

RESISTÊNCIA DE PAINÉIS AGLOMERADOS PRODUZIDOS COM DIFERENTES PROPORÇÕES DE MADEIRA E CASCA DE ARROZ A FUNGOS E CUPINS XILÓFAGOS¹

DECAY AND TERMITE RESISTANCE OF PARTICLEBOARD MADE WITH DIFFERENT PROPORTIONS OF WOOD AND RICE HUSK

Rafael Rodolfo de Melo² Elio José Santini³ Clovis Roberto Haselein³
Alencar Garlet⁴ Juarez Benigno Paes⁵ Diego Martins Stangerlin⁶

RESUMO

Foi avaliada a resistência a fungos apodrecedores e a cupins subterrâneos de painéis aglomerados produzidos com diferentes proporções de madeira e casca de arroz. As chapas foram produzidas utilizando a madeira de *Eucalyptus grandis* com a inclusão de casca de arroz nas proporções de 0, 20, 40, 60, 80 e 100%, utilizando como aglutinante as resinas uréia-formaldeído e tanino-formaldeído. Os resultados obtidos indicaram que, painéis produzidos com casca de arroz geralmente apresentam maior resistência ao ataque de fungos apodrecedores e aos cupins subterrâneos. Painéis colados com tanino-formaldeído foram mais resistentes ao ataque dos térmitas, enquanto que, para os fungos, foi detectada diferença significativa entre o efeito dos adesivos apenas quando submetidas ao ataque de *Gloeophyllum trabeum*, sendo as chapas produzidas com uréia-formaldeído as mais resistentes. Dentre os fungos, *Trametes versicolor* proporcionou uma maior perda de massa aos painéis.

Palavras-chave: painéis reconstituídos; resíduos agrícolas; resistência ao apodrecimento; cupins subterrâneos.

ABSTRACT

Decay resistance against fungi and termite of particleboard made with different proportions of wood (*Eucalyptus grandis*) and rice husk was studied. Particleboard with 0, 20, 40, 60, 80 and 100% proportions of rice husk was produced using urea-formaldehyde and tannin-formaldehyde as adhesives. Particleboards produced with rice husk presented a higher resistance against fungi and termite attack. Particleboards glued with tannin-formaldehyde were more resistant to the attack of termites; for fungi, the difference between adhesives was observed when these particleboards were submitted to the attack of *Gloeophyllum trabeum*, in which case the particleboards produced with urea-formaldehyde were more resistant. *Trametes versicolor* was the fungus that caused the largest mass loss to the particleboards.

Keywords: particleboard; agriculture residues; decay resistance; subterranean termites.

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a pressão ambiental para o reaproveitamento de resíduos vem se tornando

cada vez maior, o que vem fazendo com que inúmeros pesquisadores, a exemplo de Calegari et al. (2004), Dacosta et al. (2005), Pedrazzi et al. (2006) e Melo et al. (2009) venham estudando as

1. Parte do trabalho de Dissertação do primeiro autor apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal de Santa Maria.
2. Engenheiro Florestal, M.Sc., Professor Assistente da Universidade Federal do Piauí, Campus Professora Cinobelina Elvas, BR 135 km 03, CEP 64900-000, Bom Jesus (PI). rrmelo2@yahoo.com.br
3. Engenheiro Florestal, Dr., Professor Associado do Departamento de Ciências Florestais, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima, 1000, CEP 97105-900, Santa Maria (RS).
4. Engenheiro Florestal, Analista Ambiental, Laboratório de Produtos Florestais do Serviço Florestal Brasileiro, CEP 70818-900, Brasília (DF). alencar.garlet@ibama.gov.br
5. Engenheiro Florestal, Dr., Professor da Unidade Acadêmica de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Campina Grande, Caixa Postal 64, CEP 58700-070, Patos (PB). jbp2@uol.com.br
6. Engenheiro Florestal, M.Sc., Professor do Assistente do Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais, Universidade Federal do Mato Grosso, CEP 78550-000, Sinop (MT). diego_stangerlin@yahoo.com.br

Recebido para publicação em 18/05/2009 e aceito em 29/03/2010.

características de painéis aglomerados produzidos com a utilização desses resíduos. A utilização de resíduos de madeira, como maravalhas, costaneiras, serragens e outros, agregam mais valor ao material. Aliado a isso, há a viabilidade da mescla de madeiras com resíduos com o intuito da obtenção de painéis com melhores características físico-mecânicas, o que vem proporcionando um destino mais nobre e menos poluente para esses materiais.

A utilização de matérias-primas alternativas para fabricação de painéis também vem ganhando destaque e já é objeto de diversos estudos (YOUNGQUIST et al., 1993; GERARDI et al., 1998; YALINKILIC et al., 1998; LIMA et al., 2006; NDAZI et al., 2006; PAULESKI et al., 2007; MELO, 2009). Uma dessas matérias-primas seria o emprego do resíduo gerado no beneficiamento do arroz. Na tentativa de encontrar uma utilização para o resíduo desse produto agrícola, tais pesquisadores investigam a viabilidade de usar a casca de arroz como matéria-prima para a produção de chapas aglomeradas.

