinação do fuste de algumas árvores. Por esta razão, é recomendada a utilização de uma cortina de abrigos ou plantios consorciados com espécies que tenham o mesmo ritmo de crescimento. Essa espécie deve ser plantada a pleno sol nos espaçamentos de 4 x 3 m ou 4 x 4 m e o tamanho da cova deve ser grande, pelo menos 30 x 30 x 30 cm, que proporcionam maior crescimento (CARVALHO, 2007; AMATA, 2009).

Em campo, é uma espécie com crescimento rápido, com características fisiológicas que lhes permitem ser cultivados em plantios homogêneos ou consorciados, e vantagens de ser resistente ao ataque de pragas e doenças. Tem produtividade média anual de 20 a 30 m<sup>3</sup>/ha/ano, estando na mesma faixa de crescimento das espécies de *Pinus* que é de 25 a 30 m<sup>3</sup>/ha/ano, e superior a teca com 15 a 20 m<sup>3</sup>/ha/ano (IWAKIRI et al., 2010).

Em estudos realizados por Hoffmann (2009) em plantios de paricá nos municípios de Dom Eliseu e Paragominas, estado do Pará, para avaliar seus aspectos dendrométricos e de rendimento de laminação, percebeu-se que as características dendrométricas obtiveram resultados satisfatórios quando comparados aos das espécies tradicionais dos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus*, assim como o rendimento de laminação também foi similar e diretamente relacionado à idade do plantio, onde o aumento do diâmetro promove o aumento de rendimento.

### 2.3.3 Caracterização tecnológica da madeira de paricá

A sua madeira possui coloração branca e tem densidade média de 0,40 g.cm<sup>-3</sup> (0,30 g.cm<sup>-3</sup> a 0,62 g.cm<sup>-3</sup>), sendo classificada de leve a moderadamente densa. Quando seca a 0% de umidade possui massa específica aparente média de 0,39 g/cm<sup>3</sup> e a 12% de umidade, 0,42 g/cm<sup>3</sup> (AMATA, 2009). Macedo et al., (2012) ao analisarem as propriedades físicas da madeira proveniente de plantios com média de oito anos de idade, constataram que a umidade média, a densidade básica, a densidade aparente média e a retratibilidade volumétrica são similares à estudos para

a mesma espécie, porém com algumas variações. A madeira possui pequeno índice de defeitos, pequena quantidade de nós, grã direita e, também, poucos empenamentos (ALMEIDA et al., 2013, MELO et al., 2013).

A madeira é bastante utilizada na produção de lâminas para compensados por possuir fácil trabalhabilidade, textura média (diâmetro dos poros de 110 a 100  $\mu$ ) e grã cruzada ondulada. Devido sua baixa densidade, o paricá não necessita ser aquecido para ser torneado e a madeira branca e leve oferece ao final do processo de fabricação do compensado um produto com ótimo acabamento e alta qualidade (CARVALHO, 2007; AMATA, 2009, HOFFMANN, 2009). Em painéis compensados, a baixa massa específica contribui para maior absorção de adesivos, resultando na redução da espessura da linha de cola e resistência da ligação adesiva entre as lâminas, mas ainda estão dentro dos padrões exigidos pela Norma Europeia EN 314-2 (IWAKIRI et al., 2010).

A partir da década de 90, começaram a implantação de pequenas áreas de plantios de *S. amazonicum*, visando o seu aproveitamento industrial, principalmente para produção de lâminas para painéis compensados. Esses plantios, em escala comercial, estão concentrados no estado do Pará, com predominância na região de Paragominas (IWAKIRI et al., 2010). Segundo a ABRAF (2013), a área total plantada de paricá nos estados do Maranhão, Tocantins e Pará chegou a 85473 ha em 2011.

As lâminas resultantes do torneamento possuem coloração brancoacinzentada, baixa concentração de extrativos, baixa estabilidade dimensional, pouca rugosidade e alta molhabilidade. A maior presença de fendas de laminação na face interna (que sofre o “ataque” direto da faca de laminação) em comparação com a face externa das lâminas, influencia o grau de molhabilidade à água (MELO et al., 2013).

Em testes realizados por Iwakiri et al., (2010) para avaliação da qualidade em painéis compensados elaborados com essa espécie e aglutinados com UF e FF em gramaturas de 280 g/m<sup>2</sup> e 320 g/m<sup>2</sup>, não foram constatadas diferenças significativas dos efeitos da formulação da batida de cola e da gramatura sobre a resistência da linha de cola dos painéis, porém, a baixa massa específica contribui para redução nos resultados de MOE e MOR paralelo e perpendicular.

De acordo com Amata (2009) a madeira do paricá permite uma redução significativa nos custos de produção do compensado, reduzindo despesas de colheita e transporte, pela homogeneidade e boa localização dos reflorestamentos e pela redução 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 do paricá.

## 2.4 Cupins (Insecta: Isoptera)

Os cupins, térmitas ou térmitas são insetos pertencentes à ordem Isoptera (do grego, *iso* = igual ou semelhante; *ptera* = asa), referindo-se ao fato de os pares de asas posterior e anterior possuírem morfologia similares. Ocorrem nas áreas tropicais, subtropicais temperadas do mundo, com mais de 2000 espécies descritas. Excluídos os fósseis, estão representados nas Américas por 84 gêneros em 5 famílias, com 514 espécies. No Brasil são registradas cerca de 290 espécies sendo um país com umas das termitofaunas mais diversas do mundo, visto que existem espécies que ainda não foram detectadas e muitas outras que devem ser descritas (CONSTANTINO, 1999).

A Ordem Isoptera compreende sete famílias: Mastotermitidae, Termopsidae, Hodotermitidae, Kalotermitidae, Serritermitidae, Rhinotermitidae e Termitidae, que estão subdivididas em quatorze subfamílias. Destas, ocorrem no Brasil as quatro últimas famílias. Os Kalotermitidae são cupins considerados primitivos, que são capazes de viver em madeira seca sem contato com o solo e nunca constroem ninhos. Serritermitidae com a espécie *Serritermes serrifer* e mais recentemente, houve a inclusão da espécie *Glossotermes oculatus* à família. Os Rhinotermitidae são na maioria subterrâneos e se alimentam de madeira, e alguns deles são pragas importantes. A família Termitidae é bastante diversificada, e compreende cerca de 85% das espécies de cupins conhecidas do Brasil (GRASSÉ, 1982; CONSTANTINO, 1999; GALLO et al., 2002).

### 2.4.1 Características diagnósticas e biologia

São espécies eusociais, formando castas de indivíduos ápteros ou alados. Morfológica e externamente, são pequenos, de corpo mole, cabeça livre de forma e tamanho variados. Antenas moniliformes, curtas, filamentosas, com 9 a 33 artículos. Olhos compostos, geralmente presentes nas formas aladas e atrofiados nas formas ápteras e ocelos geralmente presentes em números de dois. Aparelho bucal mastigador bem desenvolvido, principalmente nos soldados (Figura 04: A e B). As

asas (quando presentes), de tamanhos iguais, membranosas, são longas recobrimdo quando em repouso o abdome, deiscientes com sutura basal, onde se rompem, destacando o corpo do inseto após a revoada, restando apenas um rudimento de asa, que recebe o nome de escama (GALLO et al., 2002; GULLAN e CRANSTON, 2008; BRUSCA e BRUSCA, 2007).

Cecos pequenos a diminutos, ovipositor reduzido ou ausente, muitos com genitália externa rudimentar (em *Mastotermes*) ou ausentes, polimorfismo marcado. O aparelho reprodutor é desenvolvido nas castas reprodutora e atrofiado nas operarias e soldados. O desenvolvimento é por hemimetabolia. Tórax achatado, com o protórax destacado dos demais segmentos. Pernas ambulatórias, tetrâmeras, com órgão auditivo situado na tíbia anterior. Abdome volumoso, sésil, com 10 segmentos e um par de cecos curtos. (GALLO et al., 2002; GULLAN e CRANSTON, 2008; BRUSCA e BRUSCA, 2007).

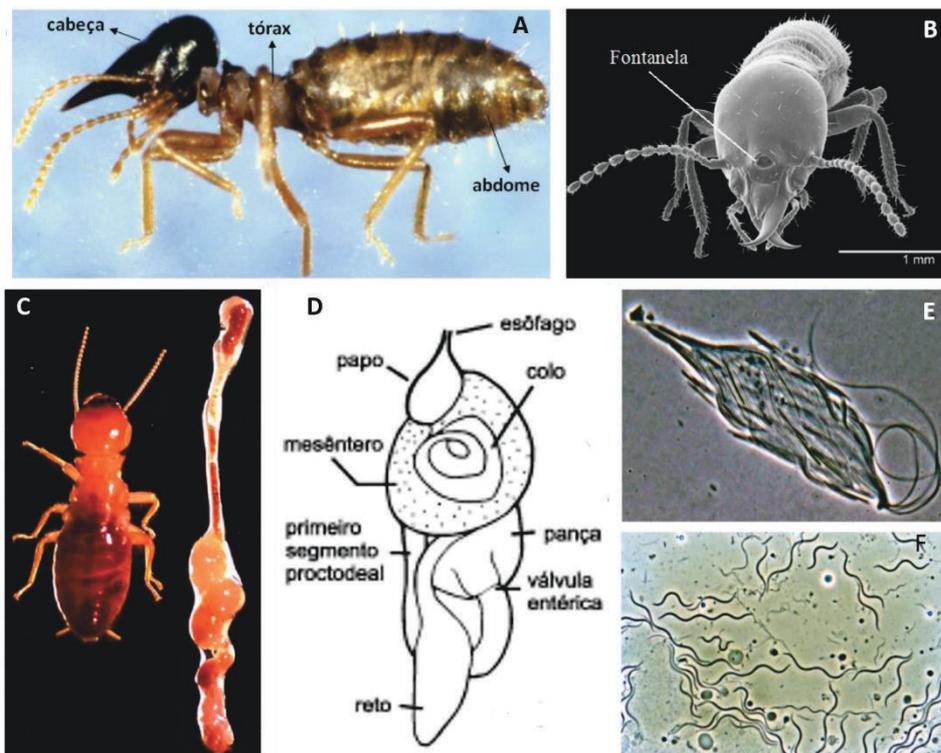


Figura 04. A e B - partes externas constituintes do corpo de um cupim. A - Soldado de *Nasutitermes corniger*; B - soldado de *Coptotermes formosanus*; C e D - trato digestório dos cupins; E e F - fauna simbiote do trato digestivo: protistas (E) e bactérias (F). Adaptações de Lima, 2012 e Constantino, 1999.

