



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO

INSTITUTO DE FLORESTAS

GUSTAVO LOPES MARTON

**PRODUÇÃO DE COMPENSADOS DE BAMBU
(*Dendrocalamus giganteus*) UTILIZANDO ADESIVOS À BASE DE
FENOL E URÉIA**

Seropédica, RJ
2008

GUSTAVO LOPES MARTON

**PRODUÇÃO DE COMPENSADOS DE BAMBU
(*Dendrocalamus giganteus*) UTILIZANDO ADESIVOS A BASE DE
FENOL E URÉIA**

Monografia apresentada ao Curso de
Engenharia Florestal, como requisito
parcial para a obtenção do Título de
Engenheiro Florestal, Instituto de
Florestas da Universidade Federal
Rural do Rio de Janeiro.

Orientador: Prof. Dr. Edv Oliveira Brito

Seropédica, RJ
2008

GUSTAVO LOPES MARTON

**PRODUÇÃO DE COMPENSADOS DE BAMBU
(*Dendrocalamus giganteus*) UTILIZANDO ADESIVOS A BASE DE
FENOL E URÉIA.**

Monografia apresentada ao Curso de
Engenharia Florestal, como requisito
parcial para a obtenção do Título de
Engenheiro Florestal, Instituto de
Florestas da Universidade Federal
Rural do Rio de Janeiro.

Orientador: Prof. Dr. Edv Oliveira Brito

BANCA EXAMINADORA

Prof. Alexandre Miguel do Nascimento – UFRRJ

Prof. Rosilei Aparecida Garcia – UFRRJ

Prof. Dr. Edv Oliveira Brito (Orientador)

Seropédica, 14 de Fevereiro de 2008.

DEDICO

Primeiramente a Deus por permitir que tudo acontecesse.

Especialmente aos meus pais, Luiz G. Marton e Lúcia M. L. Marton, pelo enorme amor, educação e dedicação durante toda minha vida.

Aos meus irmãos, Daniel e Vinícius, pelo carinho.

A minha namorada Virginia, pelo amor e companheirismo.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Prof. Dr. Edv Oliveira Brito, pela orientao durante a realizao deste trabalho, amizade e companheirismo.

Ao Prof. Dr. Jorge Mitiyo Mada, pela amizade e apoio em minha formao.

Aos professores Alexandre Miguel do Nascimento e Rosilei Aparecida Garcia, pela participao na Banca Examinadora.

Aos professores que em toda minha vida acadmica contribuíram para uma boa formao.

Ao Tiozinho, funcionário da marcenaria, pelos excelentes serviços prestados.

Ao Grupo HEXION, pelo fornecimento dos adesivos.

Ao Tio Nelson e família por todos esses anos de amizade.

Aos meus familiares pelo carinho.

Aos meus amigos da U.F.Rural.R.J pelos momentos alegres e inesquecíveis que tivemos.

Aos meus amigos de Lorena por estarem sempre presente, fortalecendo cada vez mais nossas amizades.

 minha moto Julieta por facilitar e agilizar todos os caminhos percorridos.

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo produzir compensados utilizando como matéria prima taliscas de bambu (*Dendrocalamus giganteus* Munro) com diferentes concentrações dos adesivos fenol-formaldeído e uréia-formaldeído. A pressão utilizada para a confecção dos painéis foi de 15 kg/cm², a temperatura da prensa foi de 140 °C e o tempo de prensagem de 10 minutos. As propriedades físicas e mecânicas dos compensados foram avaliadas através de testes de inchamento em espessura, absorção de água e módulo de ruptura transversal e paralelo. Apesar de não ter sido observado diferenças significativas entre os tratamentos observou-se que os compensados colados com o adesivo fenólico apresentaram maiores valores de módulo de ruptura paralelo e transversal quando comparado aos compensados colados com o adesivo à base de fenol e uréia. O inchamento em espessura e a absorção de água apresentaram, respectivamente, valores médios de 6,0 e 31,85 %.

Palavras chaves: compensado de bambu; *Dendrocalamus giganteus*; fenol-formaldeído; uréia-formaldeído

ABSTRACT

The objective of this work was to produce plywood using as raw-material the bamboo (*Dendrocalamus giganteus* Munro) with different concentrations of phenol-formaldehyde and urea-formaldehyde adhesives. For plywood manufacture was used a pressure of 15 kg/cm², a press temperature of 140°C and a closing press time of 10 minutes. The physical and mechanical properties of plywood were evaluated by thickness swelling, water absorption and transversal and parallel modulus of rupture tests. No significant differences were observed between treatments. However, the plywood bonded with phenolic adhesive showed higher transversal and parallel modulus of rupture values than plywood bonded with phenol-urea adhesive. Thickness swelling and water absorption presented, respectively, average values of 6.0 and 31.85%.

Key-words: bamboo plywood, *Dendrocalamus giganteus*, phenol formaldehyde adhesive, urea-formaldehyde adhesive.

SUMÁRIO

1 .	INTRODUÇÃO.....	1
2.	JUSTIFICATIVA.....	2
3.	OBJETIVO.....	3
	5.1. Objetivo Geral.....	3
	5.2. Objetivos Específicos.....	3
4.	REVISÃO DE LITERATURA.....	3
5.	MATERIAL E MÉTODOS.....	5
	5.1. Produção dos Compensados.....	5
	5.1.1. Coleta dos bambus.....	5
	5.1.2. Produção das taliscas.....	5
	5.1.3. Tratamento químico.....	7
	5.1.4. Secagem.....	7
	5.2. Formulação do Adesivo.....	8
	5.3. Formulação genérica do Adesivo.....	8
	5.3.1. Cálculo e quantidade de adesivo a ser utilizada.....	8
	5.4. Formação do Colchão.....	10
	5.5. Assemblagem dos Painéis.....	10
	5.6. Umidade das Lâminas.....	10
	5.7. Prensagem.....	10
	5.8. Corpos de Prova.....	11
	5.8.1. Confecção dos corpos de prova.....	11
	5.8.2. Condicionamento dos corpos de prova.....	11
	5.9. Testes Físico-Mecânicos.....	11
	5.9.1. Inchamento.....	11
	5.9.2. Absorção de água.....	12
	5.9.3. Massa específica aparente.....	13
	5.9.4. Resistência à flexão estática.....	14
	5.10. Processamento dos Dados.....	15
	5.11. Delineamento Estatístico.....	18
6.	RESULTADO E DISCUSSÃO.....	19
7.	CONCLUSÃO.....	20
8.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	21