As madeiras utilizadas para a produção de painéis são geralmente de baixa durabilidade. A utilização de madeiras de maior durabilidade ou, a mescla dessas com espécies mais resistentes, objetivando a melhora de sua resistência a agentes biológicos, já vem sendo estudadas por alguns autores (BEHR e WITTRUP, 1969; EVENS et al., 1997; KARTAL e GREEN III, 2003; SHI et al., 2006; OKINO et al., 2007). Entretanto, pouco se sabe em relação à mistura de partícula dessas espécies com resíduos da agroindústria, com potencial de utilização na manufatura de painéis. Para YALINKILIC et al. (1993), a utilização de matérias-primas de maior durabilidade na manufatura de compósitos diminuiria os riscos ambientais e a saúde ocasionados pela aplicação de preservantes químicos.

O cultivo do arroz ocupa o segundo lugar em área plantada no mundo, ficando atrás apenas do trigo. O maior produtor é a China, seguida da Índia, Indonésia, Bangladesh, Vietnã e outros. O Brasil ocupa o décimo lugar, com cerca de 2% da produção mundial (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, 2005). Cerca de 20% do peso do arroz, corresponde a casca, revestimento ou capa protetora formada durante o crescimento do grão de baixa massa específica e elevado volume é um material fibroso, cujos maiores constituintes são celulose (50%), lignina (30%) e resíduos inorgânicos (20%), sendo predominante a sílica

(AMICK, 1982).

De acordo com Souza (1993), a casca de arroz é um material com alto teor de carbono, apresenta uma lenta biodegradação, permanecendo em sua forma original por longos períodos. Essas características sugerem que a inclusão desse resíduo em chapas aglomeradas pode contribuir substancialmente para o aumento da sua durabilidade. Nesse sentido, o presente trabalho teve como objetivo, avaliar a resistência a fungos e cupins xilófagos de painéis aglomerados constituídos por diferentes proporções de madeira (*Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden) e casca de arroz.

MATERIAL E MÉTODOS

Manufatura dos painéis

Foram produzidos painéis aglomerados em seis diferentes proporções de madeira (*Eucalyptus grandis*) e casca conforme exposto na Tabela 1. Os parâmetros da confecção foram: densidade nominal de 0,65 g/cm³; força de prensagem de 30 kgf/cm²; tempo de prensagem 8 minutos; fechamento da prensa 40 segundo; 8% de adesivo e 1% de parafina com base no teor de sólidos. Como adesivos, utilizou-se uréia-formaldeído (UF) e tanino-formaldeído (TF).

Ensaio de preferência alimentar a cupins

Os ensaios foram realizados no Laboratório de Biodeterioração de Madeiras da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campus de Patos, Paraíba. Foram retiradas, de cada painel, duas amostras com as dimensões de 7,5 x 2,5 x 0,95 cm, em comprimento, largura e espessura respectivamente. Além destas, foram submetidas ao ensaio corpos-de-prova de mesma dimensão da madeira do alburno de *Pinus* sp., utilizada como padrão de comparação, por recomendações da ASTM D – 3345 (1994).

Esse ensaio foi realizado utilizando metodologia similar à empregada por Supriana (1985), onde, diferente dos métodos normalizados pela ASTM D - 3345 e AFNOR - 41-539, as madeiras são oferecidas em conjunto aos cupins. O referido autor menciona que ensaios desse tipo apresentam resultados mais realísticos, em razão da alta seletividade de alimentação apresentada pelos térmitas. Além disso, Paes et al. (2007) destacam que

TABELA 1: Composições dos painéis com as proporções entre madeira e casca de arroz (C).
 TABLE 1: Particleboard composition with wood and rice husk.

Identificação	Adesivo	Número de Painéis	Proporção (%)	
			Madeira	Casca
0C – UF	Uréia-formaldeído	6	100	0
20C – UF		6	80	20
40C – UF		6	60	40
60C – UF		6	40	60
80C – UF		6	20	80
100C – UF		6	0	100
0C – TF	Tanino-formaldeído	6	100	0
20C – TF		6	80	20
40C – TF		6	60	40
60C – TF		6	40	60
80C – TF		6	20	80
100C – TF		6	0	100

outra vantagem desse método, quando comparado aos normalizados pela ASTM e AFNOR, diz respeito a um menor nível de estresse ao qual são submetidos os cupins, uma vez que estes continuam em sua colônia.

Cada amostra, antes do ensaio, foi seca em estufa à temperatura de 103°C, durante 48 horas e pesados em uma balança com 0,01 g de precisão para a determinação da massa seca e, posterior comparação com a massa obtida ao término dos testes. O ensaio foi montado em caixa de fibrocimento com capacidade para 250 litros, contendo uma camada de 10 cm de areia com umidade ajustada para 75% da capacidade de retenção com a adição de água destilada.

As amostras foram distribuídas segundo um delineamento em blocos ao acaso, considerando dois tipos de adesivos, seis proporções de casca nos painéis e seis repetições por cada tratamento, além da testemunha (madeira do alburno de *Pinus* sp.). Embora nesses ensaios, geralmente as amostras sejam enterradas até metade de seu comprimento, a provável dificuldade da retirada das amostras após o ensaio, por causa da umidade da areia, fez com que houvesse uma adaptação na metodologia. Desse modo, as amostras foram dispostas horizontalmente em uma bandeja de metal, colocada sobre a areia.

A colônia de *Nasutitermes corniger* Motsch. foi disposta numa grelha de 30 x 40 x 0,5 cm, apoiada em quatro tijolos de oito furos postos sobre a camada de areia contida na caixa de fibrocimento. A caixa foi apoiada sobre quatro blocos cerâmicos postos 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 de objetivo semelhante foi à cobertura da caixa com uma tela de nylon. As amostras ficaram expostas à ação dos cupins durante 45 dias, em sala climatizada (27°C e 75% de umidade relativa). Após o ensaio, as amostras foram secas novamente em estufa, 103°C durante 48 horas, e pesadas para avaliar a porcentagem de perda de massa.

