



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS FLORESTAIS E DA MADEIRA

ALLAN EWERTON REZENDE EUFLOSINO

EFICIÊNCIA DA TERMORRETIFICAÇÃO NA RESISTÊNCIA DAS
MADEIRAS DE *Corymbia citriodora* E *Pinus taeda*
A TÉRMITAS XILÓFAGOS

JERÔNIMO MONTEIRO
ESPÍRITO SANTO

2012

ALLAN EWERTON REZENDE EUFLOSINO

EFICIÊNCIA DA TERMORRETIFICAÇÃO NA RESISTÊNCIA DAS
MADEIRAS DE *Corymbia citriodora* E *Pinus taeda*
A TÉRMITAS XILÓFAGOS

Monografia apresentada ao
Departamento de Ciências Florestais
e da Madeira da Universidade Federal
do Espírito Santo, como requisito
parcial para obtenção do título de
Engenheiro Industrial Madeireiro.
Orientador: Prof. D.Sc. Juarez
Benigno Paes

JERÔNIMO MONTEIRO

ESPÍRITO SANTO

2012

ALLAN EWERTON REZENDE EUFLOSINO

EFICIÊNCIA DA TERMORRETIFICAÇÃO NA RESISTÊNCIA DAS
MADEIRAS DE *Corymbia citriodora* E *Pinus taeda*
A TÉRMITAS XILÓFAGOS

Monografia apresentada ao Departamento de Ciências Florestais e da Madeira da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para a obtenção de título de Engenheiro Industrial Madeireiro.

Aprovado em 22 de outubro de 2012.

COMISSÃO EXAMINADORA



Juarez Benigno Paes

Universidade Federal do Espírito Santo - UFES
Orientador



Pedro Gutemberg de Alcântara Segundinho
Universidade Federal do Espírito Santo – UFES



José Geraldo Lima de Oliveira
Universidade Federal do Espírito Santo - UFES

AGRADECIMENTOS

A Deus pela minha vida.

A Universidade Federal do Espírito Santo, em especial, ao Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, pela oportunidade de realização da graduação.

A todos os professores dos Departamentos de Engenharia Rural e de Ciências Florestais e da Madeira pelos ensinamentos ao longo do curso.

Ao professor Juarez Benigno Paes, pela orientação, apoio e confiança.

Ao professor Pedro Gutemberg de Alcântara Segundinho, pela confiança não apenas no desenvolvimento desta pesquisa, mas também pela orientação no projeto de iniciação científica.

A minha família, pela paciência nas horas difíceis, e por sempre acreditarem em mim.

A Ana Paula, minha namorada, por sempre ter estado ao meu lado apoiando, incentivando e auxiliando.

A todos os amigos do Curso de Engenharia Industrial Madeireira e demais cursos e da República CMJ, pelo agradável convívio.

A todos que contribuíram para a realização desse trabalho.

Muito Obrigado!

“Os nossos pais amam-nos porque somos seus filhos, é um fato inalterável. Nos momentos de sucesso, isso pode parecer irrelevante, mas nas ocasiões de fracasso, oferecem um consolo e uma segurança que não se encontram em qualquer outro lugar”.

Bertrand Russell

RESUMO

A madeira é um dos mais versáteis materiais de construção. Entretanto, considerando as pressões ambientais e a escassez de madeira nativa nas Regiões Sul e Sudeste, devem-se utilizar madeiras de reflorestamento, assim a presente investigação tem como objetivo avaliar a resistência de madeiras de *Corymbia citriodora* e *Pinus taeda* termorretrificadas, quando submetidas aos ensaios de alimentação forçada e de preferência alimentar com térmitas xilófagos, com o intuito de verificar o efeito da termorretrificação na melhoria da resistência da madeira e a temperatura que ofereceu melhores resultados. Os processos de termorretrificação da madeira foram realizados nas temperaturas de 160, 180, 200, 220, 240, 260 e 280 °C. Foram empregados para cada temperatura três blocos com dimensões de 6 x 16 x 56 cm (espessura x largura x comprimento). Depois de termorretrificados, os blocos foram transformados em corpos de prova com dimensões de 2,54 x 2,54 x 0,64 cm, (ensaio de alimentação forçada) e 10,0 x 2,54 x 0,64 cm (longitudinal x radial x tangencial) (ensaio de preferência alimentar) com térmitas *Nasutitermes* sp. Para a madeira de *Corymbia citriodora* o tratamento térmico na temperatura de 220 e 240 °C melhorou a resistência ao térmita *Nasutitermes* sp., nos ensaios de alimentação forçada e de preferência alimentar. Para a madeira de *Pinus taeda* a melhoria da resistência ocorreu nas temperaturas de 240 e 260 °C. A temperatura de 160 °C, para ambas as madeiras submetidas ao ensaio de alimentação forçada causou declínio na resistência da madeira. Para o ensaio de preferência alimentar a temperatura de 160 °C para a madeira de eucalipto e a de 200 °C para a madeira de pinus foram as temperaturas que causaram decréscimo na resistência da madeira aos térmitas testados.

Palavras-chave: Tratamento térmico. Resistência natural. Ensaios biológicos.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	vii
LISTA DE FIGURAS	ix
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 O problema e sua importância	3
1.2 Objetivos	4
1.2.1 Objetivo geral.....	4
1.2.2 Objetivos específicos	4
2 REVISÃO DE LITERATURA	5
2.1 O gênero <i>Corymbia</i> (<i>Eucalyptus</i>).....	5
2.2 O gênero <i>Pinus</i>	5
2.3 Resistência biológica da madeira.....	6
2.4 Termorretificação da madeira	7
2.5 Propriedades e características da madeira termorretificada	8
2.6 Ensaio com cupins xilófagos subterrâneos em laboratório	9
2.6.1 Ensaio de alimentação forçada.....	9
2.6.2 Ensaio de preferência alimentar	10
3. METODOLOGIA.....	11
3.1 Procedência e coleta da madeira.....	11
3.2 Termorretificação das madeiras.....	11
3.3 Ensaio com cupins xilófagos subterrâneos em laboratório	14
3.3.1 Ensaio de alimentação forçada.....	14
3.3.2 Ensaio de preferência alimentar	16
3.4 Avaliação dos resultados	18
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	19
4.1 Ensaio de alimentação forçada	19
4.2 Ensaio de preferência alimentar.....	27
5. CONCLUSÕES	35
6. REFERÊNCIAS.....	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Temperaturas iniciais e finais da rampa de aquecimento para cada faixa de temperatura de termorreificação.....	12
Tabela 2.	Temperaturas utilizadas no processo de termorreificação.....	12
Tabela 3.	Avaliação do desgaste provocado pelos cupins aos corpos de prova.....	15
Tabela 4.	Resumo das análises de variância para a perda de massa, mortalidade e desgaste da madeira de <i>Corymbia citriodora</i> submetida ao térmita <i>Nasutitermes</i> sp. Dados transformados em arcsen [raiz (perda de massa/100)] e raiz [(nota ou dias) + 0,5], respectivamente.....	19
Tabela 5.	Resumo das análises de variância para a perda de massa, mortalidade e desgaste da madeira de <i>Pinus taeda</i> submetida ao térmita <i>Nasutitermes</i> sp. Dados transformados em arcsen [raiz (perda de massa/100)] e raiz [(nota ou dias) + 0,5], respectivamente.	19
Tabela 6.	Comparação entre médias para a perda de massa (%), desgaste (nota) e mortalidade (dias), para a madeira de <i>Corymbia citriodora</i> termorreificada, causada pelo térmita <i>Nasutitermes</i> sp.....	20
Tabela 7.	Comparação entre médias para a perda de massa (%), desgaste (nota) e mortalidade (dias), para a madeira de <i>Pinus taeda</i> termorreificada, causada pelo térmita <i>Nasutitermes</i> sp.....	22
Tabela 8.	Resumo das análises de variância para a perda de massa, mortalidade e desgaste das madeiras de <i>Corymbia citriodora</i> e <i>Pinus taeda</i> . Dados transformados em arcsen [raiz (perda de massa/100)] e raiz [(nota ou dias) + 0,5].....	25
Tabela 9.	Comparação entre médias para a perda de massa (%), para as madeiras de <i>Corymbia citriodora</i> e <i>Pinus taeda</i> , termorreificadas, causada pelo térmita <i>Nasutitermes</i> sp.....	26
Tabela 10	Comparação entre médias para o desgaste (nota) e mortalidade (dias) para as madeiras de <i>Corymbia citriodora</i> e <i>Pinus taeda</i> , termorreificadas, causada pelo cupim <i>Nasutitermes</i> sp.....	26

Tabela 11.	Resumo das análises de variância para a perda de massa e desgaste da madeira de <i>Corymbia citriodora</i> . Dados transformados em arcsen [raiz (perda de massa/100)] e raiz [(nota) + 0,5].....	28
Tabela 12.	Resumo das análises de variância para a perda de massa e desgaste da madeira de <i>Pinus taeda</i> . Dados transformados em arcsen [raiz (perda de massa/100)] e raiz [(nota) + 0,5].....	28
Tabela 13.	Comparação entre médias para a perda de massa (%) e desgaste (nota) para as madeira de <i>Corymbia citriodora</i> termorretificada, causada pelo térmita <i>Nasutitermes</i> sp.....	28
Tabela 14.	Comparação entre médias para a perda de massa (%) e desgaste (nota) para as madeira de <i>Pinus taeda</i> , termorretificadas, causada pelo cupim <i>Nasutitermes</i> sp.....	31
Tabela 15.	Resumo das análises de variância para os resultados de perda de massa e desgaste da madeira de <i>Corymbia citriodora</i> e <i>Pinus taeda</i> . Dados transformados em arcsen [raiz (perda de massa/100)] ou raiz [(nota ou dias) + 0,5].....	33
Tabela 16.	Comparação entre médias para a perda de massa (%) e desgaste (nota) para as madeiras de <i>Corymbia citriodora</i> e <i>Pinus taeda</i> termorretificadas, causada pelo cupim <i>Nasutitermes</i> sp.....	33

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Equipamentos e sistema de aquisição de dados para termorreificação.....	13
Figura 2.	Posição dos termopares nos blocos de madeira.....	13
Figura 3.	Ensaio de alimentação forçada.....	15
Figura 4.	Ensaio de preferência alimentar.....	16
Figura 5.	Distribuição dos corpos de prova no ensaio de preferência alimentar.....	17
Figura 6	Comparação entre médias para a perda de massa (%), para a madeira de <i>Corymbia citriodora</i> termorreificada, causada pelo cupim <i>Nasutitermes</i> sp.....	20
Figura 7	Comparação entre médias para o desgaste (nota), para a madeira de <i>Corymbia citriodora</i> termorreificada, causada pelo cupim <i>Nasutitermes</i> sp.....	21
Figura 8	Comparação entre médias para a mortalidade (dias), para a madeira de <i>Corymbia citriodora</i> termorreificada, causada pelo cupim <i>Nasutitermes</i> sp.....	21
Figura 9	Comparação entre médias para a perda de massa (%), para a madeira de <i>Pinus taeda</i> termorreificada, causada pelo cupim <i>Nasutitermes</i> sp.....	23
Figura 10	Comparação entre médias para o desgaste (nota), para a madeira de <i>Pinus taeda</i> termorreificada, causada pelo cupim <i>Nasutitermes</i> sp.....	23
Figura 11	Comparação entre médias para a mortalidade (dias), para a madeira de <i>Pinus taeda</i> termorreificada, causada pelo cupim <i>Nasutitermes</i> sp.....	24
Figura 12	Comparação entre médias para a perda de massa (%) para a madeira de <i>Corymbia citriodora</i> termorreificada, causada pelo cupim <i>Nasutitermes</i> sp.....	29
Figura 13	Comparação entre médias para o desgaste (nota) para a madeira de <i>Corymbia citriodora</i> termorreificada, causada pelo cupim <i>Nasutitermes</i> sp.....	29

- Figura 14 Comparação entre médias para a perda de massa (%) para a madeira de *Pinus taeda* termorretificada, causada pelo cupim *Nasutitermes* sp..... 31
- Figura 15 Comparação entre médias para o desgaste (nota) para a madeira de *Pinus taeda* termorretificada, causada pelo cupim *Nasutitermes* sp..... 32

1 INTRODUÇÃO

A madeira apresenta certas particularidades, tais como movimentação dimensional e susceptibilidade a degradação biológica e a intempéries, tendo sua aptidão limitada para certos usos. Sendo assim, a modificação térmica da madeira pretende melhorar algumas propriedades como a resistência à biodegradação e a estabilidade dimensional, produzindo um material novo que no fim do ciclo de vida do produto não apresenta um perigo ambiental superior ao da madeira não tratada.