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Fórmula para mistura da cola	8
Tabela 2. Dados relativos à composição da cola	9
Tabela 3. Dados relativos à quantidade de material utilizado para as três chapas no Tratamento 1.....	9
Tabela 4. Dados relativos à quantidade de material utilizado para as três chapas no Tratamento 2.....	9
Tabela 5. Resultados relativos ao Inchamento.....	15
Tabela 6. Resultados relativos à Absorção de Água.....	16
Tabela 7. Medições dos corpos de prova da Massa Específica Aparente.....	16
Tabela 8. Médias das medições dos corpos de prova da Massa Específica Aparente...	17
Tabela 9. Resultados relativos à Massa Específica Aparente.....	17
Tabela 10. Resultados relativos à Flexão Estática Transversal e Paralela.....	18
Tabela 11. Distribuição dos tratamentos em relação à espécie.....	19
Tabela 13. Análise de Kruskal-Wallis.....	19

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Bambu da espécie <i>D. giganteus</i>	3
Figura 2. Serra circular utilizada para o desdobro dos bambus <i>Dendrocalamus giganteus</i>	6
Figura 3. Serra de fita (Raimann).....	6
Figura 4. Taliscas de bambu. Taliscas de bambu <i>D.giganteus</i> com dimensões de 50 cm x 2,5 cm x 0,2 cm.....	7
Figura 5. Plaina (Invicta).	7
Figura 6. Prensa . Prensa da com a dimensões dos pratos de 50 cm x 50 cm (Omeco).10	
Figura 7. Corpos de prova	11
Figura 8. Medidor de espessura.....	12
Figura 9. Balança digital(Marte).....	13
Figura 10. Máquina universal de ensaios mecânicos.....	15
Figura 11. Compensado de bambu com dimensões de 50 cm x50 cm.....	18

1. INTRODUÇÃO

O decréscimo da oferta dos recursos florestais nativos, o aumento da população e o desenvolvimento de indústrias que demandam principalmente madeira têm incentivado ações no sentido de encontrar-se fontes alternativas para o suprimento de madeira. Uma das soluções que vem sendo desenvolvida no Brasil desde a década de 70, com os incentivos fiscais ao reflorestamento, foi o plantio de 470.000 hectares de eucalipto para o suprimento de madeira, principalmente para o setor de papel, móveis e construção. Segundo Record e Hess (1949) as espécies deste gênero são muito utilizadas em programas de reflorestamento, devido a sua taxa de crescimento rápido e propriedades de sua madeira. Entretanto ainda não há madeira suficiente, e as florestas nativas continuam sendo desmatadas sem menor controle ou fiscalização.

Outra solução seria a substituição da madeira por materiais não convencionais. Denominada como “madeira do futuro” ou “madeira ecológica” o bambu apresenta-se neste contexto como uma matéria prima versátil, de rápida renovação e baixa rotação, além de boas características físico-mecânicas, forma geométrica peculiar, baixo custo e facilidade de obtenção (Beraldo & Rivero, 2003).

Existe no mundo um total de 90 gêneros e 1100 espécies de bambu, que se distribuem desde os 51° de latitude Norte (Japão) até 47° de latitude Sul (Chile) e desde do nível do mar até 4300 metros de altitude, nos Andes equatorianos. Os bambus preferem habitats úmidos e florestas tropicais, apesar de alguns crescerem em habitats secos como o *Dendrocalamus strictus* na Ásia. Na América, existem 41 gêneros e 451 espécies, com o distribuição desde os Estados Unidos com o *Arundinaria gigantea*, até ao Sul do Chile, com *Chusquea culeo*. A área com maior grau de endemismo e diversidade está ao sul da Bahia, no Brasil, com presença de 48% (22 gêneros) de todos os gêneros americanos, sendo cinco (5) endêmicos. Taxonomicamente os bambus pertencem a família Poaceae e subfamília Bambusoideae sendo dividido em duas grandes tribos: 1) bambus herbáceos ou Olyrodae, e 2) bambus lenhosos ou Bambusodae (Londoño, 2002).

O Brasil, porém, ainda não aproveita todo o potencial desta gramínea gigante (Martins & Guerreiro, 2006), devido a uma resistência cultural à aceitação do bambu como material durável e confiável, além do desconhecimento dos usos desta planta (Beraldo & Azzini, 2004). Entretanto há diversos países tais como China, Tailândia, Malásia, Indonésia Japão, Índia, Colômbia, Equador, Costa Rica e outros que a utilizam para diversos usos.

A sua ocupação global está em torno de 14 milhões de hectares, distribuídas entre as zonas tropicais e subtropicais e a produção global estimada em 16 milhões de toneladas (Ming, 1995). Porém apenas 30 % desta produção é utilizada em indústrias, principalmente para fabricação de papel, e 70 % em áreas não-industriais como implementos rurais, artigos para casa, construção, etc.

No entanto, em muitos países as técnicas para processamento do bambu são primitivas e os produtos de baixa qualidade, sendo que as pesquisas para o desenvolvimento de tecnologias têm sido desenvolvidas recentemente. As linhas de pesquisas desenvolvidas são referentes à sua estrutura, propriedades físicas e mecânicas, desenvolvimento de tecnologias e produtos, relação entre suas propriedades e qualidade

do produto, desenvolvimento de máquinas para o seu processamento e materiais auxiliares, como adesivos.