Ensaio de resistência a fungos apodrecedores

Os ensaios de apodrecimento acelerado foram conduzidos no Setor de Biodegradação e Preservação da Madeira, do Laboratório de Produtos Florestais (LPF)/Serviço Florestal Brasileiro, em Brasília, DF, seguindo a metodologia proposta pela ASTM D 2017 (2005). Para realização dos testes, foram retiradas de cada painel seis amostras, nas dimensões de 2,5 x 2,5 x 0,95 cm em comprimento, largura e espessura respectivamente.

O condicionamento foi realizado em estufa com circulação forçada de ar, a 50°C até massa constante. Para pesagem, utilizou-se balança de precisão, com resolução de 0,0001g. Antes da exposição aos fungos, os corpos-de-prova foram esterilizados em autoclave a 127 °C por 40 minutos. Ao todo foram ensaiados 12 corpos-de-prova por tratamento para cada fungo.

Foram empregadas duas espécies de fungos xilófagos: *Trametes versicolor* (L.; Fr.) Pilat, causador de podridão branca; e, *Gloeophyllum trabeum* (Pers.; Fr.) Korte, causador de podridão

parda. Os fungos foram repicados em meio de cultura malte líquido, e levados à incubadora (26°C e 70% de umidade relativa), até o micélio recobrir totalmente a superfície do meio (três semanas). No momento da inoculação, o micélio foi fragmentado em um liquidificador doméstico, para facilitar o trabalho. Todas as operações de manipulação de fungos foram efetuadas assepticamente em capela de fluxo laminar.

Os ensaios foram montados em frascos de vidro transparente, com boca larga, tampa rosqueável, capacidade de 190 mL, contendo 70 g de solo (horizonte B), peneirado (abertura de malha de 2 mm), livre de matéria orgânica. O solo recebeu previamente a adição de calcário, para elevar o pH a 6,0. A umidade foi ajustada para 130% da capacidade de retenção de água, com a adição de 31 mL/frasco de água deionizada. Em cada frasco, sobre o solo, foi colocada uma placa suporte (*feeder strips*) de alburno de *Pinus* sp. (para o cultivo de *Gloeophyllum trabeum*) ou de *Cecropia* sp. (para o cultivo de *Trametes versicolor*), com dimensões de 35 x 29 x 3 mm.

A seguir, os frascos foram autoclavados a 127°C por 45 minutos e após o resfriamento, em cada frasco foi inoculado (pipetado) 2 mL do meio de cultura, contendo o micélio fragmentado. Posteriormente, os frascos foram levados à incubadora (26°C e 70% de umidade relativa), até o micélio cobrir completamente a placa suporte (quatro semanas). Após a colonização das placas suporte, adicionou-se um corpo-de-prova em cada frasco.

As amostras permaneceram em contato com os fungos por 14 semanas, na incubadora, sob condições já descritas. Após esse período, foram removidas dos frascos de ensaio, submetidas a uma limpeza para remoção do micélio aderido e novamente climatizadas e pesadas sob as mesmas condições pré-teste. Com base na perda de massa, a resistência ao apodrecimento foi classificada segundo os critérios estabelecidos pela norma ASTM D 2017 (2005) reproduzidos na Tabela 2.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ensaio de preferência alimentar a cupins subterrâneos

As equações ajustadas para o percentual de perda de massa dos painéis produzidos com os diferentes tipos de adesivos podem ser observadas

TABELA 2: Classes de resistência ao ataque de fungos apodrecedores (ASTM D 2017, 2005).

TABLE 2: Class of resistance against decay fungi (ASTM D 2017, 2005).

Classe de Resistência	Perda de Massa (%)	Massa Residual (%)
Altamente Resistente (AR)	0 – 10	90 – 100
Resistente (R)	11 – 24	76 – 89
Moderadamente Resistente (MR)	25 – 44	56 – 75
Não-Resistente (NR)	> 45	> 55

na Figura 1. Observa-se que o ataque dos térmitas concentrou-se praticamente nos painéis confeccionados exclusivamente com madeira ou, naqueles em que se utilizou 20% de casca de arroz. Esse resultado está de acordo com Souza (1993), que menciona a alta durabilidade natural da casca de arroz. O mesmo autor ainda relata que essa característica deve-se sobretudo ao alto teor de carbono desse material.

Outra explicação para a maior resistência

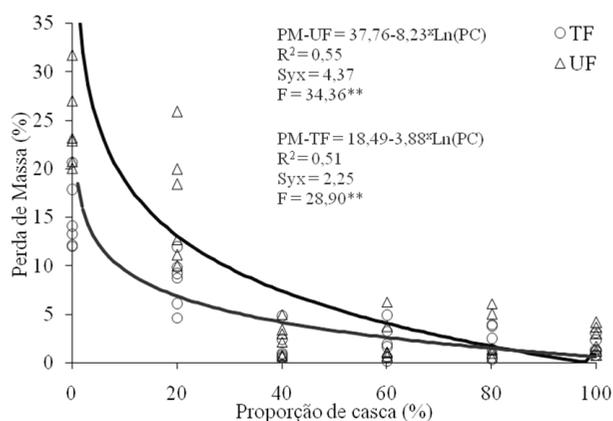


FIGURA 1: Percentual de perda de massa (PM) após o ataque dos térmitas em função da proporção de casca de arroz nos painéis (PC), para os adesivos uréia-formaldeído (UF) e tanino-formaldeído (TF).