A resistência da madeira à deterioração consiste na capacidade inerente à espécie de resistir à ação de agentes deterioradores, sendo eles agentes biológicos e os físicos e químicos. Porém em virtude da frequência e da importância econômica, a resistência natural é normalmente entendida como referente aos agentes biológicos (WILLEITNER, 1984). Esta resistência ocorre por causa da presença de substâncias presentes no lenho, como taninos e outras substâncias fenólicas complexas, que são tóxicas a organismos xilófagos sendo os fungos apodrecedores os maiores inimigos da madeira seguidos pelos térmitas (cupins) que podem ser os de solo ou os de madeira seca, sendo os de solo os principais responsáveis pelos maiores volumes de perdas de madeira no mundo (CAVALCANTE, 1982; HUNT; GARRATT, 1967; FINDLAY, 1985; LELLES; REZENDE, 1986).

Os processos de modificação da madeira podem ser divididos em modificação química, térmica, de superfície e por impregnação, sendo a modificação térmica que mais tem evoluído em termos comerciais nos últimos anos, por causa principalmente do baixo custo do processo (MODES, 2010).

A maioria dos processos de modificação química existentes baseia-se na reação entre os grupos hidroxila da madeira e um reagente químico. Ao substituir alguns grupos hidroxila da madeira por um composto hidrofóbico, a higroscopicidade diminui conduzindo a um material com propriedades melhoradas (ROWELL, 2005).

Ainda segundo Rowell (2005), as propriedades melhoradas pela modificação química não são muito diferentes das promovidas pela modificação térmica. A umidade de equilíbrio diminui. Em resultado da diminuição da umidade de equilíbrio a estabilidade dimensional aumenta. A

resistência contra fungos aumenta consideravelmente na madeira acetilada mesmo em contato com o solo. Em relação à resistência contra térmitas apenas se verifica um ligeiro aumento. Outra das grandes vantagens da madeira acetilada é a sua resistência aos raios ultravioleta.

A madeira termorretificada é obtida por um processo de termodegradação, no qual seus constituintes se degradam geralmente na ausência de oxigênio, ou forte deficiência de ar, podendo, portanto ser considerada como um produto de uma pirólise controlada, interrompida antes de atingir o patamar das reações exotérmicas (as quais se iniciam aproximadamente à temperatura de 280 °C), quando se inicia a combustão espontânea da madeira (BORGES; QUIRINO, 2004).

A termorretificação é utilizada para conferir maior dureza superficial, maior resistência à degradação fúngica e maior estabilidade dimensional à madeira. Ao reduzir a capacidade da madeira de permutar água com o meio, minimizam-se problemas de contração e inchamento (BORGES; QUIRINO, 2004).

Quirino e Vale (2002) ao analisarem as possíveis modificações da madeira termorretificada, afirmaram que a maior estabilidade dimensional advém da redução na higroscopicidade, pela degradação do constituinte mais higroscópico que é a hemicelulose, pela quebra dos polímeros da lignina e pelo surgimento de novas ligações químicas entre eles, sendo este fenômeno denominado reticulação.

Dentre as utilizações da madeira termorretificada, citam-se os revestimentos, instalações de paredes à prova de som, assoalhos, terraços, móveis para jardim, batentes de porta e janela, móveis residenciais, decorações, e inclusive na fabricação de instrumentos musicais, em que a estabilidade garante propriedades acústicas consistentes. Segundo Duchez e Guyonnet (2002), quando fragmentada, a madeira termorretificada pode ainda ser usada na manufatura de materiais compostos em associação com vidro, fibras de vidro e materiais colantes, como gesso e cimento.

1.1 O problema e sua importância

Com o objetivo de suprir a demanda crescente por madeiras mais resistentes a organismos xilófagos e reduzir a pressão sobre as florestas nativas, uma opção muito atraente é a utilização da termorretrificação em madeira de espécies plantadas e de crescimento rápido.

Assim, o tratamento térmico da madeira surge como alternativa para melhorar a utilização que já é dada a madeiras consideradas problemáticas do ponto de vista tecnológico, diversificando-as para outros usos, e ampliando seu potencial econômico, questão em que se encaixam as madeiras dos gêneros *Pinus* e *Corymbia*, que apesar de disponíveis em escala comercial, sofrem limitações quanto ao seu emprego, pela inadequação de uma ou mais propriedades para um fim específico.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Verificar a eficiência da termorretificação na melhoria da resistência das madeiras de *Corymbia citriodora* e *Pinus taeda* a térmitas xilófagos.

1.2.2 Objetivos específicos

Avaliar a melhoria da resistência da madeira termorretificada de *Corymbia citriodora* e *Pinus taeda* a térmitas subterrâneos pelos métodos de alimentação forçada e preferência alimentar; e

Verificar quais temperaturas de termorretificação utilizadas proporciona à madeira uma melhor resistência a cupins xilófagos.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 O gênero *Corymbia* (*Eucalyptus*)

As espécies do gênero *Corymbia* são cultivadas em várias regiões do mundo, pela sua capacidade de se adaptar aos mais diversos tipos de habitats. No Brasil, as espécies desse gênero são cultivadas principalmente para a produção de madeira serrada (IWAKIRI et al., 1999).

O Brasil é o país que possui a maior área com florestas homogêneas de eucalipto do mundo, estimada em 3.380.000 ha, e é também possuidor de um amplo programa de pesquisas para o gênero (SILVA, 1993).

O gênero *Eucalyptus* engloba mais de 607 espécies, que ocorrem na Austrália, Tasmânia e nas ilhas ao norte da Oceania (Java, Filipinas, Papua, Timor) (OLIVEIRA, 2006). A introdução do gênero, no Brasil, ocorreu no início do Século XIX, com evidências de que as primeiras árvores foram plantadas em 1825, no Jardim Botânico do Rio de Janeiro (PEREIRA et al, 2000). Em função de algumas particularidades, o gênero *Eucalyptus* foi subdividido em *Eucalyptus* e *Corymbia*. As espécies de *Corymbia* mais cultivadas no Brasil pertencem às espécies *citriodora*, *maculata* e *torelliana*.

De 1909 a 1966, passou a vigorar a Lei 5.106 dos incentivos fiscais ao reflorestamento, haviam sido plantados 470.000 hectares de eucalipto em todo o Brasil, 80% dos quais se situavam no Estado de São Paulo. A partir de então, até o ano de 1986, apenas com incentivos fiscais, foram plantados 3,2 milhões de hectares. Em 1987, foram abolidos tais incentivos, contudo, a tecnologia desenvolvida neste período encontra-se fortalecida e completamente absorvida pelas indústrias florestais (PEREIRA et al, 2000).

2.2 O gênero *Pinus*

O uso e aplicação da madeira do gênero *Pinus* nas últimas três décadas cresceu substancialmente transformando-a em matéria prima fundamental para movimentar um setor produtivo de relevante importância para a economia brasileira. Segundo a Associação Brasileira de Celulose e Papel - BRACELPA (2011), as florestas plantadas no Brasil atingem, atualmente, 2,2 milhões de

hectares (81,6% de eucalipto e de 17,2% de pinus), o que corresponde a 0,9% da cobertura florestal total do país. Na Região Sul do Brasil, a área plantada com o gênero *Pinus* é de 1.060.050 hectares, correspondendo a 57,6% da área total, desse gênero, plantada no país (SIQUEIRA, 2003).

No Brasil, a utilização de *Pinus* sp. na indústria madeireira tem sido crescente nos últimos anos. As estimativas indicam que do volume de madeira serrada produzida no país, aproximadamente 18 milhões de m³, mais de 35% é composto pela madeira de *Pinus* sp. (BALLARIN; PALMA, 2003).

2.3 Resistência biológica da madeira

A durabilidade natural ou resistência biológica da madeira é interpretada pela capacidade que a mesma possui de resistir às ações deterioradoras dos agentes biológicos (GOMES; FERREIRA, 2002). Os mesmos autores definem algumas classes de resistência da madeira, sendo alta, média ou baixa resistência à ação desses agentes e correlaciona essa resistência a algumas características do cerne da madeira, que dependendo da espécie e idade do indivíduo, é a parte mais durável da madeira.

Para aumentar a durabilidade biológica da madeira são impregnados produtos tóxicos em seu interior. A emissão de ingredientes ativos é muito baixa durante a fixação de produtos preservativos na madeira, mas, em geral, esta técnica é vista de forma pouco amigável. Assim, o aumento da durabilidade da madeira conferida por sua modificação térmica, em geral, é mais aceitável (HOMAN et al., 2000).

Para a utilização da madeira como material de construção e outros fins estruturais a durabilidade biológica se apresenta como uma das propriedades de maior importância (OLIVEIRA, 1997). Conhecer essas características de resistência natural da madeira é de suma importância para que se possa recomendar o emprego mais adequado do material, evitando assim gastos desnecessários com a manutenção ou com reposição de peças deterioradas, uma vez que o conhecimento da resistência biológica da madeira tende a reduzir os impactos sobre as florestas naturais remanescentes (PAES et al., 2004).

2.4 Termorreificação da madeira

A termorreificação pode ser definida como um processo de pré-carbonização, o qual se desenvolve na fase endotérmica da madeira. Nestas condições de temperatura alguns compostos da madeira são degradados, principalmente as hemicelulose, por ser mais sensível a temperaturas elevadas. Ácido acético e frações de fenol também são degradados nessas condições (RENDEIRO et al., 2008).

O tratamento térmico da madeira varia desde a secagem (eliminação de água) até a gaseificação (produção de gás), e, no gradiente entre esses dois extremos, há a eliminação e formação de diversas substâncias, segundo reações simples e complexas, resultando em alterações químicas, físicas e mecânicas tão mais significativas com o aumento da temperatura (RODRIGUES, 2009).

A velocidade e o tempo de aquecimento, o teor de umidade e a espécie da madeira são fatores importantes para o processo de termorreificação, pois definem as possíveis alterações na estrutura molecular da madeira, (FIGUEROA; MORAES, 2009; KORKUT; HIZIROGLU, 2009).

Segundo Rodrigues (2009), em face às inúmeras vantagens que o tratamento térmico traz às propriedades físico-mecânicas da madeira, esse tratamento, já é um processo em escala industrial em vários países europeus, mais englobando Finlândia, França, Alemanha e Holanda, respectivamente denominados “Finnish Thermowood”, “French Retification” e “Bois Perdure”, “Oil Heat Treatment” e “Dutch Plato Wood”. Nunes (2009) citou a descrição de cada etapa desses processos de tratamento, como:

- (1) “Retification” (“Bois Retifié”): essa tecnologia é aplicada quando a madeira apresenta um teor de umidade inicial de 12%, a qual é tratada com temperaturas variando entre 210 e 240 °C, na presença de nitrogênio;
- (2) “Bois Perdure”: processo também desenvolvido na França como o anterior, no qual a madeira verde é tratada à 230 °C, sob o vapor gerado pela água contida na própria madeira;
- (3) “Oil Heat Treatment” - OHT: processo bastante diferenciado, em que a madeira é tratada em um tanque fechado imersa em óleo quente, com

temperaturas variando entre 180 e 220 °C, durante 2 - 4 horas, não considerando o tempo de aquecimento inicial e resfriamento pós-tratamento;

(4) “Plato Wood”: essa tecnologia esta embasada em quatro etapas: (a) hidrotermólise: tratamento térmico a 150 - 180 °C, em condição aquosa sob pressão atmosférica (4-5 horas); (b) secagem convencional (3 - 5 dias); (c) tratamento térmico a 150-190 °C sob condições secas (14 - 16 horas); e (d) condicionamento (2 - 3 dias);

(5) “Thermowood”: esse tratamento apresenta três diferentes fases: (a) secagem da madeira verde à alta temperatura (100 - 130 °C); (b) tratamento térmico a 190 ± 2 °C (Madeira Thermo-S) ou 212 ± 2 °C (Madeira Thermo-D), durante 2-4 horas, dependendo do produto final que se deseja obter; e (c) resfriamento e reumidificação da madeira a 4-8%.