Na China, painéis manufacturados com bambu foram iniciados no meio dos anos 70, com a produção de *mat plywood*, que consiste em cortar o bambu em lâminas, *mat weaving*, secagem, colagem com adesivos e pressão a quente, conforme as Normas Nacionais da China para *plywood* (GB 13123-91) de 1992. Esta norma também estipula a concentração de umidade, módulo de ruptura (Ming, 1995).

O processo de obtenção de Bambu Laminado Colado (BLC) encontra-se ainda restrito ao nível de pesquisas dentro das universidades brasileiras, sendo os primeiros resultados apresentados por Mantilla Carrasco et al. (1995). Os autores confeccionaram BLC, da espécie *D. giganteus*, utilizando o mesmo adesivo usualmente empregado para madeira laminada e colada. Os autores buscaram seguir as mesmas normas adotadas para a madeira, adaptando-as ao bambu para a confecção dos corpos-de-prova e para a realização de ensaios.

No Brasil, os gêneros que mais ocorrem são: *Merostachys*, *Chusquea*, *Olyrea*, *Pariana* e *Guadua*, sendo que 65% encontram-se na Floresta Atlântica e 26% na Floresta Amazônica. Dos bambus cultivados, encontram-se os gêneros *Phyllostachys*, *Dendocalamus*, *Bambusa*, *Sasa*, *Gigantochloa* (Filgueiras & Gonçalves, 2004). As espécies *Dendrocalamus giganteus* (Nees) Munro e *Bambusa vulgaris* Schrad. ex J.C. Wendl. são de origem asiática e chegaram ao Brasil trazido por imigrantes portugueses (Graça, 1988). Estas espécies têm potencial adequado para a fabricação do BLC, entretanto há o fator limitante devido à inexistência de equipamentos adequados para realizar a laminação das taliscas (Beraldo & Rivero, 2003). No Brasil, em Petrópolis (RJ) já há uma iniciativa de vendas de taliscas de bambu da empresa Laminados Taquaruçu Indústria e Comércio, que possuem máquinas apropriadas para processamento de bambu. Começa-se a perceber, então, uma demanda de mercado para a utilização de bambu como substituto da madeira.

Outro problema apresentado para a fabricação de painéis feitos de bambu é que sua estrutura, propriedades físicas e mecânicas são diferentes da madeira, além do seu baixo umedecimento que torna sua colagem mais difícil (Ming, 1995). Com isso, o adesivo utilizado para madeira deve ter sua formulação modificada como demonstrado por estudos que utilizaram uma resina de base fenólica líquida para este tipo de colagens totalmente a prova d'água.

2. JUSTIFICATIVAS

- Benefícios ambientais: a utilização do bambu como substituto da madeira diminui a pressão sobre as florestas nativas e complementa a indústria de florestas plantadas, tanto para produção de papel como de painéis;
- Benefícios econômicos: a indústria de painéis tem crescido muito no país recentemente e o bambu por ser um material versátil, pode passar a atender este mercado.
- Desenvolvimento de tecnologias adequadas para a fabricação de compensados de bambu, as quais ainda são pouco estudadas.

3. OBJETIVO

3.1. Objetivo Geral

Produzir e avaliar compensados utilizando como matéria-prima o bambu *Dendrocalamus giganteus*.



Figura 1. Bambu da espécie *D. giganteus* (MOIZÉS, 2006).

3.2. Objetivos Específicos

- Produzir compensados de bambu *Dendrocalamus giganteus* colados com diferentes concentrações dos adesivos fenol-formaldeído e uréia-formaldeído como adesivo;
- Avaliar as propriedades físicas e mecânicas dos compensados;
- Comparar os resultados obtidos com compensados confeccionados com outras matérias primas.

4. REVISÃO DE LITERATURA

De acordo com as transformações socioeconômicas e ambientais ocorridas nos últimos anos, muitas mudanças foram feitas e novas idéias estão surgindo para amenizar os impactos e solucionar problemas como; alta demanda de madeira em um curto espaço de tempo e um rápido crescimento demográfico.

No Brasil, tem-se utilizado tradicionalmente de espécies provenientes da floresta amazônica, tendo em vista, os fatores como o diâmetro, forma do fuste, a disponibilidade e custo da madeira, considerados fundamentais na qualidade e produtividade em laminação. Este quadro tem se alterado a partir da década de 80, devido à diminuição da disponibilidade de espécies mais adequadas à laminação e aumento da distância à área de exploração florestal, aliada à pressão ambiental sobre a extração de madeiras nativas. Desta forma, a alternativa passa a ser a utilização de espécies de rápido crescimento, provenientes de reflorestamentos, tais como as do gênero *Eucalyptus* e *Pinus* (IWAKIRI, 1999).

Para ajudar a amenizar este problema uma das soluções como material alternativo para atender o mercado madeireiro é o bambu, que cresce mais rapidamente do que qualquer outra planta do planeta. Sua admirável vitalidade, grande versatilidade, leveza, resistência, facilidade em ser trabalhado com ferramentas simples, sua formidável beleza ao natural ou processado, são qualidades que tem proporcionado ao bambu o mais longo e variado papel na evolução da cultura humana do que qualquer outra planta (Farrely, 1984).

A China tem uma produtividade de varas de bambu de 35 t/ha na Colômbia a produção é de 42 t/ano de espécies de *Guadua angustifolia*, e no Brasil a espécie *Dendrocalamus giganteus* maduros pode chegar de 70 a 80 t/ano, sendo esta produção anual positiva comparada com outras culturas (PEREIRA & GARBINO, 2003). Isso demonstra a viabilidade de seu uso e leva em consideração que no Brasil fica um pouco mais fácil implementar este projeto, pois possui uma boa área plantada de espécies com alto rendimento (Vasconcellos, 2006) .