FIGURE 1: Mass loss percentage (PM) after termite attack in function of rice husk proportion (PC) in particleboard, for urea-formaldehyde (UF) and taninn-formaldehyde (TF) adhesives.

dos painéis com maiores proporções de casca deve-se a grande quantidade de sílica presente na casca. A resistência natural da madeira a cupins pode estar relacionada ao elevado teor de substâncias inorgânicas. Segundo Govindarao (1980), partículas de casca de arroz apresentam em média 20% de componentes inorgânicos (teor de cinzas), dos quais, cerca de 19% é representada pela sílica.

Verificou-se uma tendência de resistência superior para painéis colados com tanino-formaldeído, o que está de acordo com vários autores, dentre eles Hunt e Garratt (1967), Findlay (1985) e Lelles e Rezende (1986), que afirmam ser a resistência a biodeterioração atribuída em especial à presença de certas substâncias no lenho, como tanino ou outras substâncias fenólicas complexas, as quais podem ser tóxicas ou de difícil decomposição pelos organismos xilófagos.

Na Tabela 3, observam-se as comparações múltiplas entre médias do percentual de perda de massa para os diferentes percentuais de casca e tipos de adesivos utilizados. Dentre os tipos de adesivos avaliados, foi verificada diferença significativa para painéis confeccionados exclusivamente com madeira ou, para aqueles que utilizaram 20% de casca na mistura, com a maior resistência evidenciada para painéis que utilizaram o TF.

Paes et al. (2007) destacam que o principal aspecto limitante ao ataque dos cupins é a quantidade de extrativos (substâncias fenólicas naturais) presentes na madeira, as quais são tóxicas aos organismos xilófagos. O tanino é um dos extrativos

mais abundantes e facilmente encontrados em diversas espécies e uma de suas funções, ainda quando presente no vegetal, é proteger contra o ataque de xilófagos a parte inativa do lenho (cerne), a qual é reconhecidamente a parte mais resistente à ação de fungos e cupins. Logo, tal aspecto pode ter feito com que painéis produzidos com TF fossem menos atacados quando comparados aos produzidos com UF.

Quanto à proporção de casca, painéis que utilizaram proporção maior ou igual a 40% apresentaram maior resistência ao ataque dos térmitas, tendo essas perdas variado em média entre 1,66 e 2,57%. A análise visual das amostras permitiu observar que praticamente, nesses casos, não houve nenhuma ação dos térmitas, sendo as perdas de massa consideradas apenas como perdas operacionais de esfrelamento das amostras mais sensíveis. Acredita-se que tais perdas tenham ocorrido especialmente pelo manuseio, secagem das amostras em estufa e exposição a um ambiente úmido por um longo período. Bustamante e Martius (1998) mencionam que os cupins necessitam fragmentar com as mandíbulas o material a ser ingerido e, é sabido que quando esses têm escolha, tendem a preferir materiais de menor densidade ou dureza. Desse modo, o não ataque aos painéis com maior percentual de casca, pode ser atribuído à grande quantidade de sílica existente, o que proporcionou um elevado efeito abrasivo e, conseqüentemente, tornando-se um material difícil de ser mastigado pelos térmitas.

TABELA 3: Comparações entre médias de perda de massa para o ensaio de preferência alimentar aos cupins, dos diferentes tipos de adesivos, percentual de casca (PC) e interações.

TABLE 3: Average comparison of mass loss percentage in assays of termite alimentary preference, adhesive type, rice husk percentage (PC) and interations.

Percentual de Casca	Valores médios de perda de massa (%)		
	Uréia-formaldeído	Tanino-Formaldeído	Média
0	24,26 aA	14,98 aB	19,62 a
20	16,34 bA	8,38 bB	12,36 b
40	2,49 cA	1,66 cA	2,07 c
60	2,31 cA	2,04 cA	2,18 c
80	2,57 cA	2,04 cA	2,31 c
100	2,42 cA	1,58 cA	2,30 c
Média	8,40 A	5,11 B	6,81
<i>Pinus sp.</i>	-	-	58,62

Em que: Médias nas colunas seguidas por uma mesma letra minúscula, ou em linhas por uma mesma letra maiúscula, não diferem estatisticamente entre si (teste de Scott-Knott, $p \geq 0,05$).

A madeira de *Pinus* sp., empregada para permitir a comparação com outros trabalhos apresentou perda de massa de 58,62%, enquanto, para os painéis, a maior perda de massa média observada foi de 24,26%. Essas diferenças podem ter ocorrido pela grande quantidade de substâncias tóxicas para os térmitas presentes nos painéis, sobretudo, formaldeído, tanino, parafina e o elevador teor de sílica presente na casca de arroz.

Outro fator a ser considerado trata-se da alta seletividade apresentada pelos térmitas em sua alimentação. Em ensaio de preferência alimentar realizados por Paes et al. (2007) com sete variedades de madeiras separadas em diferentes posições no sentido medula-casca, foi observado que as amostras controle (*Pinus* sp.) apresentam apenas 1,05% de perda massa, enquanto para a maioria das outras espécies avaliadas houve um ataque intenso, a exemplo do marmeleiro (*Croton sonderianus* Muel. Arg.), em que as perdas da madeira oriunda do alburno atingiram quase 70%.