Do processo de termorreificação resulta-se um material intermediário entre a biomassa e o carvão vegetal (RENDEIRO et al., 2008). Brito et al. (2006) ao compararem o material sólido termorreificado com a madeira em condições normais, relata que a termorreificação fornece características diferenciadas ao corpo vegetal, algumas delas podendo se tornar interessante para aplicações diferenciadas.

O material termorreificado é um produto da pirólise controlada, antes da madeira atingir o grau de carbonização. A pirólise da madeira ocorre em temperaturas que variam entre 200 até 280 °C, em que essa faixa ainda é considerada a fase de reações endotérmicas na madeira. Outro fator importante do processo de termorreificação é a ausência de oxigênio ou a forte deficiência do ar. A partir da temperatura de 280 °C pode ocorrer o inicio da combustão espontânea do material lenhoso, o que resultaria no carvão vegetal (BORGES; QUIRINO, 2004).

2.5 Propriedades e características da madeira termorreificada

Segundo Figueroa (2008), na faixa de temperatura em que se encaixa a termorreificação, ocorre uma decomposição térmica parcial dos constituintes hemicelulose, celulose e lignina, visto que a sua volatilização intensa somente vai acontecer em distintas faixas de temperatura: hemiceluloses entre 200 e 300 °C, celulose entre 240 e 350 °C e lignina entre 250 e 300 °C.

As mudanças desejáveis iniciam aproximadamente aos 150 °C e continuam com o aumento da temperatura (GUNDUZ et al., 2009). Mas, segundo Esteves e Pereira (2008), a temperatura, à qual a degradação começa, depende da massa molecular e cristalinidade dos componentes da madeira.

As alterações são acompanhadas por várias mudanças desejáveis nas propriedades físicas, incluindo a redução da contração e inchamento, diminuição do conteúdo de umidade de equilíbrio, melhora na resistência às intempéries, coloração escura decorativa e superior resistência ao apodrecimento (KORKUT; BEKTAS, 2008).

Algumas propriedades mecânicas são reduzidas, dependendo dos parâmetros, como; temperatura máxima de tratamento, taxa de aquecimento, duração do tratamento à temperatura máxima e umidade. Durante o processo podem ocorrer rachaduras e a estrutura da parede celular pode ser parcialmente degradada, assim, otimizações individuais desses parâmetros podem ser conduzidas separadamente, para cada tipo de madeira, e, até o mesmo tipo tratado em diferentes condições, podendo ter diferenças significantes em sua estrutura celular; portanto, exigindo diferentes condições de tratamento (PONCSAK et al., 2006).

2.6 Ensaio com cupins xilófagos subterrâneos em laboratório

2.6.1 Ensaio de alimentação forçada

A “ American Society for Testing and Materails” - ASTM D - 3345 (2005) descreve o ensaio de eficiência contra cupins. No método utilizado, os cupins subterrâneos, coletados em campo, são mantidos em recipientes contendo areia, cuja a umidade deve ser ajustada, e mantida em todo período de ensaio. Pequenos blocos de madeira de 2,54 x 2,54 x 0,64 cm são expostos à população, com tamanho pré-determinado de cupins subterrâneos (1,00 ± 0,05g), por um periodo de quatro semanas.

Após a primeira e quarta semana, a presença de túneis, a mortalidade e a posição dos cupins no recipiente devem ser registradas. Ao término do ensaio,

além desses dados, cada corpo de prova deve ser examinado e o ataque avaliado com base em um critério subjetivo, que envolve a atribuição de notas.

De acordo com a Associação Francesa de Normalização (AFNOR – NFX 41-539) a avaliação de ensaios deve envolver a perda de massa percentual da madeira durante o ensaio (LEPAGE, 1986).

2.6.2 Ensaio de preferência alimentar

Supriana (1985) apresentou algumas críticas aos métodos normalizados pela ASTM D – 3345 e AFNOR – NFX – 41-539, ao considerar que, quando as madeiras são oferecidas em conjunto aos cupins, os resultados são mais realísticos quando comparado aos que ocorreriam em condições reais de campo.

Assim, alguns pesquisadores e Instituições de Pesquisa passaram a realizar o teste de preferência alimentar. No Brasil, o Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA/CPPF, 1991; 1993) e Rodriguez Bustamante (1993), a exemplo de outros pesquisadores, entre eles Abreu; Silva (2000), Paes et al. (2001; 2002; 2006b), vêm desenvolvendo e empregando ensaios de preferência alimentar de madeiras e derivados a cupins xilófagos do gênero *Nasutitermes* sp.

3. METODOLOGIA

3.1 Procedência e coleta da madeira

As árvores de *Pinus taeda* foram provenientes da região de Jaguariaiva, Estado do Paraná, já as de *Corymbia citriodora* foram da região de Brotas - São Paulo. Foram empregadas árvores com cerca de 18 a 20 anos de idade.

Foram escolhidas árvores mais velhas com o objetivo de diminuir problemas ocasionados com as tensões internas, presente em árvores mais novas, facilitando assim o processo de termorreificação das mesmas.

3.2 Termorreificação das madeiras

O processo de termorreificação foi realizado na Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - ESALQ, Piracicaba - SP. Laboratório de Química, Celulose e Energia - LQCE.

A taxa de aquecimento adotada neste estudo foi de $0,033 \text{ }^\circ\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$, com base nos trabalhos realizados em coníferas e folhosas por Pincelli et al. (2002). Esta taxa de aquecimento foi adotada com objetivo de evitar rachaduras e trincas nas madeiras das espécies em estudo.

O tratamento térmico foi iniciado em temperatura ambiente ($30 \text{ }^\circ\text{C}$) e, o tempo utilizado para o aumento da temperatura até o início da rampa de aquecimento foi de 40 min, sendo necessárias diferentes temperaturas para o início da rampa de aquecimento (T_1), em função das espécies em estudo e, das diferentes faixas de temperatura.

A umidade inicial das amostras de madeira para o tratamento térmico foi de $12 \pm 2\%$. O tempo em que as amostras permanecerão na estufa após atingirem a temperatura final (T_2) da rampa de aquecimento foi chamado de patamar final, com uma variação de mais ou menos $2 \text{ }^\circ\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$ (Tabela 1). Com o término do processo de tratamento térmico, apenas o sistema de circulação de ar da estufa permanece ligado, até que a mesma atingisse temperatura de $30 \text{ }^\circ\text{C}$.

Tabela 1 - Temperaturas iniciais e finais da rampa de aquecimento para cada faixa de temperatura de termorreificação

Espécie	Temperatura (Inicial - Final)	Temperaturas e Patamares Finais (°C)					
		160	180	200	220	240	260
<i>C. citriodora</i>	T1	120	110	110	105	105	–
	T2	180	190	210	225	245	–
<i>Pinus taeda</i>	T1	110	110	105	105	105	105
	T2	170	190	205	225	245	265

O processo de termorreificação da madeira foi realizado em sete faixas de temperatura. Para cada faixa o tratamento térmico foi realizado com três repetições (Tabela 2).

Tabela 2 - Temperaturas utilizadas no processo de termorreificação

Espécie	Faixas de temperatura (°C)						
	160	180	200	220	240	260	280
<i>Pinus taeda</i>	160	180	200	220	240	260	280
<i>C. citriodora</i>	160	180	200	220	240	260	-

Para realização do processo de termorreificação foram utilizados sete blocos de madeira com dimensões de 6 x 16 x 56 cm, sendo os mesmos dispostos em uma caixa de metal com tampa e, separados entre si com duas barras de ferro de 1 cm de diâmetro. Este acondicionamento foi realizado para que houvesse circulação de gases em todo o entorno da madeira. Além disso, foi injetado gás nitrogênio na caixa com objetivo de evitar a oxidação da madeira.

A estufa com circulação de ar, caixa de metal, e o sistema de aquisição de dados “Agilent” utilizados no processo de termorreificação são apresentadas na Figura 1.



Figura 1 - Equipamentos e sistema de aquisição de dados para termorreificação.

Com o objetivo de garantir a homogeneidade do tratamento térmico na caixa de termorreificação, a temperatura no interior dos blocos de madeiras foi monitorada por cinco termopares, que foram dispostos no primeiro e no sexto bloco de madeira, dos sete existentes, contando de cima para baixo, os quais foram chamados de: “bloco superior” e “bloco inferior”. Foram utilizados cinco termopares do tipo K, ligados ao sistema de aquisição de dados “Agilent”. A profundidade de instalação dos termopares foi de 3 cm, posicionando dois deles à distância de 3 cm das extremidades do bloco de madeira, e um no centro, todos com 8 cm de distância em relação à largura do bloco de madeira (Figura 2).

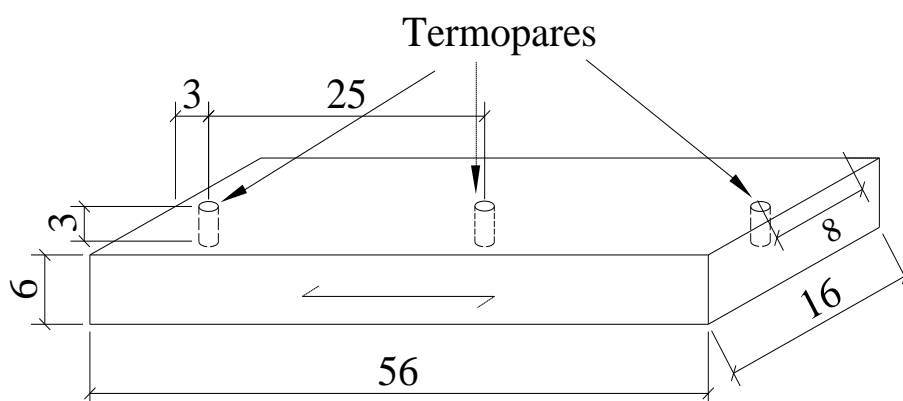


Figura 2 - Posição dos termopares nos blocos de madeira.

Foram utilizados três termopares no bloco superior e dois no inferior. Contudo, as posições dos termopares foram definidas como; frente bloco superior, quando disposto próximo à tampa de entrada; meio bloco superior, quando alocado no centro do bloco de madeira; fundo bloco superior, quando próximo ao fundo da caixa de termorretilificação; frente bloco inferior, quando distribuído próximo à tampa de entrada; e meio bloco inferior, quando no centro do bloco de madeira.

3.3 Ensaios com cupins xilófagos subterrâneos em laboratório

Para avaliar a resistência biológica das madeiras termorretilificadas foram desenvolvidos ensaios de alimentação forçada e de preferência alimentar. Para tanto, foram confeccionados corpos de prova com dimensões de 2,54 x 0,64 x 2,54 cm (radial x tangencial x longitudinal), ensaio de alimentação forçada, e de 2,54 x 0,64 x 10,16 (radial x tangencial x longitudinal), ensaio de preferência alimentar.

Com o objetivo de facilitar a análise visual do ataque dos organismos xilófagos empregados, as amostras tiveram suas superfícies lixadas para eliminar defeitos e tornar as faces planas e paralelas.

3.3.1 Ensaio de alimentação forçada

O ensaio foi executado de acordo com a ASTM D – 3345 (2005), que padroniza o teste de resistência de madeiras e de outros materiais celulósicos quando submetidos a ataque de cupins subterrâneos, em condições de laboratório. Com o objetivo de facilitar a coleta dos cupins e a montagem do experimento, utilizaram-se algumas modificações propostas por Paes (1997), o ensaio foi preparado em frascos de 400 mL, e preenchido com 200g de areia esterilizada à temperatura de 130 ± 2 °C, durante 48 horas.