O uso do bambu no Ocidente é restrito comparado com a China, Índia e Japão, principalmente por questões culturais. Já no Oriente, o uso é milenar no seu cotidiano. Nesses países o uso do bambu não está restrito às formas naturais, utilizando-o na fabricação de pisos laminados, painéis laminados e derivados. Na América Latina, e mais precisamente no Brasil, o bambu é utilizado em estruturas de casas e em objetos em geral aplicados na forma natural (colmos) e vinculados às tradições indígenas e aos imigrantes orientais (MOIZÉS, 2007).

Como citado no parágrafo acima, o uso ainda é pequeno por questões culturais e o ponto chave para essa desconfiança é em relação à resistência do bambu e seus derivados. De acordo com Lima Jr. et al. (1995), os valores médios de algumas características físicas e mecânicas da espécie *Dendrocalamus giganteus* como resistência a compressão, tração, flexão, módulo de elasticidade, apresentam ótimos resultados e esses comparados com os materiais de maior uso, ditos “convencionais”, não apresentam nenhum problema. GHAVAMI (1995) comenta que as fibras são as principais responsáveis pela resistência dos bambus, tendo em geral uma distribuição de 40 a 90% na parte externa e de 15 a 30% na parte interna.

Já vem sendo provada a viabilidade do uso do bambu como matéria-prima para diversos usos, mas não se têm grandes avanços por problemas sociais. GUIMARÃES (2006) observa que os problemas ambientais estão estreitamente ligados ao nível de desenvolvimento de cada região, e ressalta também a determinação através do Relatório final da Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, 1987; (Texto: Nosso Futuro Comum), que definiu “design sustentável” como aquele que atende as necessidades do presente sem comprometer as gerações futuras.

A importância da tecnologia, como alternativa na conservação dos recursos naturais, é sempre fomentada nas discussões dos acordos multilaterais das Nações Unidas. Na conferência Mundial no Rio de Janeiro (ECO-92), criou-se a Agenda 21 (IBAMA, 2006), onde definiram as tecnologias ambientais saudáveis como:

- as que protegem o meio ambiente;
- são menos poluentes;
- usam todos os recursos de forma mais sustentável;

Assim sendo, o IBAMA (2001), mediante suas políticas de orientação para o uso devido dos recursos naturais e de tecnologias ambientalmente saudáveis, propõe soluções práticas e acessíveis. Dentre elas logo abaixo, está a que chamou mais a atenção para este trabalho:

- Produtos alternativos.

Através dos seus estudos, ressaltam a importância do bambu, principalmente por suas características como a sua resistência, facilidade de processamento, ao ser cortado e lascado para vários usos. Portanto fica claro que para é possível construir muitas coisas partindo do bambu, inclusive compensados (QISHENG e SHENXUE ,2001).

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1. Produção Dos Compensados

5.1.1. Coleta dos bambus

Inicialmente, foram coletados os bambus da espécie *Dendrocalamus giganteus* na touceira localizada no Instituto de Florestas, da UFRuralRJ. Utilizou-se moto-serra para o corte das “varas” e estas foram levadas para a marcenaria, do Instituto de Florestas. No local, foi realizado todo o processamento para a produção dos seis compensados, três para cada tratamento, a ser utilizado no trabalho. É importante lembrar que a marcenaria já possui maquinário para a produção de compensados de madeira. Desta forma, o maquinário foi adaptado para possibilitar a realização do desdobro, confecção das taliscas e produção dos compensados.

5.1.2. Produção de taliscas

Os desdobros dos bambus foram feitos na serra circular (figura 2) formando tiras de 2,5 cm de largura. Essas tiras foram cortadas de 50 em 50 cm de comprimento em uma serra de fita (figura 3) e por ultimo serradas com 2mm de espessura na serra circular novamente.

Após estas etapas é que ficaram prontas as taliscas (figura 4), medindo 50 cm de comprimento, por 2,5cm de largura e 2mm de espessura. Para finalizar o processo, as taliscas passaram por uma plaina (figura 5), onde retirou-se as imperfeições, facilitando futuramente a produção das esteiras, que serão utilizadas na confecção dos compensados.



Figura 2. Serra circular utilizada para o desdobro dos bambus *Dendrocalamus giganteus*.



Figura 3. Serra de fita (Raimann).



Figura 4. Taliscas de bambu *D.giganteus* com dimensões de 50 cm x 2,5 cm x 0,2 cm.



Figura 5. Plaina (Invicta).

5.1.3. Tratamento químico

As taliscas passaram por um tratamento químico á base de hidróxido de sódio (NaOH) a 5%. Após o preparar a solução, as taliscas foram colocadas em um recipiente e permaneceram totalmente imersas por quatro horas. É fundamental fazer o tratamento no bambu, pois sua seiva é rica em amido, um grande atrativo para insetos, fungos e caruncho (*Dinoderus minutus*). É importante lembrar que para se ter um manuseio seguro desses produtos químicos foi indispensável o uso de equipamentos de segurança, como: luvas e óculos.

5.1.4. Secagem

Após serem retiradas da imersão, ficaram por 24 horas ao ar livre para escorrer todo o excesso, logo depois foram levadas a estufa, onde permaneceram à uma

temperatura de 60° C até adquirir 8% no teor de umidade. A temperatura escolhida não foi muito alta para evitar possíveis empenamentos ou encanoamento das taliscas. Isso ocorre devido ao material que se está sendo trabalhado ter uma espessura muito fina. Uma das desvantagens da utilização de baixas temperaturas de secagem é a necessidade e a necessidade de um maior tempo para atingir o teor de umidade desejada.

5.2. Formulação do adesivo

Antes da realização do projeto, foram analisados alguns tipos de resina, onde optou-se utilizar a Cascophen HL-2080. É uma resina líquida, á base de fenol-formol, em solução aquosa, especialmente desenvolvida para colagem de madeira dos mais variados tipos, onde as exigências primordiais sejam alta qualidade e colagem totalmente a prova d'água. Um outro fator que diferencia a Cascophen HL-2080 de outras resinas é o seu teor de sólidos e maior viscosidade, contribuindo assim para um maior rendimento e qualidade ás colagens (HEXION; Boletim Técnico da Cascophen HL-2080).