Os resultados obtidos diferem dos observados por Corrêa (2007) que, ao analisarem a resistência natural a cupins de painéis OSB colados com fenol-formaldeído (FF) e tanino-formaldeído (originado de diferentes espécies) a cupins da espécie *Coptotermes gestroi* (Wasmann), verificaram que painéis confeccionados com TF de acácia não apresentaram boa resistência. Já painéis colados

com FF e com TF de *Eucalyptus pellita* obtiveram bons resultados. Nesse sentido, os autores chegaram à conclusão que o adesivo produzido do tanino de acácia não possui ação deletéria na preferência alimentar do inseto.

Embora no presente trabalho também tenha sido utilizado o adesivo à base de tanino de acácia, Corrêa (2007), destaca que características fisiológicas das plantas, como estágio fenológico, podem afetar diretamente na qualidade e quantidade do tanino produzido. Comentários semelhantes também foram feitos por Zummo et al. (1984), que observaram o aumento gradual dessa substância a partir do estágio cotiledonar, com um pico no fim da floração e diminuição partindo da queda das flores.

Ensaio de resistência a fungos em laboratório

Na Tabela 4, são apresentadas as médias do percentual de perda de massa com sua respectiva classificação para os diferentes tratamentos estudados. Analisando as duas resinas empregadas, observa-se que, para painéis confeccionados com UF, em três casos as amostras, foram consideradas como resistentes ao ataque dos fungos, em chapas que utilizaram somente madeira ou casca de arroz, quando colonizadas pelo *Gloeophyllum trabeum*, ou apenas com casca de arroz, quando colonizadas pelo *Trametes versicolor*.

TABELA 4: Perda de massa (%) provocada por fungos para os difentes tratamentos avaliados.

TABLE 4: Mass loss (%) caused by fungi for the different evaluated treatments.

Percentual de Casca	Adesivo	<i>Gloeophyllum trabeum</i>	<i>Trametes versicolor</i>
0	Uréia-formaldeído	21,64 R	31,11 MR
20		31,63 MR	44,49 MR
40		30,91 MR	43,66 MR
60		31,03 MR	39,40 MR
80		27,43 MR	36,69 MR
100		23,37 R	18,62 R
0	Tanino-Formaldeído	33,44 MR	36,76 MR
20		34,11 MR	38,90 MR
40		41,09 MR	39,99 MR
60		39,19 MR	39,67 MR
80		36,02 MR	31,23 MR
100		35,52 MR	25,06 MR
<i>Pinus</i>		58,79	-
<i>Cecropia</i>		-	53,14

Em que: R = resistente e; MR = moderada resistência, segundo a ASTM D 2017 (2005).

Para o TF, em todos os casos, as amostras foram consideradas como moderadamente resistentes ao ataque. Observou-se também que tanto as amostras controle de *Pinus* sp. (58,79%) como as de *Cecropia* sp. (53,14%) apresentaram percentual de perda de massa superior a 50%, que é o valor mínimo recomendado pela norma ASTM D 2017 (2005), demonstrando, desse modo, que as culturas fúngicas empregadas no teste se encontravam com bom vigor, e que as condições de ensaios foram adequadas (Tabela 4).

As equações ajustadas para o percentual de perda de massa dos painéis considerando os fungos e adesivos ensaiados podem ser observadas na Figura 2. Para o fungo *Gloeophyllum trabeum*, foi gerada uma equação para cada tipo de adesivo, enquanto

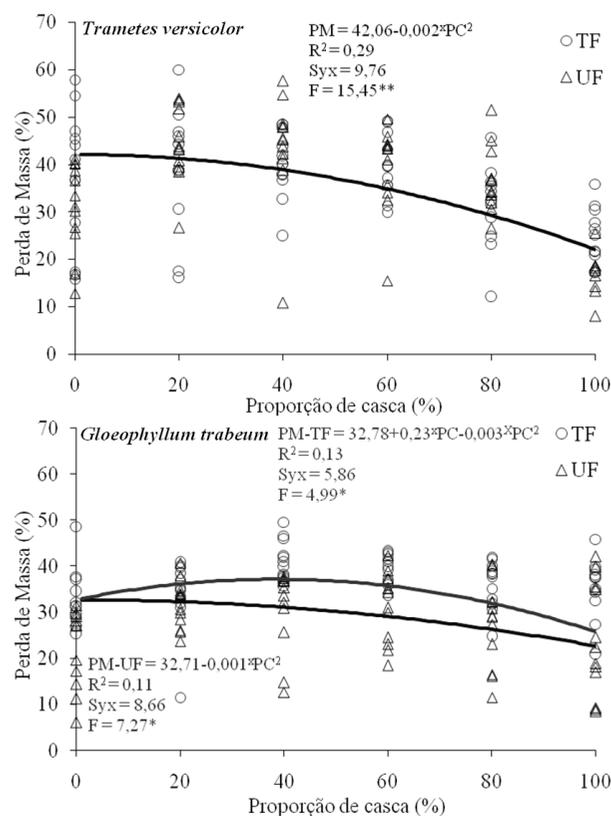


FIGURA 2: Percentual de perda massa (PM) promovido pelo fungos em função da proporção de casca (PC), para os adesivos uréia-formaldeído (UF) e tanino-formaldeído (TF).

FIGURE 2: Mass loss percentage (PM) promoted by the fungi in function of rice husk proportion (PC) in particleboard, for urea-formaldehyde (UF) and taninn-formaldehyde (TF) adhesives.

para o *Trametes versicolor*, a análise de covariância não detectou variação significativa entre as resinas utilizadas. No caso do *Trametes versicolor*, verificou-se uma tendência clara de redução da perda de massa com aumento da proporção de casca nos painéis. Para o *Gloeophyllum trabeum*, essa mesma tendência foi observada apenas para painéis confeccionados com UF. Quando coladas com TF, não foi evidenciada uma tendência de redução da perda de massa com o aumento da proporção de casca de arroz nos painéis.