Morfológica e internamente, há predominância de um trato alimentar enrolado que inclui um proctodeu elaborado contendo bactérias simbiotes e, em todas as espécies exceto as da família Termitidae, também protistas (protozoários) da classe Mastigiphora, ordem Hypermastiginea no intestino de muitas espécies. Celulose, hemicelulose e pentoses digeridas, na sua maior parte por esses protozoários ou bactérias simbiotes alojadas numa dilatação denominada pança e uma pequena parte pelos cupins (Figura 04: C, D, E, F) (GRASSÉ, 1982; GALLO et al., 2002).

Os cupins são insetos estritamente sociais, habitando ninhos e formando colônias onde encontram-se duas categorias de indivíduos adultos, uma formada por indivíduos reprodutores com as castas dos sexuais alados - encarregados da formação de novos cupinzeiros e possuem olhos compostos e quatro asas (que perdem ao formarem novas colônias) completamente desenvolvidos; e os sexuais ápteros - rainha e rei, encarregados de reprodução dentro cupinzeiro e a outra categoria formada pelos indivíduos estéreis (aparelho reprodutor não desenvolvido), com duas castas: operários e soldados. Assim, rei e rainha são indivíduos sexuais que perderam as asas ao fundarem a colônia. Em geral existe apenas o casal real, embora no mesmo cupinzeiro ocorram reprodutores suplementares (Figura 05) (GALLO et al., 2002; BRUSCA e BRUSCA, 2007).

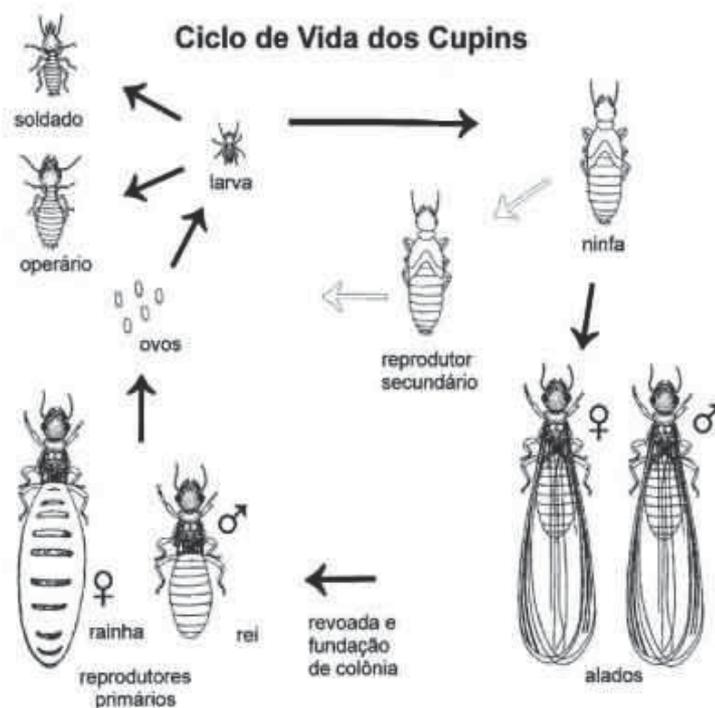


Figura 05. Ciclo reprodutivo dos cupins. Adaptado de La Cruz, 2014.

Os reprodutores são produzidos em um grande número em uma determinada época do ano, quando emergem da colônia em enxames. O acasalamento ocorre nesse momento, e pares de indivíduo iniciam novas colônias. As colônias formam ninhos em madeira que está dentro ou sobre o solo. Os operários são geralmente indivíduos estéreis e cegos, com mandíbulas normais; são os responsáveis pela coleta de alimento, construção do ninho e cuidado com os membros das outras castas. A troca de alimento entre os indivíduos (trofalaxia) é o único modo de repassar simbiontes aos jovens e aos recém-mudados, garantindo a eusocialidade nesta ordem. Os soldados são forma cega, geralmente estéreis, e sem asas, com mandíbulas ou nasuto usados para defender a colônia e os operários durante o forrageamento (Figura 05) (GRASSÉ, 1982; BRUSCA e BRUSCA, 2007).

Existem cupins subterrâneos e cupins de madeira seca. Um dos fatores que limitam a utilização da madeira para suas diversas finalidades é com certeza a sua durabilidade, o conhecimento ao ataque de xilófagos, principalmente dos cupins, torna-se um requisito muito importante, para a utilização correta da madeira, principalmente nas indústrias de movelaria e construção civil (OLIVEIRA et al., 1986). A resistência ou susceptibilidade das diversas espécies de madeiras ao ataque dos cupins deve-se às propriedades físicas, como a densidade, e propriedades químicas (resinas e outros metabólitos secundários depositados nas madeiras) que podem variar entre indivíduos da mesma espécie ou no interior de uma única espécie (GRASSÉ, 1982; OLIVEIRA et al., 1986).

Cupins podem possuir preferência por diferentes tipos de espécies madeireiras e melhor afinidade por aquelas em decomposição do que as sãs, provavelmente, devido à presença de microrganismos (principalmente fungos) que podem fornecer fontes adicionais de nitrogênio e a decomposição da madeira por estes fungos, provavelmente, facilita a mastigação e a degradação de compostos de celulose. As substâncias resultantes da decomposição fúngica também servem como atrativo para cupins subterrâneos (AMBURGEY, 1979; BUSTAMANTE, 1993).

#### 2.4.1.1 Família Termitidae

Em relação à família Termitidae, é a maior e mais diversificada família de cupins, com cerca de 70% das espécies no mundo sendo, dentre as famílias existentes, considerado cupins superiores. Diferem das outras famílias por não

possuírem os simbioses flagelados encontrados no proctodeu dos cupins inferiores. Esses protozoários secretam enzimas que podem contribuir com a digestão do conteúdo intestinal. Em Termitidae, o sistema de castas é mais elaborado e rígido que nas demais, pois nota-se uma visível fisiogastria nas rainhas dessa família diferentemente dos cupins inferiores onde essa dilatação do abdome é pequena ou inexistente. Quanto a digestão de celulose que se processa de forma diferente segundo as espécies de cupins: cupins inferiores, sempre associados com protozoários flagelados, cupins superiores associados com bactérias simbioses e cupins que cultivam fungos (GULLAN e CRANSTON, 2008).

De acordo com Constantino (1999), seus hábitos alimentares são bem variados, incluindo madeira, humus, folhas e até líquens. Muitas espécies constroem ninhos grandes e complexos, os quais hospedam uma rica fauna associada, que compreendem outros cupins, vários artrópodes e mesmo alguns vertebrados.

No Brasil, os principais gêneros são: *Cornitermes* com várias espécies, algumas das quais constroem ninhos subterrâneos atacando plantações agrícolas; outras constroem ninhos de montículos; *Nasutitermes* e *Eutermes*, que constroem ninhos arborícolas ou semi-arborícolas; *Syntermes*, com ninhos subterrâneos ou que afloram parcialmente na superfície do solo; *Anoplotermes*, mais evoluídos, constroem ninhos em geral em outros cupinzeiros. Embora sejam conhecidos como pragas da madeira, a maioria das espécies vive em ambientes naturais, onde atuam como decompositores de matéria vegetal morta (CONSTANTINO, 1999).

Em Nasutitermitinae ocorre bastante diversificação e dominância da fauna da America tropical. São cupins com fontanela e escamas pequenas, mandíbulas com dentes basais. Neles estão incluídos os nasutos, cupins cujos soldados possuem a cabeça modificada para defesa química, com um longo tubo frontal com um poro na ponta, através do qual ejetam uma substância tóxica ou repelente (CONSTANTINO, 1999).

#### 2.4.1.1.1 Gênero *Nasutitermes* Dudley

Os cupins da subfamília Nasutitermitinae (do latim, *Nasutus* = Cupim narigudo) possuem maior ocorrência e grande distribuição na Região Norte do país. Segundo Constantino (1999) eles são encontrados no solo ou em ninhos construídos por outros cupins. Alimentam-se de matéria orgânica em decomposição, sendo responsáveis

pelos maiores volumes de perdas de madeira no mundo e reconhecidos pela presença de uma estrutura denominada nasuto, de forma cônica com ponta fina presente nos soldados.

O nasuto, de formato cônico é um prolongamento tubular da fronte cefálica e de comprimento variável com o ápice finalizado em um poro (fontanela) pelo qual é eliminado um fluido produzido na glândula frontal, garantindo a defesa química da colônia. As mandíbulas podem ser conspícuas ou atrofiadas (CONSTANTINO, 1999).

Os cupins do gênero *Nasutitermes* possuem a cabeça, sem constrição, podendo ser arredondada ou ovalada, com hábitos xilófagos ou ceifadores. São capazes de invadir, com sucesso, o meio urbano, atacando móveis e outros objetos construídos com madeira, como batentes de portas e janelas e, principalmente, madeiras empregadas nas estruturas das construções (PAES et al., 2002.).

As espécies desse grupo são pouco seletivas, pois se alimentam de madeira seca ou úmida, de baixa e alta densidade, trabalhada ou não e frequentemente encontradas em áreas arborizadas, sendo as construções próximas a estas árvores, mais suscetíveis ao ataque dos insetos desse grupo. Caracteristicamente esses cupins conectam seus ninhos às fontes de alimento a partir de galerias em paredes ou em árvores, facilitando a localização da colônia (FONTES e BERTI FILHO, 1998).