Após determinar a resina fenólica como base na colagem nos dois tratamentos, onde no segundo seria adicionado um outro adesivo, à uréia-formaldeído, considerando as seguintes concentrações: no primeiro tratamento utilizará 100 partes por peso de resina fenólica líquida (Cascophen HL-2080) e no segundo tratamento utilizará 90 partes por peso de resina fenólica + 10 partes por peso de uréia-formaldeído.

5.3. Formulação genérica do adesivo

Para formulação da cola foi necessário acrescentar um extensor e água. No quadro abaixo (tabela 1) está a formula das quantidades utilizadas na mistura. É bom ressaltar que os números referem-se às partes por peso e que a quantidade de água a ser utilizada poderá ser modificada para o ajuste da viscosidade.

O extensor utilizado foi a farinha de trigo convencional, na quantidade exata, pois à medida que a quantidade do extensor ultrapassa o pré-estabelecido nos cálculos, baixa-se a resistência da cola à água. (HEXION; Boletim Técnico da Cascophen HL-2080).

Tabela 1. Formula para mistura da cola em partes por peso.

Resina	100
Farinha de trigo	15
Água	15
Total	130

5.3.1. Cálculo e Quantidade de adesivo a ser utilizada

Para fazer os cálculos da quantidade de cada ingrediente a ser utilizado na cola, utilizou como base as dimensões das esteiras (50 x 50 cm), a quantidade de cola por metro quadrado (360 gramas/m²) e aplicação em linha dupla em.

$$\begin{array}{r} 360 \quad \text{---} \quad 1 \\ x \quad \text{---} \quad 0,25 \end{array}$$

A quantidade de cola utilizada é de 90g por linha dupla.

Tabela 2. Dados relativos à composição da cola.

Material	Proporção	Quantidade (g)
Resina sólida	100	69,24
Farinha	15	10,38
Água	15	10,38
Total	130	90

Resina Líquida:

$$\begin{array}{r} 100 \text{ g líquida} \quad \text{---} \quad 50 \text{ g de sólidos} \\ x \quad \text{---} \quad 69 \text{ g} \end{array}$$

A quantidade de resina líquida utilizada é de 138g.

Tabela 3. Dados relativos à quantidade de material utilizado para as três chapas no Tratamento 1.

Material	Quantidade (g)	Adição de 10% (g)	Total para as três chapas (g)
Resina líquida (Cascophen HL-2080)	138	13,8	455,4
Farinha	10,38	1,03	34,23
Água	10,38	1,03	34,23
Total	158,76	15,86	523,86

A quantidade a ser usada em cada chapa foi de 158g de adesivo.

A quantidade a ser usada em cada linha foi de 79g de adesivo.

Tabela 4. Dados relativos à quantidade de material utilizado para as três chapas no Tratamento 2.

Material	Quantidade (g)	Adição de 10% (g)	Total nas três chapas (g)
Resina líquida (Cascophen HL-2080)	124	12,4	409,2
Uréia	14	15,4	46,2
Farinha	10,38	1,03	34,23
Água	10,38	1,03	34,23

A quantidade a ser usada em cada chapa foi de 158g de adesivo.

A quantidade a ser usada em cada linha foi de 79g de adesivo.

Através dos cálculos acima, foi determinada a quantidade em gramas de cada componente para a formação da cola desejada. Nos dois tratamentos, como pode ser

observado nas tabelas 4 e 5, contém o total a ser usado na fabricação dos três compensados, já com a adição de 10% , que corresponde as perdas da cola que ficam aderidas nos beckeres.

5.4. Formação Do Colchão

As taliscas foram posicionadas paralelamente e logo após aplicou-se o adesivo pré-definido em cada teste com um pincel, formando assim as três chapas desejadas.

A montagem do compensado foi feito de modo que as esteiras de 50 cm x 50 cm fossem colocadas uma sobre a outra, com as fibras das taliscas formando um ângulo de 90° entre elas.

5.5. Assemblagem Dos Painéis

Após a aplicação da cola e montagem dos painéis, antes que fossem introduzidos na prensa quente tiveram um tempo de assemblagem de 40 minutos. Este procedimento é importantíssimo, pois tempo menores podem resultar na formação de bolsas de vapor .

5.6. Umidade Das Lâminas

O teor de umidade das laminas foram controladas em torno de 8 %, até serem levadas a prensa.

5.7. Prensagem

Posteriormente foi realizada a prensagem, com o tempo de 10 minutos, uma pressão específica de 15 kgf/cm² e a temperatura dos pratos da prensa de 140° C (figura 6). Foram produzidos os seis compensados nas mesmas temperatura e pressão.



Figura 6. Prensa da com a dimensões dos pratos de 50 cm x 50 cm (Omeco).

5.8. Corpos de prova

5.8.1. Confeção dos corpos de prova

Para cortar os corpos de prova (figura 7) nas medidas determinada na Norma de Controle de Qualidade e Classificação de Compensados do INSTITUTO BRASILEIRO DE DESENVOLVIMENTO FLORESTAL (IBDF) foi utilizado a serra de fita.



Figura 7. Corpos de prova.

5.8.2. Condicionamento dos corpos de provas

O ambiente da sala de ensaios, durante os testes, foi mantido eletronicamente à uma temperatura de 20°C e umidade relativa de 65 %.

5.9. Testes Físico-Mecânicos

Realizar os testes físico-mecânicos seguindo uma norma técnica elaborada corretamente proporciona inúmeras vantagens tanto aos fabricantes quanto aos consumidores de produtos industrializados, contribuindo de forma significativa para o desenvolvimento tecnológico, diminuindo custos e tempos de produção e de manutenção, além de garantir o fortalecimento da empresa nacional (IBDF, 1985).