A análise fatorial para o percentual de perda de massa indicou variação significativa para os fatores e suas interações, exceto para interação tripla entre adesivo versus percentual de casca de arroz versus espécie de fungo. Os fatores e as interações detectadas como significativas pelo teste de F, foram desdobrados e analisadas separadamente (Scott-Knott, $p < 0,05$) nas Tabelas 5, 6 e 7. Nas comparações da interação entre o percentual de casca de arroz e as espécies de fungos ensaiadas (Tabela 5), evidencia-se que, para os painéis com 0, 20 e 40% de casca de arroz, foram mais severamente atacadas pelo *Trametes versicolor* e, nos demais percentuais, não foi constatada variação significativa. Analisando os fungos separadamente, para *Gloeophyllum trabeum*, as chapas mais resistentes foram as que utilizaram exclusivamente

TABELA 5: Percentual de perda de massa, obtida para as diferentes proporções de casca de arroz (PC) e dois tipos de fungos testados.

TABLE 5: Mass loss percentage for different rice husk proportions (PC) and both fungi evaluated.

Percentual de Casca	<i>Gloeophyllum trabeum</i>	<i>Trametes versicolor</i>
0	27,54 dB	33,93 bA
20	32,87 bB	41,69 aA
40	36,00 aB	41,82 aA
60	35,11 aA	39,53 aA
80	31,72 cA	33,96 bA
100	29,44 cA	21,84 cA
Média	32,11 B	35,47 A

Em que: Médias nas colunas seguidas por uma mesma letra minúscula, ou em linhas por uma mesma letra maiúscula, não diferem estatisticamente entre si (teste de Scott-Knott, $p \geq 0,05$).

TABELA 6: Percentual de perda de massa, obtida para os diferentes percentuais de casca de arroz (PC) e dois tipos de adesivos utilizados.

TABLE 6: Mass loss percentage for different rice husk proportion (PC) and both fungi evaluated.

Percentual de Casca	Uréia-formaldeído	Tanino-Formaldeído	Média
0	26,38 cB	35,10 bA	30,73 b
20	38,06 aA	36,50 bA	37,28 a
40	37,29 aA	40,54 aA	38,91 a
60	35,21 aA	39,43 aA	37,32 a
80	32,06 bA	33,62 cA	32,84 b
100	21,00 dA	30,29 dA	25,64 c
Média	31,67 B	35,91 A	33,79

Em que: Médias nas colunas seguidas por uma mesma letra minúscula, ou em linhas por uma mesma letra maiúscula, não diferem estatisticamente entre si (teste de Scott-Knott, $p \geq 0,05$).

TABELA 7: Percentual de perda de massa para os tipos de fungos e adesivos utilizados.

TABLE 7: Mass loss percentage for different fungi and adhesives evaluated.

Espécie de fungo	Uréia-formaldeído	Tanino-Formaldeído
<i>Gloeophyllum trabeum</i>	27,67 bB	35,56 aA
<i>Trametes versicolor</i>	35,66 aA	35,27 aA

Em que: Médias nas colunas seguidas por uma mesma letra minúscula, ou em linhas por uma mesma letra maiúscula, não diferem estatisticamente entre si (teste de Scott-Knott, $p \geq 0,05$).

de madeira, seguidas pelas que utilizaram 80 e 100% de casca de arroz. Para o *Trametes versicolor* as mais resistentes foram as confeccionadas com 80 e 100% de casca de arroz. No geral, os painéis testados apresentaram maior resistência quando submetidos ao ataque do fungo de podridão parda *Gloeophyllum trabeum*.

Na interação entre o percentual de perda de massa e os diferentes adesivos utilizados (Tabela 6), observa-se que apenas para os painéis produzidos somente com madeira houve diferença significativa entre os adesivos, sendo as chapas produzidas com UF as mais resistentes ao ataque dos fungos apodrecedores. Analisando o tipo de adesivo separadamente, tanto para UF como para o TF, os painéis mais resistentes foram os produzidos exclusivamente com casca de arroz. No geral, painéis produzidos com UF e que utilizavam apenas casca de arroz em sua composição apresentaram-se mais resistentes.

Teixeira et al. (1997) ao estudarem a resistência a fungos apodrecedores de chapas confeccionadas com bagaço de cana-de-açúcar e coladas com adesivos à base de tanino, fenol ou uréia, concluíram que as diferentes resinas, não

proporcionaram, em nenhum dos casos, resistência superior para as classes de painel estudados. Já Okino et al. (2007), ao estudarem a resistência de chapas OSB de *Pinus taeda*, coladas com uréia-formaldeído e fenol-formaldeído, observaram resistência superior para os que utilizaram fenol-formaldeído em sua composição. No mesmo estudo, também foi verificado que o aumento do teor da resina também proporcionou maior resistência.