Os cupins desse gênero são conhecidos por sua importância econômica como pragas de madeira e de outros materiais celulósicos, além de provocar considerável dano econômico em áreas urbanas e rurais, esses insetos também são importantes componentes da fauna de solo de regiões tropicais, exercendo papel essencial nos processos de decomposição e de ciclagem de nutrientes. Alimentam - se preferencialmente de celulose atacando papéis, livros, estruturas de madeiras, compensados e aglomerados (CONSTANTINO, 1999; GONÇALVES e OLIVEIRA, 2006).

#### 2.4.1.1.1.1 *Nasutitermes corniger* e comportamento de forrageamento

Dentre as espécies de *Nasutitermes*, *N. corniger* destaca-se por sua abundância em florestas secundárias com algum grau de perturbação. Possui alta plasticidade alimentar, pois, pode se alimentar de madeira dura ou mole, úmida ou seca de diferentes espécies. Nas últimas décadas esta espécie passou a ter grande importância econômica pelos relatos crescentes da sua ocorrência em numerosas

idades de Brasil ocasionando danos em residências que lhe conferiram o “status” de praga (ABREU, 2002; LIMA, 2012). O controle de infestações em área urbana é realizado de acordo com procedimentos adotados para cupins subterrâneos, que se baseia principalmente em barreiras físicas e barreiras químicas, usando inseticidas com altos efeitos residuais e madeira tratada.

As colônias são formadas por ninhos muito populosos, escuros, cartonados e de superfície rugosa, construídos em árvores ou solo e conectados por túneis de forrageamento construídos com a mistura de madeira triturada e areia que é cimentada com fluidos fecais e salivares criados para proteção dos cupins contra ataques de outros organismos, formigas principalmente. Servem para orientar os cupins até uma fonte de alimento e seu retorno ao ninho. Exploram novas fontes alimentar principalmente à noite quando a colônia está mais ativa em função da diminuição da temperatura ambiente associada ao aumento da umidade relativa do ar (GAZAL e SILVA, 2008; COSTA-LEONARDO, 2002, SOUZA, 2012).

A detecção de fontes de alimento por *N.corniger* é iniciada por soldados. Aproximadamente, cinco saem do ninho em várias direções para encontrar comida e depois voltar para o ninho deixando um rastro de feromônios. Outros soldados e alguns trabalhadores são recrutados imediatamente e seguir esta trilha até a fonte de alimento. Este processo é repetido até que culmina no recrutamento de massa dos trabalhadores para a fonte de alimento. Durante esta fase, os trabalhadores remarcam a trilha com feromônio e depósito de fezes ao longo dela (COSTA-LEONARDO, 2002; GAZAL, 2008).

A espécie *N. corniger* é comumente utilizada em ensaios de preferência alimentar em laboratório para testar a durabilidade natural de espécies florestais e pôde-se perceber em alguns estudos, que a resistência da madeira não sofre influência da densidade pela baixa relação entre a densidade e a resistência da madeira, indicando que essa espécie de cupim não faz diferenciação entre cerne e alburno aumentando ainda mais a teoria de que a resistência está associada à presença de extrativos tóxicos aos cupins (BUSTAMANTE, 1993; ABREU e SILVA, 2000; ABREU et al., 2002; PAES et al., 2007a e 2007b).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Painéis de madeira compensada

Os painéis foram adquiridos de uma empresa localizada na Rodovia BR-010, no Km 81, instalada na cidade de Ulianópolis, Pará. Especializada na confecção de compensados, laminados e portas de compensados fabricados com madeira tropical, o paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber). A empresa utiliza para aglutinação das lâminas, colas do tipo branca (à base de ureia), branca MR (madeirite resinado) e fenólica WBP (*water-boiled proof*).

Do estoque da fábrica, foram selecionados dois produtos: compensado de 2,20 x 1,10 m confeccionado com cola branca e o compensado naval (cola fenólica) de 2,20 x 1,60 m. Todos com 12 mm de espessura. Para cada produto, houve a seleção de 3 painéis provenientes do mesmo ciclo de prensagem (Figura 06).



Figura 06. Estocagem painéis de madeira compensada.  
Foto: Manoel Braga, 2014.

### 3.2 Obtenção dos corpos de prova

Para facilitar o transporte dos painéis, foi realizada a retirada de 12 amostras de cada um, a uma distância da borda de 6cm, para que o imunizador aplicado nessas bordas não viesse a interferir nos testes. Cada amostra possuía 12 x 7 cm, resultando em 36 amostras por produto. Foram selecionados 3 roletes provenientes do desdobro da tora de paricá para serem utilizados como amostra controle dos testes e 1 lâmina seca de paricá para confecção do painel testemunha (Figura 07).

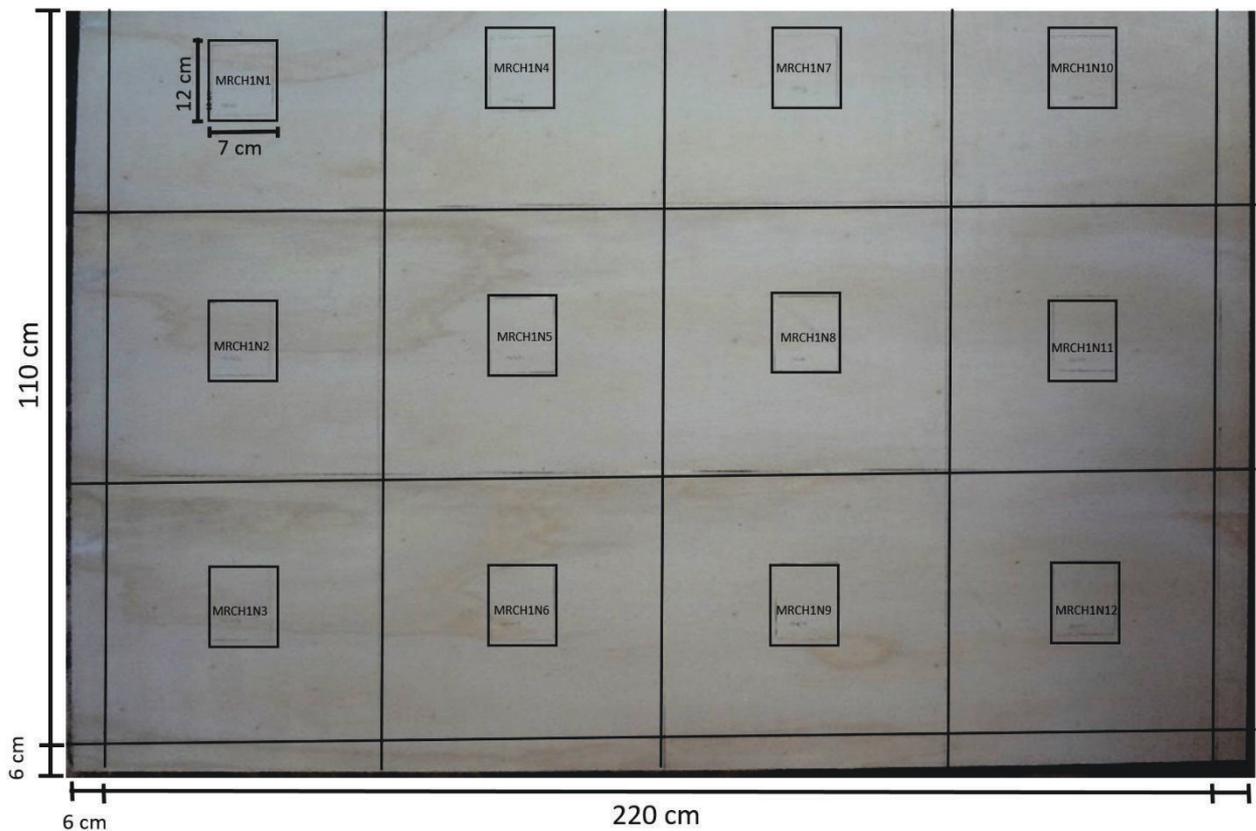


Figura 07. Delimitação das amostras para retirada dos corpos de prova.  
Foto: Manoel Braga, 2014.

Para que o painel testemunha se assemelhasse aos utilizados no teste, e que a cola utilizada não interferisse no processo de alimentação dos cupins, fora adotada cola comercial à base de PVA, indicada para colagem de painéis laminados para fins não-estruturais. A quantidade de adesivo aplicada foi mínima, somente para manter as lâminas unidas e que o painel suportasse os processos das etapas seguintes (Figura 08). De acordo com as recomendações do fabricante, os painéis foram prensados à quente, temperatura de 90°C, durante 5 minutos, pressão 10 kgf/cm<sup>2</sup> e aproximadamente 5,75 x 10<sup>-3</sup> g/cm<sup>2</sup> de cola aplicada.



Figura 08. Processo de confecção do painel testemunha, em A e B, aplicação e uniformidade da cola e em C, prensagem do compensado.

Fotos: Manoel Braga, 2015.

As amostras dos compensados foram enviadas à serraria da Coordenação de Tecnologia e Inovação (COTI) do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) para obtenção dos corpos de prova a serem utilizados em cada teste. Posteriormente, eles foram lixados manualmente com lixa para madeira P150 para acabamento e diminuição de farpas resultante do processo de serragem.

Para o ensaio de durabilidade dos painéis a cupins foram adotadas para os corpos de prova as dimensões 3,0cm x 1,5cm x 1,2cm (comprimento x largura x espessura). Em cada ensaio, os corpos de prova foram previamente secos em estufa com temperatura controlada (60°C) e ventilação moderada para obtenção de massa constante a partir de pesagem semanal em balança com 0,01g de precisão (Figura 09: A e B).

Após obtida a massa constante, para evitar que houvesse facilidade do ataque dos cupins pelas laterais dos corpos-de-prova, estes foram bloqueados com fita dupla-face VHB 4910 com 12mm x 20m (Figura 09: C e D).