Para a análise da resistência da madeira a cupins subterrâneos em laboratório, os corpos de prova destinados ao ensaio foram secos em estufa à temperatura de 103 ± 2 °C, por 48 horas. Após esfriarem, foram pesados para obter a massa anidra dos mesmos. Os corpos de prova foram transferidos para os frascos e adicionados aos mesmos 37 mL de água destilada (para que a

areia atingisse 75% da capacidade de retenção de água) e $1,00 \pm 0,05$ g do cupim subterrâneo *Nasutitermes* sp., equivalente a ± 350 indivíduos, sendo 88% de operários e 12% de soldados (proporção existente na colônia).

Após a adição dos cupins, os frascos foram levemente tampados, com o objetivo de permitir a aeração dos mesmos. Sendo dez repetições para cada tratamento. As amostras ficaram em uma sala climatizada ($25 \pm 2^\circ\text{C}$ e $70 \pm 5\%$ de umidade relativa), por 28 dias (Figura 3).



Figura 3 - Ensaio de alimentação forçada.

Para analisar a eficiência da termorreificação, foram computados a perda de massa (%), o desgaste provocado pelos cupins nos corpos de prova (Tabela 3) e o número de dias para a morte dos cupins. A perda de massa foi corrigida por meio de amostras submetidas às mesmas condições de ensaio, porém sem a presença de cupins.

Tabela 3 – Avaliação do desgaste provocado pelos cupins aos corpos de prova

Tipos de Desgaste	Nota
Sadio, possuindo escarificações superficiais	10
Ataque superficial	9
Ataque moderado, havendo penetração	7
Ataque intenso	4
Falha, havendo ruptura dos corpos de prova	0

Fonte: ASTM D - 3345 (2005).

3.3.2 Ensaio de preferência alimentar

Para o ensaio, foram seguidas as recomendações de Paes et al. (2007; 2010; 2011). Para tanto, os corpos de prova foram dispostos em uma caixa de 250 litros, que continha uma camada de ± 10 cm de areia úmida. A caixa foi apoiada em quatro blocos cerâmicos, sendo estes dispostos em bandejas de metal contendo água, para evitar a fuga dos cupins (Figura 4).



Figura 4 – Ensaio de preferência alimentar.

As amostras foram distribuídas na caixa, segundo um delineamento em blocos casualizados, contendo 10 blocos (repetições) e 13 tratamentos. O espaçamento foi de 5,6 cm entre blocos e de 4,5 cm entre os tratamentos, tendo os corpos de prova sido fixados na areia até 1/3 do seu comprimento (Figura 5).



Figura 5 - Distribuição dos corpos de prova no ensaio de preferência alimentar.

A colônia de cupins utilizada foi coletada no município de Jerônimo Monteiro, ES, disposta em grades plásticas e apoiadas sobre blocos de madeira resistentes a cupins e postos sobre a camada de areia contida na caixa, em que estava montado o experimento.

As amostras ficaram expostas à ação do térmita *Nasutitermes* sp. durante 45 dias, em uma sala climatizada ($25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ e $70 \pm 5\%$ de umidade relativa). Após o término do ensaio, os corpos de prova foram secos, e novamente pesados para avaliar a porcentagem de perda de massa sofrida pelas amostras, em virtude do ataque dos cupins. Da mesma forma que o ensaio de alimentação forçada a perda de massa foi corrigida.

3.4 Avaliação dos resultados

Para a comparação da resistência das madeiras de *Corymbia citriodora* e *Pinus taeda* termoretificadas aos cupins, submetidas ao ensaio de alimentação forçada, empregou-se uma avaliação estatística, seguindo-se o delineamento inteiramente casualizado, para avaliação do efeito da temperatura para cada madeira estudada. Já para o de preferência alimentar, empregou-se um delineamento em blocos casualizados, tendo sido comparados os efeitos dos blocos e temperaturas de termoretificação.

Para as análises de variância, segundo o recomendado por Steel e Torrie (1980), os valores em porcentagem de perda de massa foram transformados em arcsen [raiz (perda de massa/100)] e os do desgaste (nota) e número de dias em raiz [(nota ou dias) + 0,5]. Para a avaliação dos ensaios foi empregado o teste de Tukey a 5% de significância para os fatores significativos pelo teste de F.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Ensaio de alimentação forçada

Nas Tabelas 4 e 5 constam os resumos das análises de variância para perda de massa, mortalidade e desgaste para as madeiras de *Corymbia citriodora* e *Pinus taeda* submetidas ao ensaio de alimentação forçada com cupins do gênero *Nasutitermes* sp.

Tabela 4 - Resumo das análises de variância para a perda de massa, mortalidade e desgaste da madeira de *Corymbia citriodora* submetida ao cupim *Nasutitermes* sp. Dados transformados em arcsen [raiz (perda de massa/100)] e raiz [(nota ou dias) + 0,5], respectivamente

Fonte de Variação	Grau de Liberdade	Quadrados Médios		
		Perda de Massa (%)	Mortalidade (Dias)	Desgaste (Nota)
Tratamento	5	0,020**	0,750**	0,040*
Resíduo	54	4×10^{-4}	0,100	0,010
Total	59	-	-	-

** Significativo a 1% ($p < 0,01$); * Significativo a 5% ($0,01 < p < 0,05$) pelo teste de F.

Tabela 5 - Resumo das análises de variância para a perda de massa, mortalidade e desgaste da madeira de *Pinus taeda* submetida ao cupim *Nasutitermes* sp. Dados transformados em arcsen [raiz (perda de massa/100)] e raiz [(nota ou dias) + 0,5], respectivamente

Fonte de Variação	Grau de Liberdade	Quadrados Médios		
		Perda de Massa (%)	Mortalidade (Dias)	Desgaste (Nota)
Tratamento	6	0,020**	0,230**	0,260**
Resíduo	63	2×10^{-3}	0,070	0,010
Total	69	-	-	-

** Significativo a 1% ($p < 0,01$) pelo teste de F.

Nas Tabelas 6 e 7 e Figuras 6 a 11, encontram-se os valores médios para a perda de massa (%), desgaste (nota) e mortalidade (dias) para as

temperaturas de termorreificação e madeiras de *Corymbia citriodora* e *Pinus taeda*.

Tabela 6 - Comparação entre médias para a perda de massa (%), desgaste (nota) e mortalidade (dias), para a madeira de *Corymbia citriodora* termorreificada, causada pelo cupim *Nasutitermes* sp.

Temperatura de Termorreificação (°C)	Perda de Massa (%)	Desgaste (Nota)	Mortalidade (Dias)
1 - 100	2,24 ± 0,03 b	9,34 ± 0,37 a	14,40 ± 2,46 b
2 - 160	3,20 ± 0,02 a	8,86 ± 0,45 ab	20,10 ± 4,15 a
3 - 180	2,10 ± 0,03 b	8,84 ± 1,18 ab	13,40 ± 2,27 b
4 - 200	1,92 ± 0,02 b	8,82 ± 0,35 ab	15,30 ± 2,71 b
5 - 220	0,80 ± 0,01 c	8,40 ± 0,83 b	15,10 ± 1,37 b
6 - 240	0,41 ± 0,01 d	8,28 ± 0,65 b	14,90 ± 1,45 b

As médias seguidas por uma mesma letra, em cada seção, não diferem entre si (Tukey; $p \geq 0,05$).

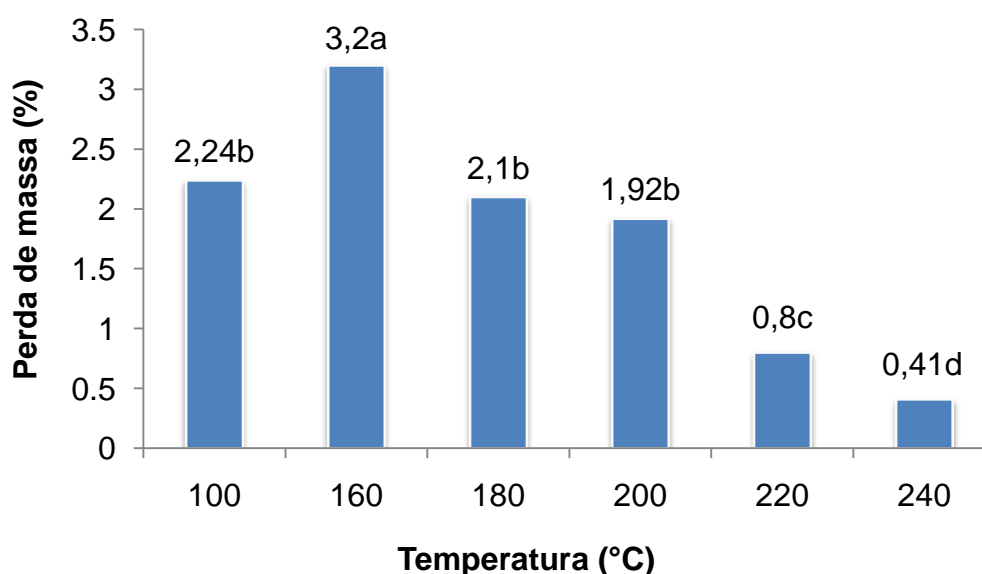


Figura 6 - Comparação entre médias para a perda de massa (%), para a madeira de *Corymbia citriodora* termorreificada, causada pelo cupim *Nasutitermes* sp.

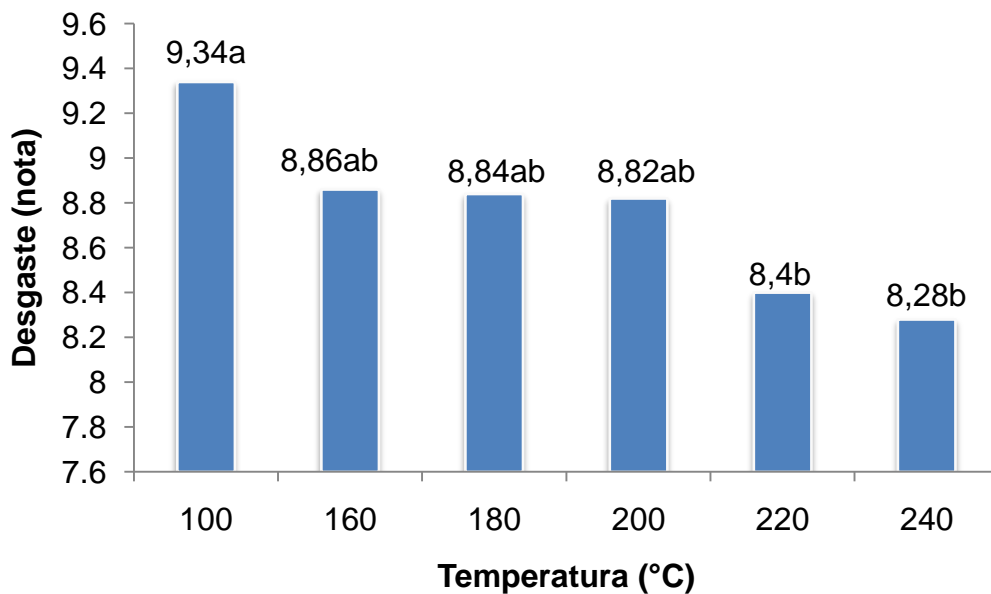


Figura 7 - Comparação entre médias para o desgaste (nota), para a madeira de *Corymbia citriodora* termorretificada, causada pelo cupim *Nasutitermes* sp.