A interação entre tipos de adesivos utilizados para confecção dos painéis e as espécies de fungos ensaiadas (Tabela 7), apontou que para o *Gloeophyllum trabeum* painéis colados com TF foram os menos resistentes ao ataque. Já para o *Trametes versicolor*, não foi constata diferença significativa entre os adesivos. Dentre os adesivos, apenas para o UF os fungos atacaram com diferentes intensidades as chapas, sendo o *Trametes versicolor* o que atacou mais severamente as amostras. Além disso, *Trametes versicolor* só foi mais agressivo para as chapas coladas com uréia. Em parte, esse resultado pode ser explicado por ser o *Trametes versicolor* um fungo causador de podridão branca, que apresenta como uma de suas principais características se nutrir predominantemente de

celulose, hemicelulose e lignina. Juntas a celulose e a lignina representam cerca de 80% (celulose 50% e lignina 30%) da composição da casca de arroz (AMICK, 1982). Já o *Gloeophyllum trabeum* que pertence ao grupo de fungos causadores da podridão parda, que se nutre da celulose e hemicelulose, deixando a lignina intacta.

Na Figura 3, podem ser observadas amostras representativas dos diferentes tratamentos, após o término dos ensaios. Para os painéis com maiores proporções de casca de arroz em sua constituição, foi verificada uma menor perda de massa, possivelmente devido a uma maior durabilidade daquele material. No entanto, esses painéis também foram os que apresentaram menor resistência a manipulação ao término do ensaio, sendo os que mais se esfarelaram, ficando as amostras, totalmente desuniformes e, em alguns casos, restando apenas um amontoado de partículas. Isso ocorreu devido à alta instabilidade dimensional e falta de adesão das partículas que os painéis com maiores percentuais de casca de arroz apresentaram.

Como mencionado por Teixeira (1997), a classificação “moderadamente resistente”, indicada pela ASTM D 2017 (2005) e, obtida pela maioria dos tratamentos em estudo, não inviabiliza o uso das chapas, contanto que estas não venham a ser utilizadas em ambientes adversos, como em

exteriores e em contato direto com o solo. Por outro lado, painéis confeccionados exclusivamente com casca de arroz e colados com uréia-formaldeído, foram classificados como “resistentes” ao ataque, o que indica um elevado potencial para a utilização deste resíduo com matérias-primas de maior resistência a fungos apodrecedores, desde que solucionada a colagem deficiente.

CONCLUSÕES

No geral, os painéis confeccionados exclusivamente com casca de arroz apresentaram maior resistência ao ataque de cupins subterrâneos e fungos apodrecedores. Para os térmitas, o aumento do percentual de casca de arroz e o uso do adesivo tanino-formaldeído na manufatura dos painéis proporcionaram redução na perda de massa. Para os fungos, quando submetido ao ataque de *Gloeophyllum trabeum* painéis colados com uréia-formaldeído demonstraram maior resistência e, quando atacado por *Trametes versicolor* não foi verificada influência do tipo de adesivo na resistência dos painéis. Dentre os adesivos, apenas para uréia-formaldeído houve variação para o ataque dos fungos, com *Trametes versicolor* proporcionando maiores perdas de massa. Painéis colados com uréia-formaldeído foram mais resistentes ao ataque

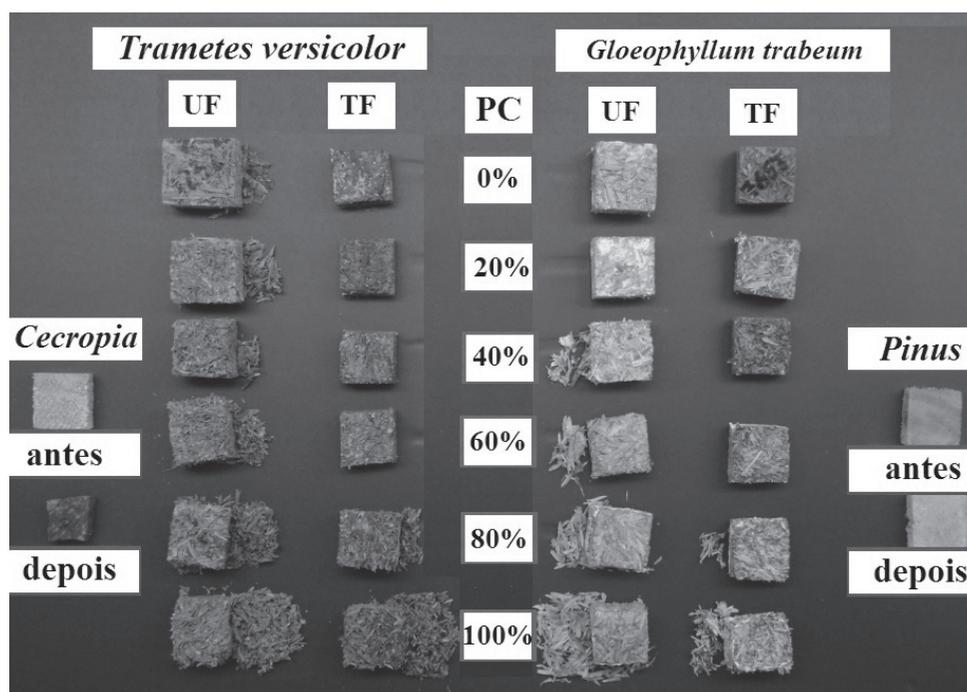


FIGURA 3: Amostras dos painéis após o período de ataque dos fungos (UF = uréia-formaldeído; TF = tanino-formaldeído; PC = percentual de casca de arroz).

FIGURE 3: Samples of particleboard after fungus decay period (UF = urea-formaldehyde; TF = tanin-formaldehyde; PC = rice husk percentage).

do fungo *Gloeophyllum trabeum*, mas o tipo de adesivo não teve influência quando o ensaio foi realizado com o fungo *Trametes versicolor*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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.0410, p.5, 2005.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS – ASTM D-3345. Standard method for laboratory evaluation of wood and other cellulosic materials for resistance to termites. **Annual Book of ASTM Standards**, Philadelphia, v.0410, p. 439-441, 1994.