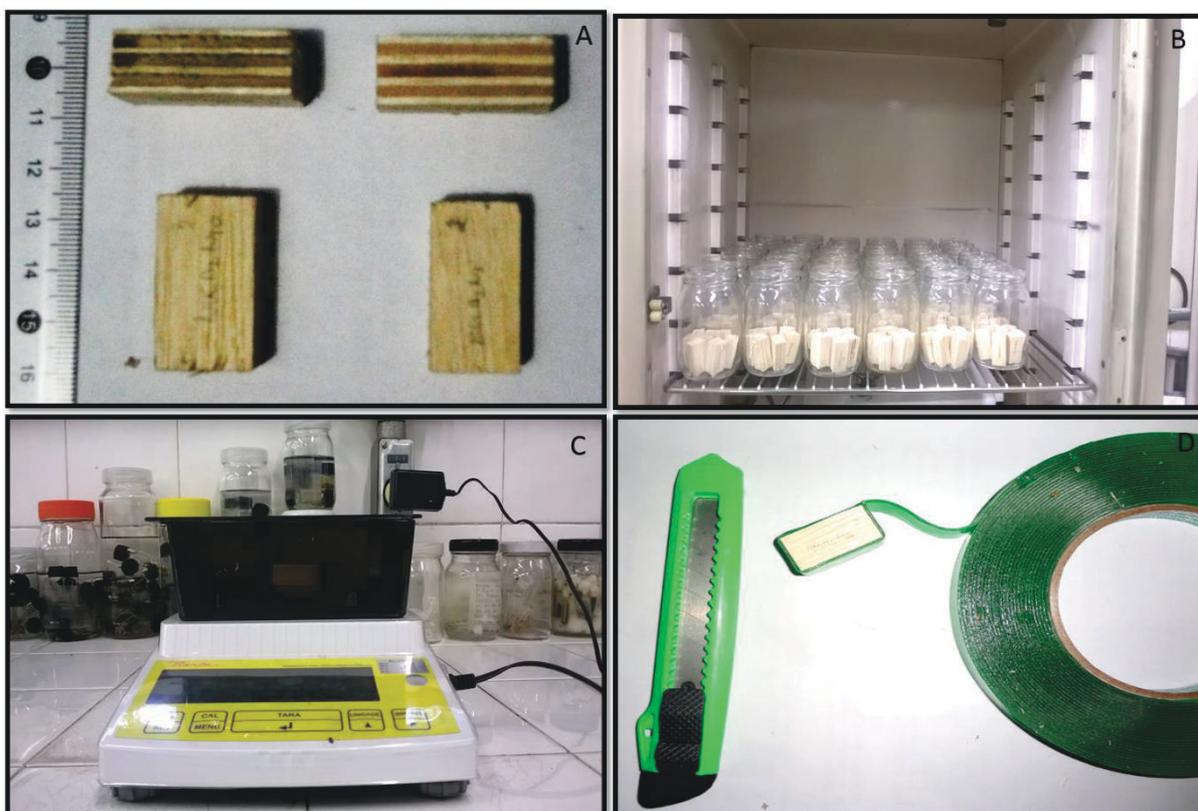


Figura 09. Etapas pré-teste. Em A, dimensão dos corpos de prova a serem utilizados; em B, secagem em estufa; em C, pesagem para determinação de massa constante e em D, bloqueio das seções transversais das amostras com fita dupla-face. Fotos: Manoel Braga, 2015.

### 3.3 Ensaios de preferência alimentar a cupins

Os ensaios de preferência alimentar com cupins como agentes biodeterioradores foram realizados em uma área coberta da serraria do INPA. Para cada teste, foram retiradas seis amostras de cada painel resultando em 18 por produto. Além destas, foram utilizadas nos testes, as testemunhas e corpos de prova de madeira maciça do *S. amazonicum* (paricá) com as mesmas dimensões, resultando em 72 corpos de prova testados.

A adoção de uma amostra controle é recomendada pela ASTM D – 3345 que sugere o uso do *Pinus* spp., uma madeira de baixa densidade e propensa ao ataque de biodecompositores. Porém, foi adotado o uso da madeira de paricá por possuir

densidade similar, oriunda da Floresta Amazônica e utilizada na produção dos painéis empregados no teste.

### 3.3.1 Ensaio 1

A montagem do experimento foi de acordo com a utilizada por Melo et al. (2010a e 2010b) que são adaptações da metodologia recomendada pela ASTM D. De acordo com o autor, a metodologia da norma resulta em muito estresse aos cupins, além das amostras serem oferecidas aos insetos em separado não oferecendo escolha para alimentação.

O ensaio foi montado em uma caixa d'água de fibrocimento com capacidade para 500 litros, contendo uma camada de 5cm de areia previamente seca e posteriormente reajustada à 75%, de acordo com capacidade de retenção (CDR) com a adição de água destilada. O cálculo da CDR foi de acordo com o exigido pela ASTM D 3345:

$$\% \text{ Saturação} = \frac{\text{Quantidade de água para saturar a areia}}{\text{Massa da areia seca em estufa}} \times 100 \quad (\text{Equação 1})$$

Logo em seguida, calculou-se:

$$\% \text{ Água para adicionar} = \% \text{ Saturação} - 7,0 \quad (\text{Equação 2})$$

As amostras foram dispostas horizontalmente, com espaçamento semelhantes, em uma grelha nas dimensões de 25 x 40 x 0,3 cm, colocada sobre a camada de terra, para evitar o contato direto das amostras com a areia úmida.

As colônias de *Nasutitermes corniger* foram coletadas em uma área localizada na cidade de Manaus e transportadas ao laboratório de Entomologia da Madeira dentro de sacos plásticos de 200 litros afim de se evitar espalhamento dos cupins durante o transporte.

Uma delas foi disposta em uma grelha de 40 x 35 x 0,5 cm, apoiada em 2 tijolos de cada lado com 8 furos cada um, distribuídos sobre a camada de terra contida na caixa de fibrocimento. Esta ficou apoiada sobre quatro tijolos colocados em bandejas de plástico de 30 x 40 x 5 cm, contendo água e uma fina camada de óleo queimado,

para evitar a fuga dos térmitas. Outra medida, também recomendada foi a instalação de uma tela de nylon como cobertura da caixa, também para evitar a fuga dos alados ou que outros insetos entrassem (Figura 10).



Figura 10. Montagem do ensaio 1. A - Aplicação de 5 cm de camada de areia com umidade ajustada; B - colocação dos corpos de prova e tijolos para servirem de apoio da grelha; C - colônia de cupins sobre a grelha; D - caixa d'água apoiada sobre 4 tijolos dentro de bandejas plásticas. Fotos: Manoel Braga, 2015.

Os corpos de prova ficaram expostas à ação dos cupins durante 21 dias. Após esse período, foram limpos com auxílio de uma escova de cerdas macias e secas novamente em estufa, seguindo o mesmo procedimento realizado antes do experimento, e pesadas para obtenção da massa constante e cálculo da porcentagem de perda de massa. Essas etapas também foram aplicadas ao ensaio 2.

$$ID(\%) = \frac{Ma - Md}{Ma} \times 100 \quad (\text{Equação 3})$$

Onde:

ID = Índice de Deterioração (%)

Ma = massa climatizada antes do ataque

Md = massa climatizada depois do ataque

### 3.3.2 Ensaio 2

A montagem do experimento foi de acordo com o procedimento realizado pela COTI/INPA para ensaios de preferência alimentar em testes de durabilidade natural de madeiras (ABREU e SILVA, 2000) e em chapas aglomerados (ABREU et al., 2014).

Para este ensaio, foi utilizada uma caixa d'água de fibrocimento com capacidade para 1000 litros. Em seu centro foram distribuídos 15 tijolos com oito furos, com um arranjo de 3 colunas e 5 linhas, alinhados para uma única direção e em seguida foi colocada uma segunda camada de tijolos (Figura 11: A e B).

Na posição localizada na segunda linha e segunda coluna de tijolos, no sentido vertical, foram removidos os tijolos para encaixe da colônia de cupins. Na caixa foi colocada água até atingir a camada superior de tijolos e as amostras distribuídas na área livre em frente a colônia sobre uma grelha nas dimensões 25 x 40 x 0,3 cm. Neste ensaio não foi necessário a instalação da tela de nylon, pois a água serviu como barreira contra fuga de cupins e a altura da colônia também impediu a instalação da tela (Figura 11C).

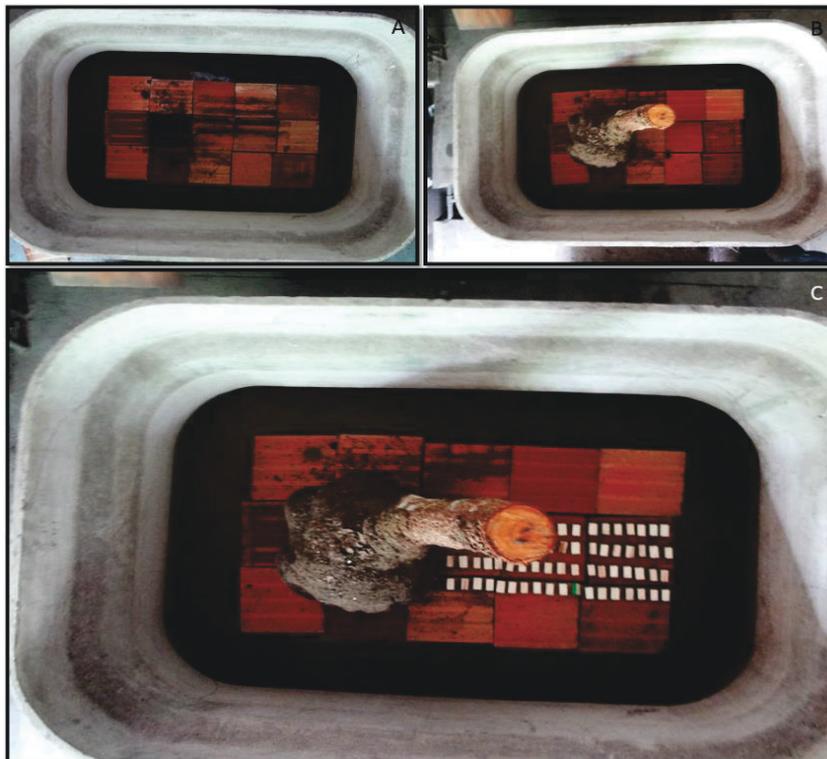


Figura 11. Procedimento de montagem do ensaio 2. A - disposição dos tijolos; B - posição da colônia; C - distribuição das amostras e distância entre tijolos e paredes da caixa d'água impossibilitando a fuga dos cupins.