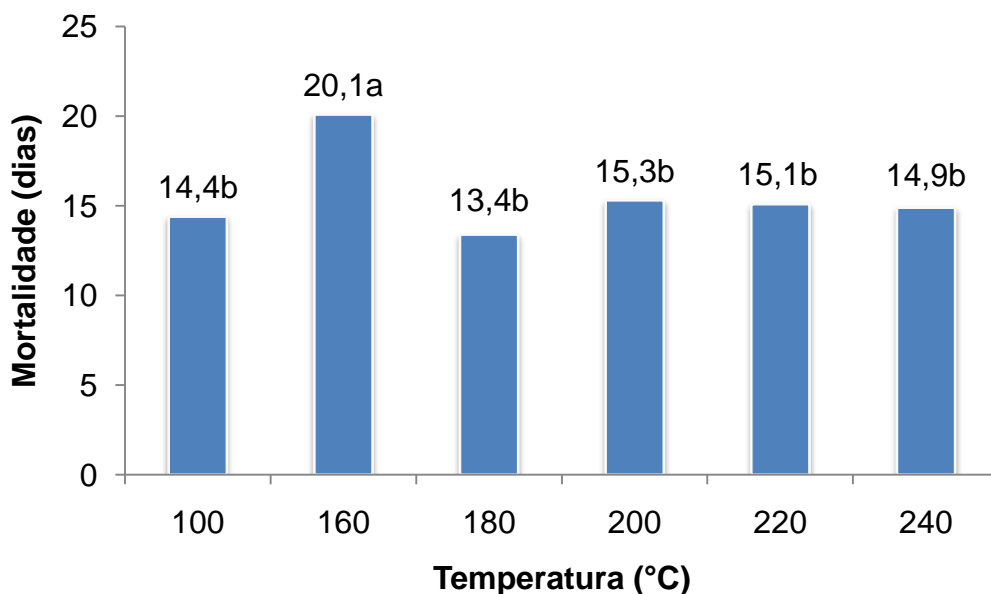


Figura 8 - Comparação entre médias para a mortalidade (dias), para a madeira de *Corymbia citriodora* termorretificada, causada pelo cupim *Nasutitermes* sp.

Observa-se na Tabela 6 e Figuras 6, 7 e 8, que a menor perda de massa foi observada na temperatura 6 (240 °C), sendo esta a temperatura que

proporcionou um menor ataque dos cupins na madeira de *Corymbia citriodora*. Comportamento semelhante foi observado para o desgaste e número de dias para a mortalidade dos cupins.

A maior perda de massa foi obtida na temperatura 2 (160°C). Esta mesma temperatura apresentou um desgaste semelhante ao proporcionado pelo controle (100 °C), sendo esta temperatura em que os cupins permaneceram vivos por um período maior, assim a temperatura 2 não deve ser recomendada para a termorreificação da madeira de *Corymbia citriodora*, a fim de melhorar sua resistência biológica a térmitas.

Ao confrontar a temperatura 2 (160°C) e a 6 (240°C), observa-se que, apesar da perda de massa ter sido menor na temperatura 6 o desgaste apresentou uma nota menor que na temperatura 2. Isto não foi proporcional com a perda de massa, o que pode ser explicado em função da termorreificação em que a madeira perde massa, ficando menos densa, assim o cupim pode ter removido mais material, porém este apresentou uma massa menor ou por causa da subjetividade dos dados de desgaste (nota) avaliados como o indicado pela ASTM D - 3345 (2005), que pode ter causado dificuldades de avaliação.

Tabela 7 - Comparação entre médias para a perda de massa (%), desgaste (nota) e mortalidade (dias), para a madeira de *Pinus taeda* termorreificada, causada pelo cupim *Nasutitermes* sp.

Temperatura de Termorreificação (°C)	Perda de Massa (%)	Desgaste (Nota)	Mortalidade (Dias)
1 - 100	3,86 ± 0,02 ab	9,26 ± 0,35 a	16,60 ± 2,17 a
2 - 160	5,31 ± 0,14 a	9,10 ± 0,44 a	14,90 ± 2,60 ab
3 - 180	3,88 ± 0,01 ab	8,82 ± 0,88 a	15,5 ± 2,17 ab
4 - 200	2,96 ± 0,01 ab	9,20 ± 0,31 a	13,0 ± 2,45 b
5 - 220	2,69 ± 0,01 ab	8,64 ± 0,43 a	15,60 ± 0,70 ab
6 - 240	2,12 ± 0,01 b	7,26 ± 0,73 b	15,30 ± 1,06 ab
7 - 260	0,59 ± 0,01 c	6,96 ± 0,78 b	14,20 ± 2,04 ab

As médias seguidas por uma mesma letra, em cada seção, não diferem entre si (Tukey; $p \geq 0,05$).

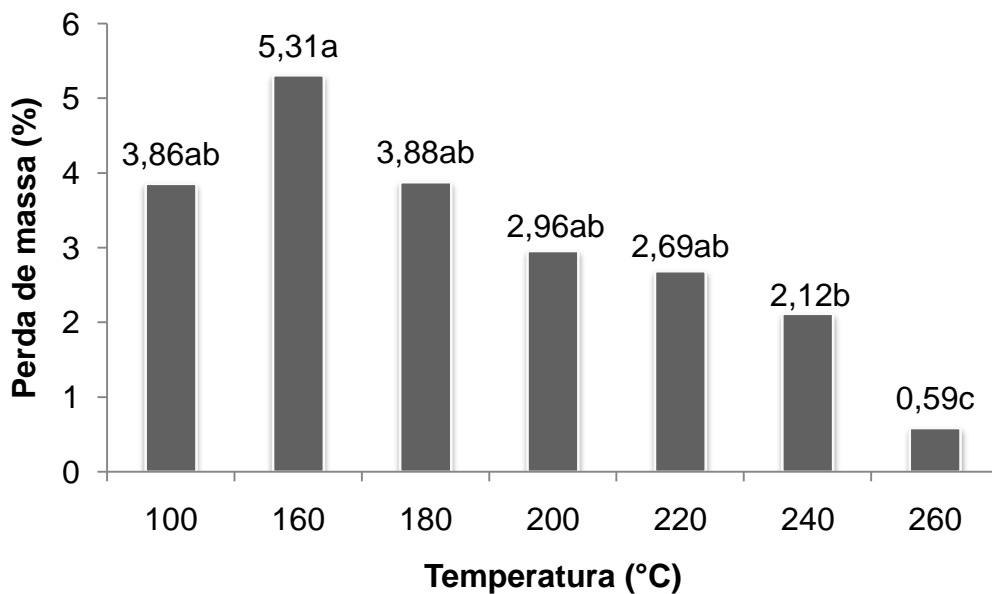


Figura 9 - Comparação entre médias para a perda de massa (%), para a madeira de *Pinus taeda* termorretificada, causada pelo cupim *Nasutitermes* sp.

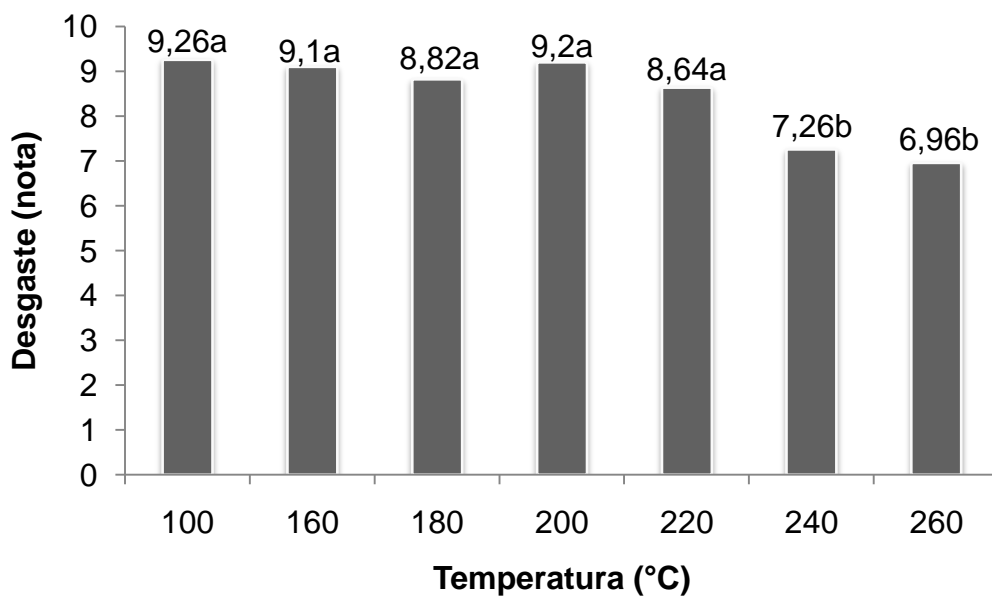


Figura 10 - Comparação entre médias para o desgaste (nota), para a madeira de *Pinus taeda* termorretificada, causada pelo cupim *Nasutitermes* sp.

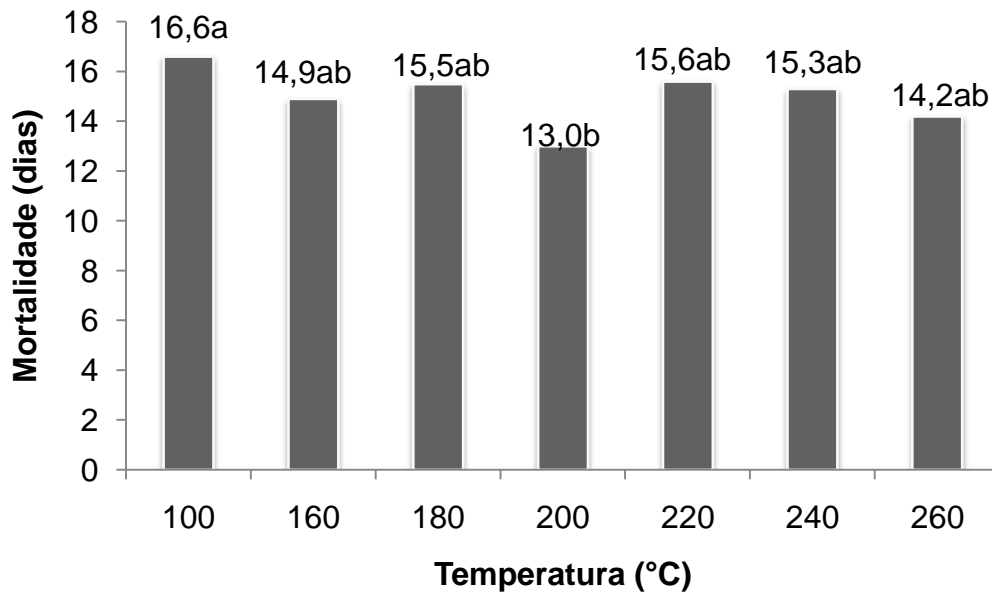


Figura 11 - Comparação entre médias para a mortalidade (dias), para a madeira de *Pinus taeda* termorretificada, causada pelo cupim *Nasutitermes* sp.

Nota-se na Tabela 7 e Figuras 9, 10 e 11 que a menor perda de massa foi a da temperatura 7 (260 °C), sendo 6,54 vezes menor que a perda de massa do controle (100 °C). Esperava-se que a temperatura 7 apresentasse a maior nota de desgaste, porém este teve a menor nota entre todos os tratamentos estudados. Isto pode ter ocorrido pelos mesmos motivos já elucidados para a madeira de *Corymbia citriodora*.

O maior valor de perda de massa foi obtido na temperatura 2 (160 °C) que foi 1,37 vezes maior que o valor de perda de massa encontrado no controle (100 °C), sendo considerado o pior tratamento para a madeira de *Pinus taeda*, porém não diferindo estatisticamente da perda de massa do controle, o que implica que o processo de termorretificação não seria viável, este também apresentou um desgaste de 9,1 e uma mortalidade total aos 15 dias.

As demais temperaturas não diferiram estatisticamente do controle (100 °C), tendo a temperatura 3 (180 °C) apresentado uma perda de massa de 3,88%, a temperatura 4 (200 °C) de 2,96%, a temperatura 5 (220 °C) de 2,69% e a temperatura 6 (240 °C) de 2,12%, mostrando que o processo de termorretificação não foi eficiente, não tendo assim justificativa para ser realizado para o aumento da resistência ao térmita *Nasutitermes* sp.

Na Tabela 8 consta a comparação entre as espécies *Pinus taeda* e *Corymbia citriodora* para as temperaturas de termorreificação utilizadas. Observa-se que a interação entre espécie e temperatura de termorreificação foi significativa para o desgaste (nota) e mortalidade (dias). O efeito isolado da temperatura e espécie (perda de massa) e as interações entre espécie e temperaturas, (desgaste e mortalidade) foram significativas. O efeito da temperatura e espécie e o desdobramento das interações entre espécie e temperatura foram analisados pelo teste de Tukey a 5% de significância (Tabelas 9 e 10).