Os ensaios realizados neste trabalho foram : inchamento em espessura, absorção de água, massa específica aparente e resistência à flexão estática, aproximando-se ao máximo das Normas de Qualidade do IBDF.

5.9.1. Inchamento

Os ensaios de inchamento tiveram como objetivo determinar o inchamento da espessura após a absorção de água do compensado. As medidas dos corpos de prova, foram de (60x10) mm e o ensaio foi executado da seguinte forma:

- mediu-se a espessura no centro de cada corpo de prova com um aparelho de medição chamado deflectômetro (figura8);
- mediu-se largura e comprimento com um paquímetro.
- os corpos de provas foram imersos completamente em água, por 24 horas em temperatura ambiente (25°C) ;
- após as 24h os corpos de provas foram medidas novamente com o mesmo aparelho e assim obtendo-se os dados desejados para o cálculo.

Foram utilizados 6 corpos, para ser feito as seis observações para cada tratamento e a expressão usada para calcular a porcentagem de inchamento foi a seguinte:

$$I = (MF - MI / MF) \times 100; (\%)$$

Onde, I = inchamento em espessura (%)
 MF = medição final da espessura (mm);
 MI = medição inicial da espessura (mm).



Figura 8. Medidor de espessura.

5.9.2. Absorção de água

Os ensaios tiveram como objetivo determinar a absorção de água no compensado. As medidas dos corpos de prova foram de (75x25) mm, de comprimento e largura da chapa. O ensaio foi executado da seguinte maneira:

- inicialmente mediu-se os corpos com os mesmos aparelhos usados no item (7.9.1);
- secou os corpos de prova na estufa por 24 horas , à temperatura de 50°.C ;
- pesou-se em uma balança digital de precisão (figura 9);
- os corpos de provas foram imersos completamente em água, por 24 horas, em temperatura ambiente (25°.C) ;

- foram removidos da água, enxugados rapidamente para retirar o excesso com papel absorvente e pesados novamente..

Foram utilizados 5 corpos de provas para cada tratamento e a expressão usada para calcular a porcentagem de absorção de água foi a seguinte:

$$AB = \frac{PF - PI}{PF} \times 100; (\%)$$

Onde,
AB = Absorção de água (%)
PF = peso final do corpo de prova (g);
PI = peso inicial do corpo de prova (g).



Figura 9. Balança digital (Marte).

5.9.3. Massa específica aparente

Os ensaios tiveram como objetivo determinar a massa específica aparente dos compensados à um teor de umidade de 12 %. Retirou as amostras de cada chapa com aproximadamente (100x50mm) de espessura e o ensaio foi executado da seguinte forma:

- mediu-se a largura, espessura, comprimento e o peso dos corpos com os equipamentos usados no item (7.9.1), efetuando duas medidas em cada direção;
- ficaram na estufa por 24 horas, à temperatura de 50°C;
- mediu novamente da mesma forma feita antes de serem colocados na estufa;
- fez-se uma média dos dados para poder calcular o teor de umidade nos corpos de prova.

Foram utilizados nestes testes 4 corpos de provas para cada tratamento e a expressão usada para calcular a porcentagem de absorção de água foi a seguinte:

$$m_{EA} : m / c \times l \times e$$

Onde, m_{EA} = massa específica aparente, em g/cm^3 ;
 m = massa do corpo de prova, em g;
 c = comprimento do corpo de prova, em cm;
 l = largura do corpo de prova, em cm;
 e = espessura do corpo de prova, em cm.

5.9.4. Resistência à flexão estática

Os ensaios tiveram como objetivo determinar a resistência máxima à flexão estática do compensado. A medida do corpo de prova foi de (200x75) mm . Os teste foram realizados na máquina universal de ensaios mecânicos, com capacidade de 30 toneladas (figura10). Foram divididos em corpos de provas com as fibras posicionada transversalmente (MORT) e paralelamente (MORP) em relação ao cutelo da máquina.

Os ensaios foram executados da seguinte forma:

- retirou de cada chapa de compensado, cinco corpos de prova em cada direção e no mínimo 50 mm das bordas;
- a espessura foi de 8 mm, aferida com o deflectômetro;
- o vão entre os apoios paralelos foi de 150 mm;
- o corpo de prova, quando posicionado no vão, ficou dividido em duas partes iguais;
- posicionou o corpo de prova sobre os apoios da máquina de ensaio, de forma que o plano de sua maior superfície fique na horizontal e seu eixo do comprimento perpendicular aos eixos dos apoios e do cutelo;
- foi aplicada uma carga continua e a uma velocidade constante de 30 kgf/s
- anotou-se a carga máxima de rompimento do corpo de prova a ser utilizada para calcular a tensão ruptura.

Foram utilizados 4 corpos de prova por tratamento e foram calculados separadamente (MORT e MORP), e a formula utilizada para ambos foi a seguinte:

$$Tr = 3 \times F_{m\acute{a}x} \times L / 2 \times l \times e^2$$

Onde, MOR = módulo de ruptura à flexão estática em N/mm;
 $F_{m\acute{a}x}$ = carga de ruptura em N;
 L = distância entre os centros dos apoios (vão), em mm;
 l = largura do corpo de prova, em mm;
 e = espessura do corpo de prova, em mm.



Figura 10. Máquina universal de ensaios mecânicos.

5.10. Processamento dos dados

Foram confeccionadas 3 chapas de cada tratamento (figura 11) e delas foram retirados os corpos de prova para que fosse possível analisar e calcular os dados de inchamento, absorção de água, massa específica aparente, módulo de ruptura transversal (MORT) e paralelas (MORP), e com isso realizar as análises estatísticas dessas variáveis.

Tabela 5. Resultados relativos ao Inchamento.