### 3.4 Análises estatísticas

Tabela 1. Delineamento experimental dos tratamentos.

Tratamentos	Produto	CUPINS	
		Ensaio 1	Ensaio 2
T0*	CC	18	18
T1	UF	18	18
T2	FF	18	18
AC	MM	18	18

T0= testemunha, T1= Tratamento 1, T2= Tratamento 2, CC= Painel com cola comercial, UF= Painel com Ureia-Formaldeído, FF= painel com Fenol-Formaldeído, AC= amostra controle e MM= madeira maciça.

Tabela 2. Distribuição dos corpos de prova nos dois ensaios testados. Ordens definidas por sorteio.

		TRATAMENTOS							
		Ensaio 1				Ensaio 2			
REPETIÇÕES	MM	FFCH1	UFCH1	T0	UFCH2	MM	NVCH1	T0	
	MM	UFCH2	T0	FFCH3	MM	FFCH3	UFCH2	T0	
	UFCH3	MM	FFCH1	T0	FFCH2	T0	UFCH1	MM	
	MRCH2	T0	MM	FFCH2	UFCH3	FFCH2	T0	MM	
	FFCH3	UFCH2	T0	MM	FFCH3	MM	UFCH1	T0	
	MM	T0	FFCH2	UFCH2	UFCH3	T0	MM	FFCH1	
	UFCH2	MM	T0	FFCH1	T0	UFCH3	MM	FFCH2	
	FFCH1	T0	UFCH3	MM	UFCH1	T0	FFCH2	MM	
	T0	UFCH1	MM	FFCH3	UFCH2	FFCH1	MM	T0	
	FFCH2	T0	MM	UFCH3	UFCH2	T0	MM	FFCH	
	MM	T0	FFCH1	UFCH1	MM	T0	FFCH3	UFCH2	
	T0	UFCH1	MM	FFCH2	UFCH1	T0	MM	FFCH3	
	FFCH3	UFCH3	MM	T0	FFCH2	MM	UFCH3	T0	
	FFCH2	T0	UFCH3	MM	FFCH3	UFCH3	MM	T0	
	T0	MM	FFCH2	UFCH1	MM	UFCH3	FFCH1	T0	
	T0	FFCH1	MM	UFCH1	T0	FFCH1	MM	UFCH2	
FFCH3	UFCH3	MM	T0	T0	MM	FFCH2	UFCH1		
MM	FFCH3	UFCH2	T0	UFCH1	MM	T0	FFCH3		

T0= testemunha; UF= Ureia-formaldeído; FF= Fenol-formaldeído, MM = Madeira Maciça e CH= chapa.

Para a avaliação do desgaste dos corpos-de-prova causado pelos cupins, foi utilizada a tabela sugerida pela norma ASTM D-3345, pela qual se atribui notas aos corpos de prova pelo dano que lhes foi causado (Tabela 3). Também foi adotado o sistema de classificação de durabilidade sugerido pela ASTM D-2017 (Tabela 4), além do teste de Tukey a nível de significância de 5%, para comparação das médias.

Tabela 3. Classificação do desgaste provocado pelos cupins nos corpos de prova (ASTM D 3345).

<b>Tipos de desgaste</b>	<b>Nota</b>
Sadio, permitindo escarificações superficiais.	10
Ataque superficial	9
Ataque moderado, havendo penetração.	7
Ataque intensivo	4
Falha, havendo ruptura dos corpos de prova.	0

Tabela 4. Classificação da durabilidade em função da perda percentual de massa dos corpos de prova expostos ao ataque de cupins.

<b>Perda de massa (%)</b>	<b>Classe</b>
0 a 10	Altamente resistente (AR)
11 a 24	Resistente (R)
25 a 44	Moderadamente resistente (MR)
Acima de 45	Não resistente (NR)

Para avaliação dos resultados foi empregado o delineamento em blocos inteiramente casualizados e a avaliação dos ensaios foi realizada pelo teste de Tukey a 5% de significância. As notas de desgaste foram corrigidas em raiz quadrada (nota + 0,5), necessárias para homogeneizar as variâncias e permitir sua análise.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para o ensaio 1, observa-se nas tabelas 5 e 6, que os painéis colados com FF (72,64%) e UF (81,624%) obtiveram melhores resultados para resistência à ação dos cupins, sendo estatisticamente superiores ao painel testemunha e às amostras de madeira maciça onde o ataque dos térmitas concentrou-se mais intensamente, resultando em maior percentual de perda de massa, porém, entre estes dois último, não houve diferença estatística pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Apesar dos painéis com FF e UF serem superiores estatisticamente aos outros, de acordo com a classificação proposta pela ASTM D 3345, todos foram classificados como sendo não resistentes ao ataque dos cupins subterrâneos, conforme tabela 5.

Na avaliação dos desgastes por nota, apesar de ser subjetiva, para este ensaio não foi possível obter graus diferentes de avaliação, pois em todos os corpos de prova houve ataque intenso. Dessa forma, para todos os tipos de produtos testados, houve falha, havendo ruptura dos corpos de prova.

Tabela 5. Valores da média dos pesos inicial e final dos corpos de prova submetidos aos dois ensaios de preferência alimentar para cada tipo de produto de madeira.

Produtos de madeira	Ensaio de preferência alimentar			
	Ensaio 1		Ensaio 2	
	$\bar{X}_{Pi}$	$\bar{X}_{Pf}$	$\bar{X}_{Pi}$	$\bar{X}_{Pf}$
FF	2,48	0,69	2,46	1,63
UF	2,44	0,45	2,49	0,67
T0	1,81	0,11	1,85	0,16
MM	1,73	0,03	1,71	0,18

FF= Fenol-formaldeído, UF= Ureia-formaldeído, T0= testemunha, MM= Madeira Maciça,  $\bar{X}$  = Média, Pi= Peso inicial, Pf= Peso final.

Tabela 6. Valores resultantes do ataque de *Nasutitermes corniger* nos corpos de prova provenientes de compensados confeccionados com diferentes adesivos submetidos ao ensaio I de preferência alimentar.

Produtos de madeira	Desgaste médio	Perda de massa (%)	Classe de resistência
FF	0,71	72,64 a (2,9)	NR
UF	0,71	81,624 a (2,9)	NR
T0	0,71	93,966 b (2,9)	NR
MM	0,71	98,09 b (2,9)	NR

FF= Fenol-formaldeído, UF= Ureia-formaldeído, T0 = testemunha, MM = Madeira Maciça. NR = Não resistente. Nos valores para perda de massa, em parênteses está o erro padrão. Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, considerando o valor nominal de 5% de significância.

Na análise de desempenho individual para os painéis utilizados como repetição para cada compensado comercial, observa-se na figura 12, que os corpos de prova provenientes do painel da chapa nº três, para UF, possuiu maior consumo pelos cupins (88,56%), porém na análise estatística não houve diferença significativa entre as médias.

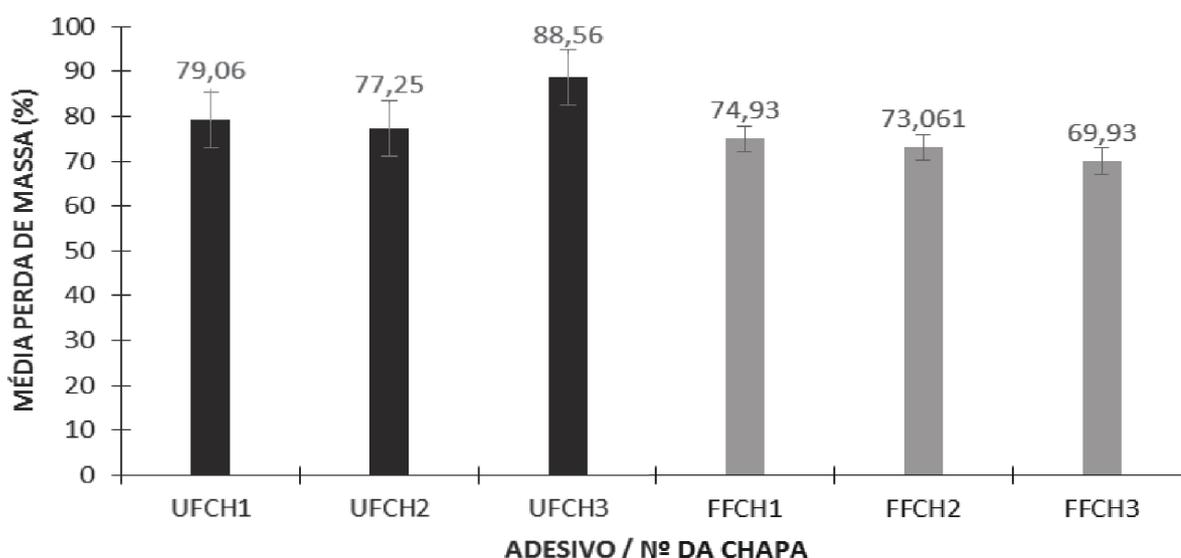


Figura 12. Desempenho individual de perda de massa, por painel, para cada tipo de adesivo em resposta ao ataque dos cupins no ensaio 1. Erro padrão em MR, 6,17 e para FF, 2,96. UF= Ureia-formaldeído, FF= Fenol-formaldeído, CH= chapa.

Em painéis de FF, as médias de consumo para os corpos de prova provenientes do três painéis não variaram estatisticamente. Dessa forma, caso houvesse alguma falha resultante do processo produtivo dos compensados em cada painel, estas não influenciaram em seu desempenho de consumo.