Tabela 8 - Resumo das análises de variância para a perda de massa, mortalidade e desgaste das madeiras de *Corymbia citriodora* e *Pinus taeda*. Dados transformados em arcsen [raiz (perda de massa/100)] e raiz [(nota ou dias) + 0,5]

Fonte de Variação	Grau de Liberdade	Quadrados Médios		
		Perda de massa (%)	Mortalidade (Dias)	Desgaste (Nota)
Espécie (Esp)	1	0,089 **	0,050 ^{ns}	0,002 ^{ns}
Temperatura (Temp)	5	0,115 **	0,390**	0,165**
Esp x Temp	5	0,107 ^{ns}	0,610**	0,039**
Resíduo	108	0,142	0,080	0,012
Total	119	-	-	-

** Significativo a 1% ($p < 0,01$); ns não significativo a 5% ($p > 0,05$) pelo teste de F.

Com base na perda de massa (Tabela 9), pode-se afirmar que a madeira de *Pinus taeda* foi menos resistente que a do *Corymbia citriodora*. A temperatura de termorreificação que conferiu às madeiras uma maior resistência aos térmitas (menor perda de massa) foi a de 240 °C, a qual não diferiu da perda de massa das amostras submetidas à temperatura de 220 °C. As temperaturas de 160 e 180 °C apresentaram perdas de massa semelhantes ao controle (100 °C). A temperatura de 200 °C proporcionou às madeiras um comportamento intermediário ao observado para as temperaturas de 100, 180 e 220 °C.

Para o desgaste (Tabela 10) observou-se que somente na temperatura de 240°C as espécies diferiram estatisticamente, tendo a madeira de pinus sido

mais atacada pelos térmitas. Para a madeira de pinus, a temperatura de 240 °C foi aquela que proporcionou um maior ataque dos térmitas. O mesmo ocorrendo para as temperaturas de 220 e 240 °C para a madeira de *Corymbia citriodora*. Porém, para esta madeira as temperaturas de 160, 180 e 200 °C apresentaram comportamento intermediário entre a madeira mais atacada e a menos atacada, 100 °C (controle). A discrepância entre os valores de perda de massa e os de desgaste pode ser explicada em função da termorreificação e da massa de material removido pelos térmitas.

Tabela 9 - Comparação entre médias para a perda de massa (%), para as madeira de *Corymbia citriodora* e *Pinus taeda*, termorreificadas, causada pelo cupim *Nasutitermes* sp.

Temperatura de Termorreificação (°C)	Perda de Massa (%)	Perda de Massa (%)	
		C. citriodora	Pinus taeda
1 - 100	3,05 ab	1,78 B	3,47 A
2 - 160	4,26 a		
3 - 180	3,00 ab		
4 - 200	2,44 bc		
5 - 220	1,74 cd		
6 - 240	1,27 d		

As médias seguidas por uma mesma letra, minúscula na vertical ou maiúscula na horizontal, dentro de cada parâmetro, não diferem entre si (Tukey; $p \geq 0,05$).

Tabela 10 - Comparação entre médias para o desgaste (nota) e mortalidade (dias) para as madeira de *Corymbia citriodora* e *Pinus taeda*, termorreificadas, causada pelo cupim *Nasutitermes* sp.

Temperatura de Termorreificação (°C)	C. citriodora		Pinus taeda	
	Desgaste (Nota)	Mortalidade (Dias)	Desgaste (Nota)	Mortalidade (Dias)
1 - 100	9,36 Aa	14,40 Bb	9,26 Aa	16,60 Aa
2 - 160	8,86 Aab	20,10 Aa	9,10 Aa	14,90 Bb
3 - 180	8,84 Aab	13,40 Bc	8,82 Aa	15,50 Ab
4 - 200	8,82 Aab	15,30 Ab	9,20 Aa	13,00 Bc
5 - 220	8,40 Ab	15,10 Ab	8,64 Aa	15,60 Aab
6 - 240	8,28 Ab	14,90 Ab	7,26 Bb	15,30 Ab

As médias seguidas por uma mesma letra, minúscula na vertical ou maiúscula na horizontal, dentro de cada parâmetro, não diferem entre si (Tukey; $p \geq 0,05$).

Quanto ao número de dias para a morte dos cupins (Tabela 10), as temperaturas de 220 e 240 °C proporcionaram resistências semelhantes para ambas as madeiras estudadas. Para as temperaturas de 160 e 220 °C a resistência da madeira de *Corymbia citriodora* foi maior que a de *Pinus taeda*. No entanto, para as temperaturas de 100 (controle) e 180 °C a madeira de pinus foi mais resistente.

Para a madeira de *Corymbia citriodora* as amostras termorretificadas a 180 °C foram aquelas que causaram a morte mais rápida dos cupins e nas amostras tratadas a 160 °C os cupins permaneceram vivos por um maior período de tempo. As amostras tratadas a 100, 200, 220 e 240 °C apresentaram comportamento semelhante quanto à mortalidade dos cupins. Para a madeira de *Pinus taeda*, as amostras tratadas na temperatura de 200 °C proporcionaram a morte mais rápida dos cupins. As temperaturas de 100 e 220 °C apresentaram efeito semelhante. Porém o tempo para a morte dos cupins proporcionado pelas amostras tratadas na temperatura de 220 °C não diferiram das tratadas a 160, 180 e 240 °C. De modo geral, a temperatura de 240 °C proporcionou às amostras de ambas as madeiras, melhor resistência aos térmitas.

4.2 Ensaio de preferência alimentar

Nas Tabelas 11 e 12 constam os resumos das análises de variância para perda de massa e desgaste para as madeiras de *Corymbia citriodora* e *Pinus taeda* submetidas ao ensaio de preferência alimentar com cupins do gênero *Nasutitermes*. Observa-se que para as madeiras de *Corymbia citriodora* e *Pinus taeda* tanto a perda de massa quanto o desgaste foram significativos pelo teste de F. As médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância (Tabelas 13 e 14 e Figuras 12 a 15).

No Brasil, pouco se conhece a respeito do comportamento da madeira das espécies do gênero *Eucalyptus* (*Corymbia*), em relação à resistência ao ataque de cupins. Poucos estudos foram desenvolvidos e os resultados revelaram que algumas espécies são mais susceptíveis a tais insetos que outras, mas, no geral, todas apresentaram resistência natural variando de baixa a moderada (PAES; VITAL, 2000; REVISTA DA MADEIRA, 2003).

Tabela 11 - Resumo das análises de variância para a perda de massa e desgaste da madeira de *Corymbia citriodora*. Dados transformados em arcsen [raiz (perda de massa/100)] e raiz [(nota) + 0,5]

Fonte de Variação	Grau de Liberdade	Quadrados Médios	
		Perda de Massa (%)	Desgaste (Nota)
Tratamento	5	0,14**	1,71**
Resíduo	54	0,01	0,93
Total	59	-	-

** Significativo a 1% ($p < 0,01$) pelo teste de F.

Tabela 12 - Resumo das análises de variância para a perda de massa e desgaste da madeira de *Pinus taeda*. Dados transformados em arcsen [raiz (perda de massa/100)] e raiz [(nota) + 0,5]

Fonte de Variação	Grau de Liberdade	Quadrados Médios	
		Perda de Massa (%)	Desgaste (Nota)
Tratamento	6	0,09**	2,00**
Resíduo	63	0,02	0,20
Total	69	-	-

** Significativo a 1% ($p < 0,01$) pelo teste de F.

Tabela 13 - Comparação entre médias para a perda de massa (%) e desgaste (nota) para a madeira de *Corymbia citriodora* termorretrificada, causada pelo cupim *Nasutitermes* sp.

Temperatura de termorretrificação (°C)	Perda de massa (%)	Desgaste (Nota)
1 – 100	2,04 ± 1,04 bc	9,76 ± 0,34 a
2 – 160	14,78 ± 14,18 a	4,48 ± 2,08 c
3 – 180	6,35 ± 9,08 ab	6,72 ± 2,48 b
4 – 200	2,87 ± 3,06 bc	9,30 ± 0,60 a
5 – 220	0,20 ± 0,16 c	9,74 ± 0,13 a
6 – 240	0,10 ± 0,07 c	9,02 ± 0,29 a

As médias seguidas por uma mesma letra, em cada seção, não diferem entre si (Tukey; $p \geq 0,05$).

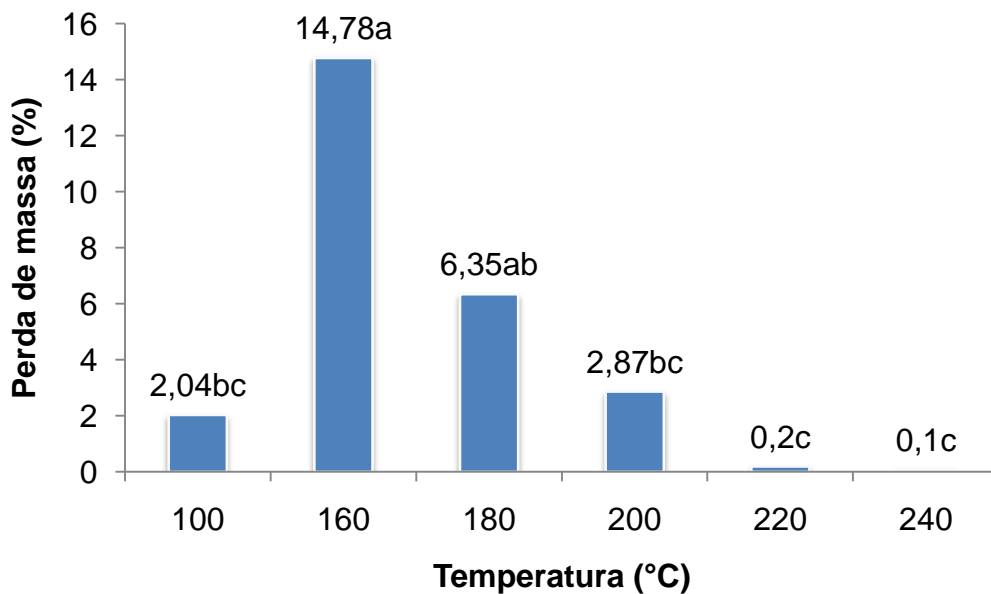


Figura 12 - Comparação entre médias para a perda de massa (%) para a madeira de *Corymbia citriodora* termorretrificada, causada pelo cupim *Nasutitermes* sp.

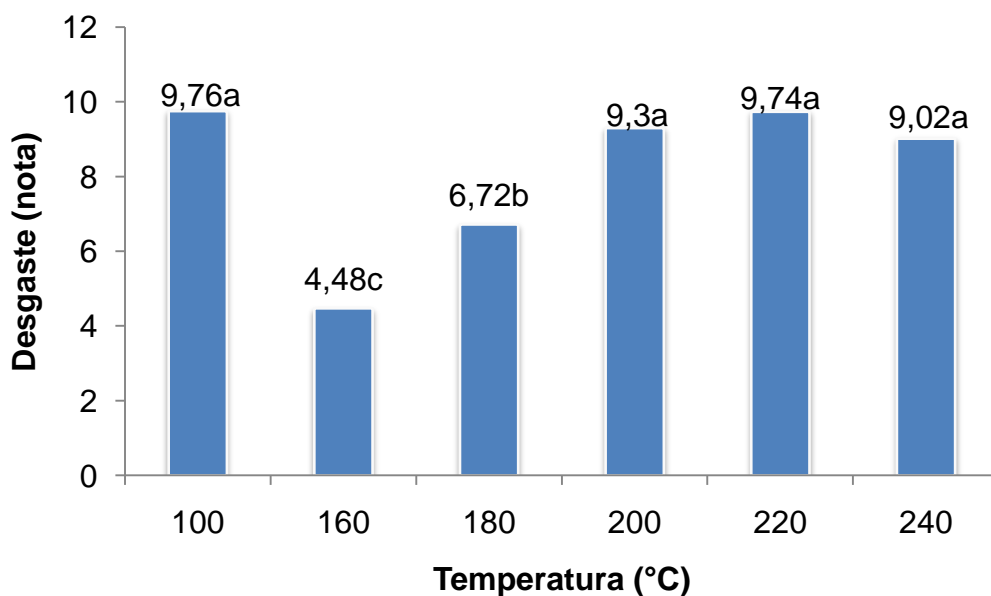


Figura 13 - Comparação entre médias para o desgaste (nota) para a madeira de *Corymbia citriodora* termorretrificada, causada pelo cupim *Nasutitermes* sp.