Tratamento 1	Espessura 1 (mm)	Espessura 1 (mm)	Inch (%)
1.1	9,9	10,4	4,80
1.2	9,6	10,1	4,95
1.3	10,0	10,6	5,66
1.4	8,9	9,6	7,26
1.5	9,0	9,6	6,25
1.6	8,9	9,6	7,29
Tratamento 2	Espessura 2 (mm)	Espessura 2 (mm)	
2.1	8,8	9,2	4,37
2.2	9,7	10,1	3,96
2.3	9,2	9,7	5,15
2.4	8,1	8,7	6,89
2.5	8,2	8,9	8,75
2.6	9,5	10,2	6,86

Tabela 6. Resultados relativos à Absorção de Água.

Tratamento 1	Peso 1 (g)	Peso 1(g)	Abs (%)
1.1	15,63	24,96	37,37
1.2	15,44	23,61	34,60
1.3	14,74	24,82	40,61
1.4	16,72	23,44	28,66
1.5	16,70	22,98	27,32
Tratamento 2	Peso 2 (g)	Peso 2 (g)	Abs (%)
2.1	15,19	21,15	28,17
2.2	17,16	23,06	25,58
2.3	14,93	22,08	32,38
2.4	14,28	21,24	32,76
2.5	16,00	23,21	31,06

Tabela 7. Medições dos corpos de prova da Massa Específica Aparente.

Tratamento 1	Comp. 1 (mm)	Comp. 2 (mm)	Largura 1 (mm)	Largura 2 (mm)	Espes.1 (mm)	Espes.2 (mm)	Peso (g)
1.1	101,02	100,02	37,0	37,02	9,5	9,4	35,00
1.2	100,00	100,00	37,0	37,0	10,0	10,1	32,65
1.3	100,09	100,09	36,6	36,6	10,0	10,7	33,08
1.4	100,00	100,00	36,6	37,0	10,1	10,8	33,64
Tratamento 2	Comp. 1 (mm)	Comp. 2 (mm)	Largura 1 (mm)	Largura 2 (mm)	Espes.1 (mm)	Espes.2 (mm)	Peso (g)
2.1	100,09	100,09	36,6	36,6	10,1	10,7	33,70
2.2	100,05	100,05	36,6	36,6	9,6	9,6	31,33
2.3	101,00	101,00	36,6	36,6	9,5	10,2	33,35
2.4	101,00	100,09	37,0	37,0	10,0	9,3	30,86

Tabela 8. Médias das medições dos corpos de prova da Massa Específica Aparente.

Média – Trat. 1	Comp. 1 (mm)	Largura 1 (mm)	Espes.1 (mm)	Peso 1 (Kg)
1.1	100,52	37,0	9,45	35,00
1.2	100,00	37,0	10,05	32,65
1.3	100,09	36,6	10,35	33,08
1.4	100,00	36,8	10,45	33,64
Média – Trat. 2	Comp. 2 (mm)	Largura 2(mm)	Espes.2(mm)	Peso 2 (Kg)
2.1	100,09	36,6	10,4	33,70
2.2	100,05	36,6	9,6	31,33
2.3	101,00	36,6	9,85	33,35
2.4	100,54	37,0	9,65	30,86

Tabela 9. Resultados relativos à Massa Específica Aparente.

Trat. 1	m_{EA} (g/cm ³)
1.1	0,99
1.2	0,97
1.3	0,87
1.4	0,87
Trat. 2	m_{EA} (g/cm ³)
2.1	0,89
2.2	0,89
2.3	0,91
2.4	0,85

Tabela 10. Resultados relativos à Flexão Estática Transversal e Paralela.

Tratamento 1	Transversal 1 (cm)	Paralela 1 (cm)	MOR.T 1 (Kgf/cm ²)	MOR.P1 (Kgf/cm ²)
1.1	52,0	65,1	19,500	24,412
1.2	71,0	162,0	26,625	60,750
1.3	68,0	108,7	25,500	40,762
1.4	77,0	79,7	28,875	29,887
Tratamento 2	Transversal 2 (cm)	Paralela 2 (cm)	MOR.T 2 (Kgf/cm ²)	MOR.P 2 (Kgf/cm ²)
2.1	62,0	74,6	23,250	27,975
2.2	46,0	66,5	17,250	24,937
2.3	53,0	59,3	19,875	22,237
2.4	49,0	61,8	18,375	23,175



Figura 11. Compensado de bambu com dimensões de 50 cm x50 cm.

5.11. Delineamento estatístico

As análises estatísticas foram realizadas de forma a encontrar o melhor tratamento entre os dois estabelecidos na tabela abaixo:

Tabela 11. Distribuição dos tratamentos em relação à espécie.

Espécie	Teor de adesivos (%)	
	UF	UF + 10% FF
<i>D. giganteus</i>	T.1	T. 2

Através dos resultados finais de cada variável, foi possível analisar estatisticamente o experimento. Utilizou-se o teste de Lillefors e Kruskal-Wallis ao nível de 5% de significância .

6. Resultado e Discussão

Foram demonstradas nas tabelas abaixo, as médias das variáveis e as análises da variância dos dois tratamentos.

Tabela 12. Média das variáveis em cada tratamento.

Tratamentos	Inchamento (%)	Absorção (%)	Massa Específica (g/cm ³)	MOR Transversal Kgf/cm ²)	MOR Paralelo (Kgf/cm ²)
1	6,035	33,712	0,92	25,125	38,952
2	5,990	29,990	0,88	19,687	24,581

Com os valores médios presente na tabela 13, foi possível identificar qual tratamento obteve melhores resultados nos testes realizados. As variáveis foram calculadas separadamente; Inchamento, Absorção de Água, Massa Específica Aparente, Módulo de Ruptura Transversal e Paralela, possibilitando assim uma interpretação mais clara e individual. Foi realizada uma análise estatística dos tratamentos pelo Teste de Lilliefors, onde as variáveis não apresentaram normalidade na sua distribuição.