Para o ensaio 2, os valores resultantes da análise de perda de massa estão representados nas tabelas 5 e 7. Observa-se o maior desempenho em resistência dos painéis com FF à ação dos cupins, pela baixa percentagem em perda de massa (33,911%) destacando-se dos demais estatisticamente. Corpos de prova de T0 e madeira maciça foram os mais atacados, assemelhando-se em média de perda de massa, 91,37% para T0 e 90,126% para madeira maciça, não possuindo diferenças estatísticas à 5% de significância pelo teste de Tukey.

Ainda na Tabela 7, nos critérios de avaliação propostos pela ASTM D 3345, os corpos de prova provenientes de compensados à base de FF, foram classificados como moderadamente resistentes, enquanto os demais não foram resistentes ao processo de degradação por cupins.

Tabela 7. Valores resultantes do ataque de *Nasutitermes corniger* nos corpos de prova provenientes de compensados confeccionados com diferentes adesivos submetidos ao ensaio II de preferência alimentar.

Produtos de madeira	Desgaste médio	Perda de massa (%)	Classe de resistência
FF	1,02	33,911 a (3,4)	MR
UF	0,71	73,807 b (3,4)	NR
T0	0,71	91,37 c (3,4)	NR
MM	0,71	90,126 c (3,4)	NR

FF= Fenol-formaldeído, UF= Ureia-formaldeído, T0= testemunha, MM = Madeira Maciça. Nos valores para perda de massa, em parênteses está o erro padrão. Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, considerando o valor nominal de 5% de significância.

Na Figura 13, está representado o desempenho individual para cada painel utilizado como repetição para cada tipo de cola comercial no ensaio 2. Houve um maior consumo em termos de percentagem para o painel um à base de UF, enquanto que para a cola à base de FF, o painel um obteve menor taxa de consumo.

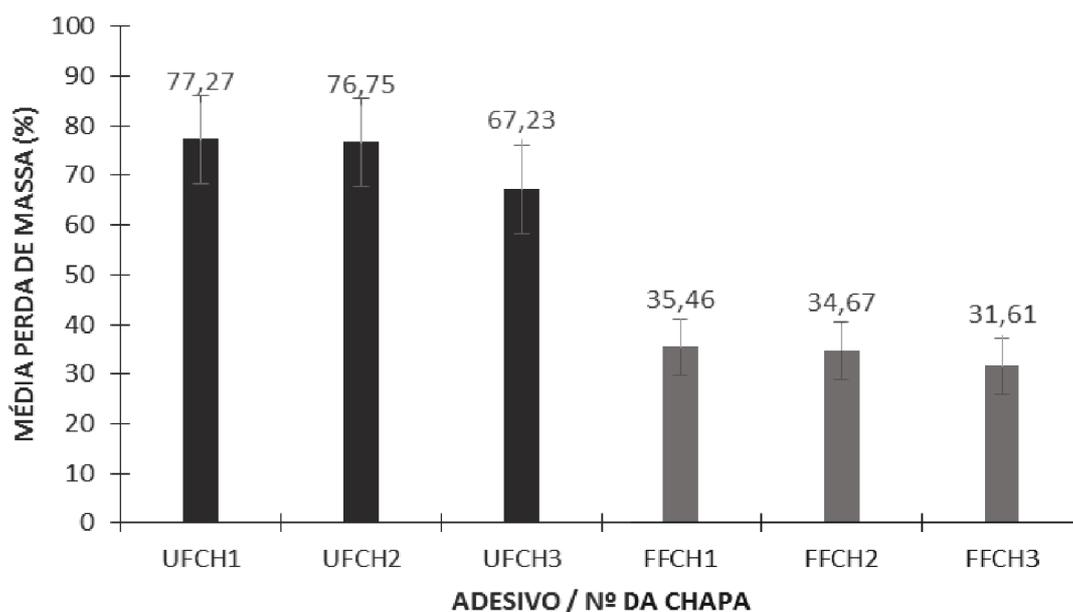


Figura 13. Desempenho individual de perda de massa, por painel, para cada tipo de adesivo em resposta ao ataque dos cupins no ensaio 2. Erro padrão para MR, 8,89 e para FF, 5,67. UF= Ureia-formaldeído, FF= Fenol-formaldeído, CH= chapa.

Apesar da diferença nas porcentagens de consumo, estatisticamente não houve diferença significativa entre as chapas de cada tipo de cola a nível de 5% de significância pelo teste de Tukey. Assim, as possíveis falhas internas que um desses painéis poderia ter, não influenciou nesse ensaio.

Sobre o comportamento dos adesivos UF e FF à ação de agentes deterioradores em painéis de madeira, Melo et al. (2010a) ao testarem a resistência de painéis aglomerados confeccionados com diferentes proporções de casca de arroz e partículas de madeira ao ataque de cupins, observaram que os painéis aglutinados com o adesivo UF possuíram consideráveis perdas de massa em relação ao outro adesivo utilizado, tanino-formaldeído (TF).

O baixo desempenho do adesivo UF também foi verificado por Melo et al. (2010b) ao testarem a resistência de painéis aglomerados confeccionados com madeira de *Eucalyptus grandis* e adesivos à base de UF e TF a cupins da espécie *Nasutitermes corniger*, onde verificou-se resistência superior para painéis colados com tanino-formaldeído à ação dos térmitas. Gonçalves et al. (2014) também em estudos com aglomerados, ao testar a resistência de chapas confeccionadas com *Acacia mangium* e coladas somente com UF ou em mistura com tanino, relataram que todas as amostras foram consumidas pelos cupins do gênero *Nasutitermes*. Silva et al. (2010) em estudos sobre a influência de TF, FF em diferentes proporções utilizadas

na fabricação de painéis aglomerados na ação de cupins de madeira seca, concluíram que as resinas FF e FF+TF foram mais resistentes ao desgaste pelos térmitas. Ainda neste trabalho, as chapas foram submetidas à dois tempos de pressão, seis e nove minutos, e isto não influenciou nos resultados, as chapas tiveram classificações de resistentes e não resistentes independente do tempo de prensagem. Isto poderia ser usado como parâmetro para os ensaios realizados, pois os painéis compensados utilizados foram elaborados sob diferentes tempos de prensagem.

Em contrapartida, Corrêa (2007) ao avaliar a resistência de painéis OSB fabricados também com a mistura dessas resinas e submetidos à ação de cupins de madeira seca, verificaram que painéis confeccionados somente com TF de acácia não apresentaram boa resistência, assim como foi observado nos ensaios de Silva et al. (2010). Enquanto que as chapas aglomeradas somente à base de FF conferiram alta resistência, mas quando misturado à TF, conferiram baixa resistência à ação dos cupins.

Ribeiro (2011) ao testar painéis aglomerados confeccionados com *Pinus* sp. e *Toona ciliata* e aglutinados com UF e/ou melamina-ureia-formaldeído (MUF) à ação de cupins de madeira seca, concluiu que os painéis produzidos com a resina UF foram mais resistentes do que os produzidos com MUF

O mesmo pôde ser observado em estudos com fungos como agente biodegradador. Okino et al. (2007), ao estudarem a resistência de chapas OSB confeccionadas com pinus, eucalipto e cipreste e coladas com UF e FF, observaram resistência superior para os que utilizaram fenol-formaldeído em sua composição, causando menores perdas de massa. Melo et al., (2010b) perceberam que painéis colados com adesivo a base de UF foram resistentes para uma espécie de fungo, enquanto para outro fungo, TF foi mais resistente. Esse tipo de resultado também foi verificado por Melo et al., (2010a).

Talvez o adesivo FF confira aos painéis compensados difícil mastigação pelos cupins, pois fora observado em alguns corpos de prova, que os cupins ao entrarem em contato com a primeira linha de cola FF pela face inferior, encontraram resistência e passaram a redirecionar o ataque pela porção superior do corpo de prova (outro grupo de cupins), também atingindo a primeira linha de cola dessa face e reduzindo a intensidade de ataque. Caso este fosse tóxico, os cupins teriam abandonado esses corpos de prova, mas não foi o que aconteceu.

Sobre as propriedades intrínsecas da madeira, Melo et al., (2013), ao analisar as propriedades químicas das lâminas de paricá, para confecção de LVL, verificou que os valores dos teores de extrativos foram muito baixos, mas de acordo com os dados para a espécie. Isso se deve, segundo o autor, à utilização de indivíduos jovens para indústria de laminados com o cerne ainda pouco desenvolvido, de onde provém a maioria dos extrativos das plantas. Dessa forma, a resistência natural da espécie de nada influenciou no teste, somente no processo de adesão para os compensados, pois espécies sem muitas concentrações de extrativos naturais, “recebem” melhor a cola.

Sobre o comportamento de forrageamento, provavelmente a posição da colônia nos ensaios: ensaio 1, um nível acima dos corpos de prova e no ensaio 2, no mesmo nível, possa ter influenciado nos resultados. De acordo com Souza (2012), os cupins possuem comportamento de geotaxia, influência da gravidade, com movimentos de ascendência ou descendência para explorar o ambiente e iniciar o recrutamento para forramento. Talvez, a preferência coletiva pela exploração de fontes de alimento em locais que requerem locomoção descendente tenha favorecido à colônia do ensaio, adaptar-se ao ambiente e sair à procura de alimentos.

Cupins de madeira seca nunca constroem ninhos e moram no interior da madeira que consomem, deixando somente uma fina camada de madeira como forma de proteção (Constantino, 1999). Esse comportamento foi observado em *N. corniger*, pois as amostras atacadas, principalmente as de madeira maciça, foram deterioradas restando uma fina camada de madeira. No caso do ensaio 1, os cupins agruparam montículos com areia sobre os corpos de prova, lhes permitindo o ataque completo e de acordo com Costa-Leonardo (2012), proteção contra algum tipo de ameaça, manter a temperatura e reduzir perda de água de seus corpos e assim, aumentar a eficiência do forrageamento.