Ao verificar a Tabela 13 e Figuras 12 e 13, observa-se que o *Corymbia citriodora* não apresentou grandes valores de perda de massa exceto para a temperatura 2 (160°C) que sofreu perda de 14,78% de sua massa inicial e

consequentemente a menor nota, o que implica em um maior desgaste da madeira, assim esta foi considerada a pior temperatura, mas não diferindo estatisticamente da temperatura 3 (180°C), que apresentou 6,35% de perda de massa. Já a melhor temperatura foi a 6 (240°C), que apresenta a menor perda de massa, porém, não diferindo estatisticamente das temperaturas 5 (220 °C), 4 (200 °C) e 1 (100 °C).

Como observado, a madeira termorretificada de *Corymbia citriodora* não apresentou grandes perdas de massa, o que pode estar relacionada à espécie utilizada, que apresenta uma resistência natural elevada quando comparada com outras espécies de crescimento rápido. A resistência da madeira está relacionada com a massa específica e, principalmente, teor de extrativos, permitindo concluir que, quanto mais elevados forem a massa específica e, principalmente, o teor de extrativos, mais reduzido será o desgaste provocado pelos cupins (REVISTA DA MADEIRA, 2003).

Observa-se também que a temperatura 6 (240°C) apresentou um desgaste maior que o controle visto que quanto menor a nota maior o desgaste causado pelo cupim no corpo de prova, mas a perda de massa foi maior no controle que na temperatura 6 (240°C). Isto pode ter ocorrido por causa do processo de termorretificação em que a madeira perde massa, ficando menos densa, assim o cupim pode ter consumido mais material da madeira, porém o material consumido apresenta uma massa menor ou em função de erros de interpretação causada pela subjetividade dos dados de desgaste (nota) avaliados como o indicado pela ASTM D - 3345 (2005). A mesma situação foi encontrada na Tabela 13 quando comparado o controle com o tratamento 2 (160°C).

As análises da Tabela 14 e Figuras 14 e 15 permitem afirmar que a pior temperatura foi o 4 (200°C) que apresentou uma perda de massa de 17,21%, porém não diferindo estatisticamente das temperaturas 3 (180°C) e 5 (220°C), que apresentaram 6,45% e 3,16% de perda de massa, respectivamente. A melhor temperatura foi a 2 (160°C) com uma perda de massa de 0,42% mas não diferiu estatisticamente das temperaturas 1 (controle), 3; 5; 6 e 7 que apresentaram 2,00; 6,45; 3,16; 1,08 e 0,55% de perda de massa, respectivamente.

Tabela 14 - Comparação entre médias para a perda de massa (%) e desgaste (nota) para a madeira de *Pinus taeda*, termorretificadas, causada pelo cupim *Nasutitermes* sp.

Temperatura de Termorretificação (°C)	Perda de Massa (%)	Desgaste (Nota)
1 - 100	2,01 ± 2,95 b	9,28 ± 0,63 ab
2 - 160	0,42 ± 0,53 b	9,00 ± 1,01 ab
3 - 180	6,45 ± 6,42 ab	4,76 ± 2,41 c
4 - 200	17,21 ± 25,85 a	5,52 ± 4,07 c
5 - 220	3,16 ± 3,96 ab	6,26 ± 2,80 bc
6 - 240	1,08 ± 0,88 b	10,00 ± 0,00 a
7 - 260	0,55 ± 0,36 b	10,00 ± 0,00 a

As médias seguidas por uma mesma letra, em cada seção, não diferem entre si (Tukey; $p \geq 0,05$).

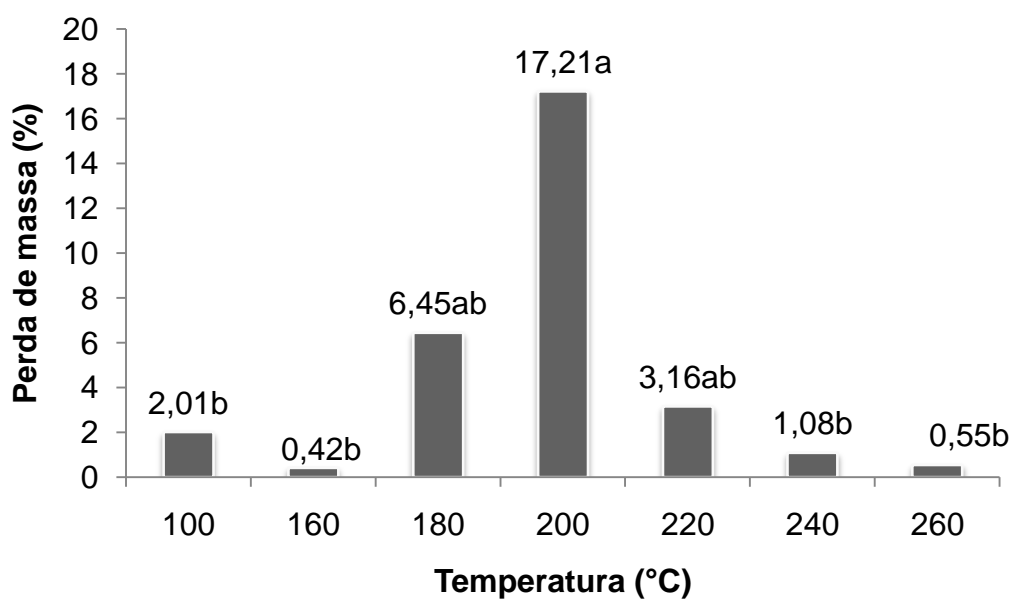


Figura 14 - Comparação entre médias para a perda de massa (%) para a madeira de *Pinus taeda* termorretificada, causada pelo cupim *Nasutitermes* sp.

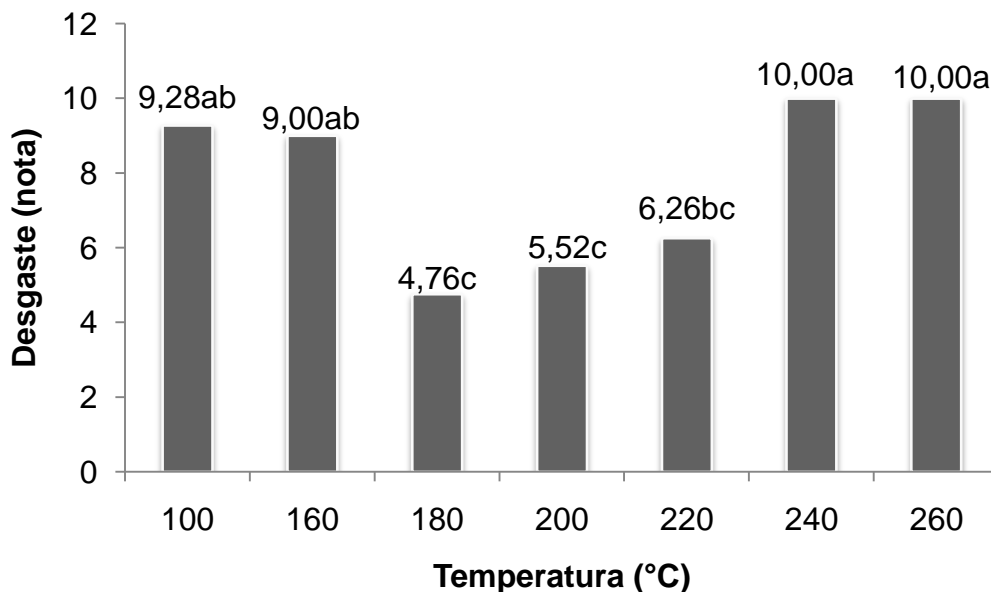


Figura 15 - Comparação entre médias para o desgaste (nota) para a madeira de *Pinus taeda* termorretificada, causada pelo cupim *Nasutitermes* sp.

Ao compararem os dados de perda de massa com de desgaste (Tabela 14), observaram-se algumas discrepâncias em que as maiores perdas de massa não correspondem aos maiores desgastes. Isto se deve aos mesmos motivos citados anteriormente, relacionados à subjetividade dos dados e ao processo de termorretificação.

Na Tabela 16 consta a comparação entre as espécies *Pinus taeda* e *Corymbia citriodora* para as temperaturas de termorretificação utilizadas. Observa-se que a interação entre espécie e temperatura de termorretificação foi significativa (Tabela 15). A mesma foi desdobrada e analisada pelo teste de Tukey a 5% de significância (Tabela 16).

Na Tabela 16 nota-se que a madeira de *Pinus taeda* apresentou uma resistência maior que a do *Corymbia citriodora* quando termorretificadas a temperatura de 160°C. No entanto, a madeira de *Corymbia citriodora* se mostrou mais resistente que a do *Pinus taeda* quando termorretificadas a temperatura de 200°C, pois estes foram os únicos tratamentos em que as médias da perda de massa diferiram estatisticamente a de 5% de significância.

Para o desgaste somente na temperatura de 100 °C (controle) as médias não diferiram estatisticamente. Já para as demais temperaturas de termorreificação as médias diferiram estatisticamente, sendo maiores para o *Pinus taeda* nas temperaturas de 160 e 240°C e para o *Corymbia citriodora* nas temperaturas de 180, 200 e 220 °C.

Tabela 15 - Resumo das análises de variância para os resultados de perda de massa, mortalidade e desgaste da madeira de *Corymbia citriodora* e *Pinus taeda*. Dados transformados em arcsen [raiz (perda de massa/100)] ou raiz [(nota ou dias) + 0,5]

Fonte de Variação	Grau de Liberdade	Quadrados Médios	
		Perda de Massa (%)	Desgaste (Nota)
Espécie (Esp)	1	0,44 x 10 ^{-3ns}	0,164 ^{ns}
Temperatura (Temp)	5	0,109**	1,461**
Esp x Temp	5	0,135**	4,330**
Resíduo	108	0,020	0,168
Total	119	-	-

** Significativo a 1% (p < 0,01); ns não significativo a 5% (p > 0,05) pelo teste de F.

Tabela 16 - Comparação entre médias para a perda de massa (%) e desgaste (nota) para as madeiras de *Corymbia citriodora* e *Pinus taeda* termorreificadas, causada pelo cupim *Nasutitermes* sp.

Temperatura de Termorreificação (°C)	C. citriodora		Pinus taeda	
	Perda de Massa (%)	Desgaste (Nota)	Perda de Massa (%)	Desgaste (Nota)
1 - 100	2,04 Abc	9,76 Aa	2,01 Ab	9,28 Aa
2 - 160	14,78 Aa	4,48 Bcd	0,42 Bb	9,00 Aab
3 - 180	6,35 Aab	6,72 Abc	6,45 Aab	4,76 Bc
4 - 200	2,87 Bbc	9,30 Aab	17,21 Aa	5,52 Bc
5 - 220	0,20 Abc	9,74 Aa	3,16 Aab	6,26 Bbc
6 - 240	0,10 Ac	9,02 Bd	1,08 Ab	10,00 Aa

As médias seguidas por uma mesma letra, minúscula na vertical ou maiúscula na horizontal, dentro de cada parâmetro, não diferem entre si (Tukey; p ≥ 0,05).

Para a madeira de *Corymbia citriodora*, as amostras tratadas a 160 °C foram as mais consumidas, enquanto as menos consumidas pelos térmitas, foram as amostras tratadas a 220 e 240 °C, tendo as demais amostras

termorretrificadas apresentado comportamento intermediário e semelhantes entre si. Já para a madeira de *Pinus taeda*, as amostras mais consumidas foram as tratadas a 200 °C, e as menos consumidas foram as tratadas as temperaturas de 160 e 240 °C, tendo as demais comportamento semelhantes entre si.