AMICK, J. A. Purification of rice hulls as a source of solar grade silicon for solar cells. **Journal of The Electrochemical Society**, Pennington, v. 129, n. 4, p. 864-866, Apr. 1982.

BEHR, E. A.; WITTRUP, B. A. Decay and termite resistance of two species particle boards. **Holzforschung**, Berlin, v. 23, n. 5, p. 166-170, Sept./Oct. 1969.

BUSTAMANTE, N. C. R., MARTIUS, C. Nutritional preferences of wood-feeding termites inhabiting floodplain forest of the Amazon River, Brazil. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 28, n. 3, p. 301-307, set. 1998.

CALEGARI, L. et al. Adição de aparas de papel reciclável na fabricação de chapas de madeira aglomerada. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 14, n. 1, p. 193-204, jan./mar. 2004.

CARNEIRO, A. C. O. et al. Propriedades de chapas de flocos fabricadas com adesivo de uréia-formaldeído e de taninos de casca de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden ou de *Eucalyptus pellita* F. Muell. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 5, p. 715-724, set./out. 2004.

CORRÊA, E. M. **Resistência de painéis OSB fabricados com diferentes resinas à ação de *Coptotermes gestroi* (Wasmann, 1896) (Isoptera: Rhinotermitidae)**. 2007, 23 f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal)-Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Serópedica, 2007.

DACOSTA, L. P. E. et al. Qualidade das chapas de partículas aglomeradas fabricadas com resíduos do processamento mecânico da madeira de *Pinus elliottii* Engelm. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 15, n. 3, p. 311-322, jul./set. 2005.

EVANS, P. D. et al. Natural durability and physical

properties of particleboard composed of white cypress pine and radiata pine. **Forest Products Journal**, Madison, v. 6, p. 87-94, June 1997.

FINDLAY, W. P. K. The nature and durability of wood. In: FINDLAY, W. P. K. (Ed.). **Preservation of timber in the tropics**. Dordrecht: W. Junk Publishers, 1985. p.1-13.

GERARDI, V.; MINELLI, F.; VIGGIANO, D. Steam treated rice industry residues as an alternative feedstock for the wood based particleboard industry in Italy. **Biomass and Bioenergy**, London, v. 14, n. 3, p. 295-299, May/June 1998.

HUNT, G. M.; GARRATT, G. A. **Wood preservation**. New York: Mc Graw Hill, 1967. 433 p.

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

LELLES, J. G.; REZENDE, J. L. P. Considerações gerais sobre tratamento preservativo da madeira de eucalipto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 12, n. 141, p. 83-90, 1986.

LIMA, A. L. et al. Utilização de fibras (epicarpo) de babaçu como matéria-prima alternativa na produção de chapas de madeira aglomerada. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 4, p. 645-650, jul./set. 2006.

MELO, R. R. **Propriedades físico-mecânicas e resistência a biodeterioradores de chapas aglomeradas constituídas por diferentes proporções de madeira e casca de arroz**. 2009, 77 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal)-Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

MELO, R.R. et al. Propriedades físico-mecânicas de painéis aglomerados produzidos com diferentes proporções de madeira e casca de arroz. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 19, n. 4, p. 449-460, out./dez. 2009.

NDAZI, B. et al. Production of rice husks composites with *Acacia mimos*a tannin-based resin. **Journal of Materials Science**, Storrs, v. 41, n. 21, p. 6978-6983, Nov. 2006.

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

PAES, J. B. et al. Resistência natural de sete madeiras ao cupim subterrâneo (*Nasutitermes corniger* Motsch.) em ensaio de preferência alimentar. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife,

v. 2, n. 1, p. 57-62, jan./mar. 2007.

PEDRAZZI, C. et al. Qualidade de chapas de partículas de madeira aglomerada fabricadas com resíduos de uma indústria de celulose. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 16, n. 2, p. 201-212, abr./jun. 2006.

PAULESKI, D.T. et al. Características de compósitos laminados manufaturados com polietileno de alta densidade (PEAD) e diferentes proporções de casca de arroz e partículas de madeira. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 17, n. 2, p. 157-170, abr./jun. 2007.

SHI, J.L., et al. Mold resistance of medium density fiberboard panels made from black spruce, hybrid poplar and a mixture of S-P-F chips. **Holz als Roh- und Werkstoff**, München, v. 64, n. 3, 2006.

SUPRIANA, N. **Notes the resistance of tropical wood against termites**. Stockholm: The

International Research Group on Wood Preservation, 1985. 9 p. (Doc. IRG /WP/ 1249).

TEIXEIRA, D. E.; COSTA, A. F.; SANTANA, M. A. E. Aglomerados de bagaço de cana-de-açúcar: resistência natural ao ataque de fungos apodrecedores. **Scientia Forestals**, Piracicaba, n. 52, p. 29-34, dez. 1997.

YALINKILIC, M. K. et al. Biological, physical and mechanical properties of particleboard manufactured from waste tea leaves. **International Biodeterioration e Biodegradation**, v. 41, n. 1, p. 75-84, Jan. 1998.

ZUMMO, G. R., SEGERS, J. C.; BENNEDICT, J. H. Seasonal phenology of allochemicals in cotton and resistance to bollworm (Lepidoptera: Noctuidae). **Environmental Entomology**, Lanham, v. 13, p. 1287-1290, Dec. 1984.