## 5. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

- ✓ Compensados à base de UF, neste teste, não possuem nenhum grau de resistência ao ataque de cupins;
- ✓ Os painéis confeccionados com FF foram os que obtiveram menores perda de massa, sendo então de difícil desgaste pelos cupins;
- ✓ Dos ensaios de preferência alimentar testados, o ensaio 1, com a utilização de substrato (areia úmida) proporcionou melhor desempenho no processo de deterioração pelos cupins;
- ✓ Devido ao alto grau de ataque observado nos painéis de madeira compensada, em tão pouco tempo, recomenda-se a adoção de testes menos invasivos, que utilizem uma quantidade definida de soldados e operários, além da limitação de uma única face do painel para ataque e contagem dos térmitas mortos durante o período do teste, para verificar se os adesivos possuem propriedades antitermíticas. Deve-se utilizar, também, espécies de cupins de madeira seca (Família: Kalotermitidae) a fim de comparação de resultados;
- ✓ Recomenda-se um estudo mais amplo, abrangendo outras empresas de compensados de outras cidades da Região Norte que utilizem outras espécies tropicais para fabricação de compensados, para realização de mais testes nesse âmbito.

## 6. REFERÊNCIAS

ABIMCI. Estudo setorial 2009, ano base 2008. **Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente** – ABIMCI. 2009.

ABIMCI. Estudo setorial 2012, ano base 2011. **Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente** – ABIMCI. 2012.

ABIPA. Programa setorial da qualidade de painéis de madeira. **Associação Brasileira de Indústrias de Painéis de Madeira - Produtos e Tecnologias**. São Paulo (SP), 2013. Disponível em: < [www.abipa.org.br](http://www.abipa.org.br) >. Acesso em: 12 Dez. 2014.

ADÁRIO, P., D'ÁVILA, N. **Relatório sobre o consumo de madeira por empresas de compensados e laminados do Amazonas e sua relação com fornecedores de matéria-prima**. Greenpeace, 1999.

AGUIAR, O.J.R. **A indústria de lâminas e compensados no contexto madeireiro da floresta amazônica brasileira**. Belém, EMBRAPA – CPATU. 13p. (EMBRAPA-CPATU, Documentos, 61). 1992.

ABREU, R. L. S.; SALES-CAMPOS, C.; HANADA, R. E. Avaliação de danos por insetos em toras estocadas em indústrias madeireiras de Manaus, Amazonas, Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 26, n. 6, p.789-796, 2002.

ABREU, R. L. S.; SILVA, K. E. S. Resistência natural de dez espécies madeireiras da Amazônia ao ataque de *Nasutitermes macrocephalus* (Silvestri) e *N. surinamensis* (Holmgren) (Isoptera: Termitidae). **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 24, n. 2, p. 229-234, 2000.

ABREU, R.L.S.; CHAVES, E.D.; VIANÉZ, B.F.; SALES-CAMPOS, C.; RONCHI-TELES, B. Avaliação de chapas aglomeradas confeccionadas com espécies florestais da Amazônia, expostas ao ataque de *Nasutitermes surinamensis* e *Nasutitermes corniger* (Isoptera: Termitidae). In: **XXV Congresso Brasileiro de Entomologia**. Goiânia, GO, 2014.

ALMEIDA, N. A. **Biodegradação de produtos à base da madeira de cedro australiano (*Toona ciliata* M. Roem. var. *australis*)**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 86 p., 2010.

AMATA: **Revisão sobre paricá: *Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke**. 2009. Disponível em: < <http://www.amatabrasil.com.br/download-arquivo?id=1028>. > Acesso em: 02 Mar 2014.

AMBURGUEY, T.L. Review and checklist of the literature on interactions between wood-inhabiting fungi and subterranean termites. **Sociobiology**, v. 4, p. 279-296.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM D 3345 – Standard method for laboratory evaluation of wood and others cellulosic materials for resistance to termites. **Annual book of ASTM standards**, Philadelphia, v.04.10, 2008.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM D 2017 - Standard method for accelerated laboratory test of natural decay resistance for woods. **Annual book of ASTM standards**, Philadelphia. v. 86. 2005

AYRILMIS, N.; KARTAL, S. N.; LAUFENBERG, T. L.; WINANDY, J. E.; WHITE, R. H. Physical and mechanical properties and fire, decay and termite resistance of treated oriented strandboard. **Forest Products Journal**, Madison, v. 55, n. 5, p. 74-82, 2005.

BERGMAN, R., CAI, Z., CARLL, C.G., CLAUSEN, C.A., DIETENBERGER, M.A., FALK, R.H., FRIHART, C.R., GLASS, S.V., HUNT, C.G., IBACH, R.E., KRETSCHMANN, D.E., RAMMER, D.R., ROSS, R.J., STARK, N.M., WACKER, J.P., WANG, X., WHITE, R.H., WIEDENHOEFT, H.C., WIEMANN, M.C., ZELINKA, S.L., 2010. **Wood Handbook: Wood as an Engineering Material**. USDA Forest Service General Technical Report FPL-GTR-190. Forest Service, Forest Products Laboratory, Madison, WI. 2010.

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

BRUSCA, R.C., BRUSCA, G.J. 2007. **Invertebrados**. 2a.ed., Ed. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro. 968p.

CARVALHO, P.E.R. Parica – *Schizolobium amazonicum*. Colombo, Paraná: Embrapa Florestas, **Circular Técnica 142**, 8p. 2007.

CONSTANTINO, R. Chave ilustrada para identificação dos gêneros de cupins (Insecta: Isoptera) que ocorrem no Brasil. **Papéis Avulsos de Zoologia**, São Paulo, v. 40, n. 25, p. 347 - 448, 1999.

CORRÊA, E. M. **Resistência de painéis OSB fabricados com diferentes resinas à ação de *Coptotermes gestroi* (Wasmann, 1896) (Isoptera: Rhinotermitidae)**. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2007.

COSTA-LEONARDO, A.M. **Cupins-Praga: morfologia, biologia e controle**. Rio Claro: Divisa, 128p. 2002.

FONTES, L. R., BERTI FILHO, E. **Cupins: o desafio do conhecimento**. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz-FEALQ. 1998.

GALLO, D.O.; NAKANO, S.; SILVEIRA NETO, R.P.L.; CARVALHO, G. C. BAPTISTA; E.; BERTI FILHO, J. R. P.; PARRA, R.A.; ZUCCHI, S. B.; ALVES, J.D.; VENDRAMIM, L. C.; MARCHINI, J. R. S.; LOPES, C., OMOTO. **Entomologia agrícola**. Piracicaba, FEALQ, 920p. 2002

GAZAL, V. S. G. **Comportamento de forrageamento de *Nasutitermes corniger* (Motschulsky)(Isoptera: Termitidae) e sua ocorrência em áreas urbanas. 2008.** Tese de Doutorado. Tese (Doutorado) Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro–UENF. Campos dos Goytacazes–RJ, 2008

GONÇALVES, F.G., BROCCO, V.F., PAES, J.B., LOIOLA, P.L., LELIS, R. C. C. Resistência de Painéis Aglomerados de *Acacia mangium* Willd. colados com Ureia-formaldeído e Taninos a Organismos Xilófagos. **Floresta e Ambiente**, v. 21, n. 3, p.7.2014.

GONÇALVES, F.G., OLIVEIRA, J.T.S. Resistência ao ataque de cupim-de-madeira seca (*Cryptotermes brevis*) em seis espécies florestais. **Revista Cerne**, v.12, n. 1, p. 3, 2006.

GONÇALVES, S.L.F. **Análise da indústria do segmento laminados e compensados do estado do Amazonas.** Curitiba, PR. Dissertação (Mestrado em Economia e Política Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. 1998

GRASSÉ, P. P. **Termitology. Anatomie, physiologie, reproduction des termites.** Paris: Masson, v.1, 676 p., 1982.

GULLAN, P.J.; CRANSTON, P.S. **Os insetos: um resumo de entomologia.** 3ed. São Paulo: Roca, 2008. 440p.

HOFFMANN, R. G. **Caracterização dendrométrica e avaliação do rendimento em laminação de madeira em plantios de paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex. Ducke) na região de Paragominas, PA.** Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) –Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, ES. 97p., 2009.

IWAKIRI, S. **Painéis de madeira reconstituída.** Curitiba: FUPEF, 2005. 254p.

IWAKIRI, S. Produção de Compensados de *Pinus taeda* L e *Pinus oocarpa* Schiede com diferentes formulações de adesivo ureia formaldeído. **Revista Árvore**, Viçosa, v.26, n.3, Maio/Junho 2002.

IWAKIRI, S.; OLANDOSKI, D. P.; LEONHARDT, G.; BRAND, M. A. Produção de chapas de madeira compensada de cinco espécies de *Pinus* tropicais. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 11, n. 2, p. 6, 2001.

IWAKIRI, S.; ZELLER, F.; PINTO, J. A.; RAMIREZ, M. G. L.; SOUZA, M. M.; SEIXAS, R. Avaliação do potencial de utilização da madeira de *Schizolobium amazonicum* "Paricá" e *Cecropia hololeuca* "Embaúba" para produção de painéis aglomerados. **Acta Amazonica**, Manaus - AM, p.303-308, 2010.

KARTAL. S. N.; AYRILMIS, N.; IMAMURA, Y. Decay and termite resistance of plywood treated with various fire retardants. **Building and Environment** v. 42, n. 3, p. 4, 2007.

KARTAL, S. N.; GREEN III, F. Decay and termite resistance of medium density fiberboard (MDF) made from different wood species. **International Biodeterioration & Biodegradation**, Birmingham, v. 51, n. 1, p. 29-35, Jan. 2003.

LA CRUZ, M. N. S., JÚNIOR, H. M. S., REZENDE, C. M., ALVES, R. J. V. CANCELLO, E. M., ROCHA, M. M. Terpenos em cupins do gênero *Nasutitermes* (Isoptera, Termitidae, Nasutitermitinae). **Química Nova**, São Paulo, v. 37, n. 1, p. 95-103, 2014.