Por este motivo utilizou-se o método não-paramétrico Kruskal-Wallis à uma significância de 5%. Todas as variáveis apresentaram valores maiores que os 5 % ($p = 0,05$) determinados nas análises, demonstrando que não houveram diferença significativa entre os tratamentos (tabela 14).

Tabela 13: Análise de Kruskal-Wallis.

Kruskal-Wallis ANOVA by Ranks; Inchamento (Dados Gustavo Marton Monografia) Independent (grouping) variable: Trat Kruskal-Wallis test: $H(1, N=12) = 1,1025641$ $p = 0,7488$
Kruskal-Wallis ANOVA by Ranks; Absorção de água (Dados Gustavo Marton Monografia) Independent (grouping) variable: Trat Kruskal-Wallis test: $H(1, N=8) = 3,3414634$ $p = 0,5590$
Kruskal-Wallis ANOVA by Ranks; Massa específica aparente (Dados Gustavo Marton Monografia) Independent (grouping) variable: Trat Kruskal-Wallis test: $H(1, N=8) = 3,3414634$ $p = 0,5590$
Kruskal-Wallis ANOVA by Ranks; MORT (Dados Gustavo Marton Monografia) Independent (grouping) variable: Trat Kruskal-Wallis test: $H(1, N=8) = 3,000000$ $p = 0,833$
Kruskal-Wallis ANOVA by Ranks; MORP (Dados Gustavo Marton Monografia) Independent (grouping) variable: Trat Kruskal-Wallis test: $H(1, N=8) = 3,000000$ $p = 0,833$

Em relação aos valores apresentados pelo Inchamento, Absorção de Água e Massa Específica Aparente, estes apresentaram valores muito maiores que o esperado quando comparados à significância esperada, não sendo assim possível identificar qual o melhor tratamento. Já o MORT e o MORP tiveram valores melhores, mas também não o suficiente para identificar qual o melhor tratamento.

Em relação ao MORP, mesmo não identificando qual o melhor tratamento, foi possível através das médias comparar os valores obtidos neste trabalho com um o valor médio do módulo de ruptura paralelo de um compensado de *Pinus ssp.* Verificou-se que um compensado de *Pinus ssp.*, produzido por diversos fabricantes, com 9mm de espessura, composto por 5 lâminas e com adesivo não especificado pelo fabricante, possui um MORP médio de 395 Kgf/cm² (ABIMCI, 2001), dez vezes maior quando comparado com as mesmas médias do compensado de bambu.

Um fator importante para valores muito diferentes em um mesmo teste e também a fragilidade apresentada nos testes mecânicos está relacionado com a grande dificuldade em trabalhar com o bambu. Na confecção das taliscas, por mais adaptado que esteja o equipamento, não ficam com a mesma largura devido aos nós entre um colmo e outro. Quando colocadas lado a lado para produção das esteiras aparecem as fendas e isso faz com que ocorra desperdício de cola e não consiga também, a homogeneidade esperada nos compensados, não permitindo produzir um material de qualidade.

7. Conclusão

- Não houve diferença significativa entre as médias dos tratamentos para todos os parâmetros avaliados, isto significa que os tratamentos utilizando fenol e uréia misturados podem ser utilizados com a mesma eficiência, possibilitando a economia com a aquisição de adesivos, uma vez que o custo do adesivo uréia formaldeído é de 3 a 4 vezes menor que do adesivo fenol formaldeído;
- Apesar de não ter havido diferença significativa para o módulo de ruptura, observou-se que em termos absolutos houve uma diferença de 36,89% entre o maior e o menor valor, ou seja, entre o tratamento com fenol formaldeído puro e fenol formaldeído misturado com uréia formaldeído.

Recomenda-se continuar os estudos com a espécie *Dendrocalamus giganteus*, utilizando um maior número de camadas para os painéis, e com isto obter-se valores melhores para as propriedades estudadas, como também aumentar o número de observações, diminuindo o erro experimental.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Beraldo, A.L., Azzini, A. 2004.** Bambu: características e aplicações. Guaíba: Agropecuária.
- Beraldo, A.L., Rivero, L.A. 2003.** Bambu Laminado Colado. Floresta e Ambiente. V. 10, n.2, p.36 - 46, ago./dez. 2003.
- Filgueiras, T.S., Gonçalves, A.P.S. 2004.** A Checklist of the Basal Grasses and Bamboos in Brazil (POACEAE). The Journal of the American Bamboo Society 18(1): 7-18
- Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal.** Normas de controle de qualidade e classificação de compensados; 1985.
- Iwakiri, S.** Avaliação da qualidade de colagem de compensados de *Eucalyptus cloeziana* e *Eucalyptus robusta*. Acessado em: 18 / outubro/ 2007
<<http://www.if.ufrj.br/revista/pdf/Vo16%2045A49.pdf>>
- Londoño, X. P. 2002.** Distribucion, morfologia, taxonomia, anatomia, silvicultura y usos delos bambues del nuevo mundo. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Ming, Z.H. 1995.** Bamboo based boards in China: an introduction. Bamboo, people and the environment. INBAR Technical Report No.8. V.3. p.140-154.
- Mantilla Carrasco, E. V. M.; Moreira, L. E.; Xavier, P. V. 1995.** Bambu laminado e colado. In: V Encontro brasileiro em madeiras e em estruturas de madeira. Ebramem. Belo Horizonte, MG. **Anais**, V. 2. p.
- Martins, R., Guerreiro, L. 2006.** Resposta Técnica. Serviço Brasileiro de Normas Técnicas. Acessado em: 18 / outubro/ 2007
<<http://www.sbrt.ibicit.br>>
- Moizés, F. A.** Painéis de Bambu, uso e aplicações: uma experiência didática nos cursos de Design em Bauru, São Paulo. Acessado em: : 18 / outubro/ 2007
<<http://www.faac.unesp.br/posgraduacao/design/dissertacoes/fabiomaoizes.php>>
- Record, S. J.; Hess, R. W.** Timbers of the new world. New Haven: Yale University Press, 1949. 640 p.