LIMA, J. T. Notas de aula de CIF-117 – **Processamento da madeira**. Universidade Federal de Lavras – Departamento de Ciências Florestais. Lavras/MG, 1995.

LIMA, N. N. **Painéis laminados e particulados à base de madeiras tropicais da Amazônia**. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia da Madeira) - Universidade Federal de Lavras, Lavras. 207 p., 2011.

LIMA, T. A. **Atividades enzimáticas presentes em intestino de *Nasutitermes corniger*: detecção, caracterização e modulação por lectinas termitocidas**. Mestrado (Mestre em Bioquímica e Fisiologia) – Universidade Federal de Pernambuco, PE. 106p., 2012.

MACEDO, L. B. et al. Caracterização de algumas propriedades físicas da madeira de Paricá (*Schizolobium amazonicum* Herb). In: Congresso Nacional de Engenharia Mecânica, Metalúrgica e Industrial - Conemi, São João del Rei. **Anais...** São João del Rei: UFSJ, 2012. CD ROM.

MELO, R.R. **Propriedades físico-mecânicas e resistência a bioteriores de chapas aglomeradas constituídas por diferentes proporções de madeira e casca de arroz**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais. Santa Maria, RS, 94p., 2009.

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**, v.20, p.238-249, 2013.

MELO, R.R., SANTINI, E.J., CLOVIS ROBERTO HASELEIN, C.R., GARLET, A., PAES, J.B., STANGERLIN, D.M. Resistência de painéis aglomerados produzidos com diferentes proporções de madeira e casca de arroz a fungos e cupins xilófagos. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 3, p. 501-511. 2010a.

MELO, R.R., SANTINI, E.J., PAES, J.B., GARLET, A., STANGERLIN, D.M., DEL MENEZZI, C.H.S. Resistência de painéis aglomerados confeccionados com madeira de *Eucalyptus grandis* e diferentes adesivos a fungos e cupins xilófagos. **Revista Cerne**, LAVRAS, v. 16, Suplemento, p. 82-89. 2010b.

MENDES, R.F., JÚNIOR, G.B., GARLET, A., VIDAL, J.M., DE ALMEIDA, N.F., JANKOWSKY, I.P. Resistência de painéis compensados de *Pinus taeda* tratados com preservantes ao ataque de fungos xilófagos. **Cerne**, Lavras, v. 20. n. 1, p.105-112.

NASCIMENTO, K.G.S. **Avaliação do processo de beneficiamento da madeira em três segmentos da indústria florestal.** Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais). Universidade Federal do Amazonas, Manaus, AM, 68p. 2006.

OKINO, E. Y. A.; ALVES, M. V. S.; TEIXEIRA, D. E.; SOUZA, M. R.; SANTANA, A. E. 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.

OLIVEIRA, A.M.F.; LELIS, A.T.; LEPAGE, E.S.; CARBALLERA LOPEZ, G.A.; SAMPAIO OLIVEIRA, L.C.; CAÑEDO, M.D.; Milano, S. Agentes destruidores da madeira. In: LEPAGE, E.S. (Coord.). **Manual de preservação de madeiras.** São Paulo: IPT, v.I, p.99-278. 1986.

OLIVEIRA, A.V. **Utilização de rolo-resto gerado pela indústria de chapas compensadas na construção de habitações populares.** Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional). Universidade Federal do Amazonas, Manaus, AM, 58p. 2010.

PAES, J.B. Resistência natural da madeira de *Corymbia maculata* (Hook.) K.D.Hill & L.A.S. Johnson a fungos e cupins xilófagos, em condições de laboratório. **Revista Árvore**, Viçosa - MG. v. 26, n.6, p. 761-767. 2002

PAES, J. B.; MELO, R. R.; LIMA, C. R. Resistência natural de sete madeiras a fungos e cupins xilófagos em condições de laboratório. **Cerne**, Lavras, v. 13, p. 160-169, 2007a.

PAES, J.B., MELO, R.R., LIMA, C.R., OLIVEIRA, E., 2007. Resistência natural de sete madeiras ao cupim subterrâneo (*Nasutitermes corniger* Motsch.) em ensaio de preferência alimentar. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 2, n. 1, p. 57-62. 2007b.

RIBEIRO, M.X. Resistência de painéis aglomerados a cupins de madeira seca (*Cryptotermes brevis*). Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira), Universidade Federal de Lavras. Lavras, MG, 92p. 2011.

SILVA, F.C., TREVISAN, H., SILVA, K.E.D., LELIS, R.C.C., CARVALHO, A.G. Influência de diferentes adesivos utilizados na fabricação de painéis aglomerados na ação de *Coptotermes gestroi* (Wasmann, 1896) (Isoptera: Rhinotermitidae). **Revista Floresta**, Curitiba – PR, v. 40, n. 2, p. 379 – 384. 2010.

SOUZA, J.H. **Comportamento de exploração e tolerância intraespecífica em *Nasutitermes corniger* (Motschulsky,1855) (Isoptera: Termitidae).** Tese (Doutorado em Produção Vegetal), Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campo de Goytacazes, RJ. 101p. 2012

UNSA O., KARTAL S.N., CANDAN, Z., ARANGO, R.A., CLAUSEN, C.A., GREEN III, F. Decay and termite resistance, water absorption and swelling of thermally

compressed wood panels. **International Biodeterioration Biodegradation**, v. 63, n.5, p. 548–52. 2009.

VAZ, S.S. **Resistência biológica de painéis compensados de *Trattinnickia burseraefolia* (Mart.) Willd. produzidos com lâminas modificadas termomecanicamente**. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal), Universidade de Brasília, Brasília, 23p, 2013.

VIEIRA, M.C., BRITO, E.O., GONÇALVES, F.G. Evolução econômica do painel compensado no Brasil e no mundo. **Floresta e Ambiente**, v. 19, n. 3, p. 277-285. 2012.

## 7. ANEXOS

### 7.1 Análise estatística para diferenças de massa entre os tipos de painéis para o ensaio 1.

Variável analisada: Diferença de massa

Opção de transformação: Variável sem transformação ( Y )

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tipo de produto	3	7306.862523	2435.620841	15.362	0.0000
erro	68	10780.949423	158.543374		
Total corrigido	71	18087.811946			
CV (%) =	14.54				
Média geral:	86.5803333	Número de observações:		72	

Teste Tukey para a FV Tipo de produto

DMS: 11,0572395000293 NMS: 0,05

Média harmonica do número de repetições (r): 18

Erro padrão: 2,96782162781158

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
NV	72.640111	a1
MR	81.624167	a1
T0	93.966167	a2
MM	98.090889	a2

## 7.2 Análise estatística para diferenças de massa entre os tipos de painéis para o ensaio 2.

Variável analisada: Perda massa Porcentagem

Opção de transformação: Variável sem transformação ( Y )

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tipo de Produto	3	38833.414626	12944.471542	62.181	0.0000
erro	68	14155.765506	208.173022		
Total corrigido	71	52989.180132			
CV (%) =	19.95				
Média geral:	72.3040278	Número de observações:		72	

Teste Tukey para a FV Tipo de Produto

DMS: 12,6702414804156 NMS: 0,05

Média harmonica do número de repetições (r): 18  
 Erro padrão: 3,40075989988939

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
NV	33.911667	a1
MR	73.807222	a2
MM	90.126667	a3
T0	91.370556	a3

### 7.3 Desempenho individual por chapas para ensaio 1 (UF)

Variável analisada: perda de massa

Opção de transformação: Variável sem transformação ( Y )

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
UF	2	442.604058	221.302029	0.969	0.4021
erro	15	3427.032096	228.468806		
Total corrigido	17	3869.636154			
CV (%) =	18.52				
Média geral:	81.6241667	Número de observações:	18		

Teste Tukey para a FV UF

DMS: 22,6795987996974 NMS: 0,05

Média harmonica do número de repetições (r): 6

Erro padrão: 6,17074828540687

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
MRCH2	77.255000	a1
MRCH1	79.058333	a1
MRCH3	88.559167	a1

## 7.4 Desempenho individual por chapas para ensaio 1 (FF)

Variável analisada: Perda de massa

Opção de transformação: Variável sem transformação ( Y )

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
NV	3	5075.293923	1691.764641	72.321	0.0000
erro	14	327.492459	23.392319		
Total corrigido	17	5402.786382			
CV (%) =	6.66				
Média geral:	72.6401111	Número de observações:		18	

Teste Tukey para a FV NV

DMS: 12,178305941729 NMS: 0,05

Média harmonica do número de repetições (r): 2,66666666666667

Erro padrão: 2,96177639971115

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
	0.000000	a1
NVCH3	69.932333	a2
NVCH2	73.061500	a2
NVCH1	74.926500	a2

## 7.5 Desempenho individual por chapas para ensaio 2 (UF)

Variável analisada: Perda de Massa

Opção de transformação: Variável sem transformação ( Y )

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
MR	2	383.448663	191.724332	0.404	0.6748
erro	15	7121.988965	474.799264		
Total corrigido	17	7505.437628			
CV (%) =	29.55				
Média geral:	73.7512778	Número de observações:		18	

Teste Tukey para a FV MR

DMS: 32,6946678695459 NMS: 0,05

Média harmonica do número de repetições (r): 6

Erro padrão: 8,89568494926988

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
MRCH3	67.230833	a1
MRCH2	76.752833	a1
MRCH1	77.270167	a1

## 7.6 Desempenho individual por chapas para ensaio 2 (FF)

Variável analisada: Perda de massa

Opção de transformação: Variável sem transformação ( Y )

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
NV	2	49.610510	24.805255	0.128	0.8805
erro	15	2899.667595	193.311173		
Total corrigido	17	2949.278106			
CV (%) =	41.00				
Média geral:	33.9112778	Número de observações:		18	

Teste Tukey para a FV NV

DMS: 20,8617333158896 NMS: 0,05

Média harmonica do número de repetições (r): 6

Erro padrão: 5,67613678824682

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
NVCH3	31.608833	a1
NVCH1	34.664667	a1
NVCH2	35.460333	a1