Para o desgaste, foi observado comportamento semelhante ao da perda de massa, para ambas as espécies analisadas. Assim, observa-se que a temperatura de 240 °C foram aquelas que proporcionaram uma melhoria na resistência de ambas as madeiras aos térmitas testados.

5. CONCLUSÕES

Para a madeira de *Corymbia citriodora* o tratamento térmico nas temperaturas de 220 e 240 °C proporcionou melhoria na resistência ao cupim *Nasutitermes* sp. e a temperatura de 160 °C causou decréscimo na resistência da madeira, para as amostras submetidas aos ensaios de alimentação forçada e preferência alimentar.

Para a madeira de *Pinus taeda* submetida ao ensaio de alimentação forçada as temperaturas de termorretificação que conferiram uma maior resistência ao cupim foram as de 240 e 260 °C e aquela que causou um declínio na resistência foi a de 160 °C. Já no ensaio de preferência alimentar as temperaturas que proporcionaram uma melhora na resistência da madeira ao cupim foram semelhantes as do ensaio de alimentação forçada, porém a que conferiu uma menor resistência foi a temperatura de 200 °C.

Para madeiras termorretificadas a temperaturas mais elevadas podem ter ocorrido rachaduras em favo de mel no interior das amostras e os cupins ao corroerem as bordas destas rachaduras, promoveram a impressão de que tais amostras foram mais consumidas, por causa do aumento das bordas das rachaduras.

6. REFERÊNCIAS

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* (Halmgrem) (Isoptera: Termitidae). **Rev. Árvore**, v. 24, n. 2. p. 229-234, 2000.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D - 3345**: standard method for laboratory evaluation of wood and other cellulosic materials for resistance to termite. Philadelphia, 3 p. 2005b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CELULOSE E PAPEL – BRACELPA, **Dados do setor**: Julho – 2011, São Paulo - SP, 2011, 27p. Disponível em: <<http://www.bracelpa.org.br/bra2/sites/default/files/estatísticas/rel2010.pdf>>. Acesso em: 04 out. 2012.

BALLARIN, A. W.; PALMA, H. A. L. Propriedade de resistência e rigidez da madeira juvenil e adulta de *Pinus taeda* L. **Rev. Árvore**, v. 27, n. 3, p. 371-380, 2003.

BORGES, L. M.; QUIRINO, W. F. Higroscopicidade da madeira de *Pinus caribea* var. *hondurensis* tratada termicamente. **Biomassa & Energia**, v. 1, n.2, p.173-182, 2004.

BRITO, J. O.; GARCIA JUNIOR, B.; PESSOA, A. M. C.; SILVA, P. H. M. Densidade básica e retratibilidade da madeira de *Eucalyptus grandis* submetida a diferentes temperaturas de termorreificação. **Cerne**, v. 12, n. 2, p. 182-188, 2006.

CAVALCANTE, M.S. **Deterioração biológica e preservação de madeira**. São Paulo: IPT, 1982. 40 p. (Pesquisa e Desenvolvimento,8).

DUCHEZ, L.; GUYONNET, R. **Principles and applications of wood rectification**, 2002. Disponível em: <<http://techtp.com/twopapers/fao>>. Acesso em: 22 maio 2012.

ESTEVES, B. M.; PEREIRA, H. M. Wood modification by heat treatment: a review. **BioResources**, v. 4, n. 1, p. 370-404, 2008.

FIGUEROA, M. J. M. **Influência da temperatura sobre a resistência mecânica do paricá**. 2008. 112 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

FIGUEROA, M. J. M.; MORAES, P. D. **Comportamento da madeira a temperaturas elevadas**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 9, n. 4, p. 157-174, 2009.

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

GOMES, J. I.; FERREIRA, G. C. **Durabilidade natural de quatro madeiras amazônicas em contato com o solo**. Belém: EMBRAPA, p. 1-3, 2002. (Comunicado Técnico, 66).

GUNDUZ, G. et al. The density, compression strength and surface hardness of heat treated hornbeam (*Carpinus betulus*) wood. **Maderas. Ciencia y Tecnologia**, v. 11, n. 1, p. 61-70 2009.

HOMAN, W.; TJEERDSMA, B.; BECKERS, E.; JORISSEN, A. Structural and other properties of modified wood. In: WORLD CONFERENCE ON TIMBER ENGINEERING, 2000. British Columbia, Canada. **Proceedings...** British Columbia, Canadá, 2000, 8p.

HUNT, G.M.; GARRAT, G.A. **Wood preservation**. 3. ed. McGraw Hill, New York. 1967, 433 p.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA/CPPF. **Catálogo de madeiras da Amazônia**: características tecnológicas. Manaus: INPA/CPPF, 165p, 1991.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA/CPPF. **Catálogo de madeiras do Amapá**: características tecnológicas. Manaus: INPA/CPPF, 165p, 1993.

IWAKIRI, S.; PEREIRA, S. J.; NISGOSKI, S. Avaliação da qualidade de clonagem em compensados de *Eucalyptus cloeziana* e *Eucalyptus robusta*. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 6, n. 1, p. 45-50, 1999.

KORKUT, S.; BEKTAS, I. The effects of heat treatment on physical properties of Uludag fir (*Abies bornmuelleriana* mattf.) and Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) wood. **Forest Products Journal**, v. 58, n. 3, p. 95-99, 2008.

KORKUT, S.; HIZIROGLU, S. **Effect of Heat Treatment on Mechanical Properties of Hazelnut Wood (*Corylus colurna* L.)**, Journal of Materials and Design. Elsevier Science, v. 30, 2009.

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.

LEPAGE, E. S. Química da madeira. In: LEPAGE, E. S. **Manual de preservação de madeiras**. 2. ed. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, cap. 4, p.69-98, 1986.

MODES, K. S. **Efeito da retificação térmica nas propriedades físico-mecânicas e biológica das madeiras de *Pinus taeda* e *Eucalyptus grandis***. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, 99f, 2010.

NUNES, C. S. **Estabilidade dimensional e modificações químicas da madeira termorretrificada de *Corymbia citriodora* (Hook.) K. D. Hill & L.A.S. Johnson**. 2009. 32 f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2009.

OLIVEIRA, J. T. S. **Caracterização da madeira de eucalipto para a construção civil**. São Paulo, 1997. 429f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 1997.

OLIVEIRA, J. T. S. Qualidade da madeira de eucalipto para produtos sólidos. In: JESUS JÚNIOR, W. C; et al. (Eds.). **Avanços tecnológicos em ciências agrárias**. Vitória: Suprema, p. 81 - 95, 2006.

PAES, J. B. **Efeitos da purificação e do enriquecimento do creosoto vegetal em suas propriedades preservativas**. Doutorado em Ciência Florestal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Brasil. 143 p, 1997.

PAES, J. B. et al. Eficiência do óleo de candeia na melhoria da resistência da madeira de sumaúma a cupins. **Cerne**, v. 16, n. 2, p. 217-225, 2010.

PAES, J. B. et al. Eficiência dos óleos de nim (*Azadirachta indica*) e de mamona (*Ricinus communis*) na proteção da madeira de sumaúma (*Ceiba pentandra*) contra cupins xilófagos em ensaio de preferência alimentar. **Rev. Árvore**, v.35, n.3, p.751-758, 2011.

PAES, J.B. et al. Resistência de nove painéis a base de madeira a cupins subterrâneos em ensaio de preferência alimentar. In: Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeira, 8., 2002, Uberlândia, **Anais...** Uberlândia: UFU, 2002. Cd-rom.

PAES, J. B. et al. Resistência natural de sete madeiras ao cupim subterrâneo (*Nasutitermes corniger* Motsch.) em ensaio de preferência alimentar. **Rev. Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 2, n. 1, p. 57-62, 2007.

PAES, J.B.; LIMA, C.R ; MORAIS, V.M. Resistência natural de nove madeiras do semi-árido brasileiro a cupins subterrâneos, em ensaio de preferência alimentar. **Brasil Florestal**, Brasília, v. 20, n.72, p. 59-69, 2001.

PAES, J. B.; MORAIS, V. M.; LIMA, C. R. Resistência natural de nove madeiras do semi-árido brasileiro a fungos xilófagos em condições de laboratório. **Rev. Árvore**, v.28, n.2, p.275-282, 2004.

PAES, J.B.; RAMOS, I.E.C.; FARIAS SOBRINHO, D.W. **Eficiência do CCB na resistência da madeira de algaroba (*Prosopis juliflora* (Sw) D.C.) a cupins subterrâneos (*Nasutitermes corniger* Motsch.) em ensaio de preferência alimentar**. **Ambiência**, Guarapuava, v.2 n.1 p. 51-64, 2006b.

PAES, J. B.; VITAL, B. R. Resistência natural da madeira de cinco espécies de eucalipto a cupins subterrâneos, em testes de laboratório. **Rev. Árvore**, v. 24, n.1, p. 97-104, 2000.

PEREIRA, J.C.D.; STURION, J.A.; HIGA, A.R.; HIGA, R.C.V.; SHIMIZU, J.Y. **Características da madeira de algumas espécies de eucalipto plantadas no Brasil**. Colombo: Embrapa Florestas, 2000. 113p. (Documentos, 38).

PINCELLI, A. L. P. S. M.; BRITO, J. O.; CORRENTE, J. E. Avaliação da termorreificação sobre a colagem da madeira de *Eucalyptus saligna* e *Pinus caribaea* var. *Hondurensis*. **Scientia Forestalis**, v. 1, n. 61, p. 122-132, 2002.

PONCSÁK, S. et al. Effect of high temperature treatment on the mechanical properties of birch (*Betula papyrifera*). **Wood Sci Technol**, v. 1, n. 40, p. 647–663, 2006.

QUIRINO, W.F.; VALE, A.T. Retificação térmica de *Eucalyptus grandis*. **Floresta**, Edição Especial, p.60-66, 2002.

RENDEIRO, G.; NOGUEIRA, M. F. M.; BRASIL, A. C. M.; CRUZ, D. O. A.; GUERRA, D. R. S.; MACÊDO, E. N.; ICHIHARA, J. A. **Combustão e gasificação de biomassa sólida: soluções energéticas para a Amazônia**. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2008. 192p.

REVISTA DA MADEIRA – REMADE. Resistência do eucalipto ao ataque de cupins. **Rev. da madeira**. ed. 75. 2003. Disponível em: <<http://www.remade.com.br>> Acesso em: 22 maio 2012.

RODRIGUEZ BUSTAMANTE, N.C. **Preferências alimentares de 5 espécies de cupins *Nasutitermes* Dudley, 1890 (Termitidae: Isoptera) por 7 espécies de madeira da várzea na Amazônia Central**. 1993, 151f. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Pesquisas da Amazônia. Manaus, 1993.

RODRIGUES, T. O. **Efeitos da torrefação no condicionamento de biomassa para fins energéticos**. 2009. 71 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade de Brasília, Brasília, 2009.

ROWELL, R., "**Chemical Modification of Wood**". USDA, Forest Service, Forest Products Laboratory, and Department of Biological Systems Engineering, University of Wisconsin, Madison, WI, 2005.

SILVA, J. C. Reflexos sociais e econômicos da agregação de valor a produtos de Base Florestal, In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 8., 2003, São Paulo, **Anais...** São Paulo, Sociedade Brasileira de Silvicultura, SBS: 2003. Cd-rom.

SIQUEIRA, J. P. D. **Os conflitos institucionais da gestão florestal no Brasil: um benchmarking entre os principais produtores florestais internacionais**. 182 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003.

STEEL, R. G. D.; TORRIE, J. H. **Principles and procedures of statistic: a biometrical approach**. 2. ed. New York: Mc Graw Hill, 1980. 633 p.

SUPRIANA, N. **Notes the resistance of tropical wood against termites.** Stockholm: The International Research Group on Wood Preservation, 9p, 1985.

WILLEITNER, H. **Laboratory tests on the natural durability of timber-methods and problems.** Stockholm: The International Research Group on Wood Preservation, 1984. 11 p. (Doc. IRG/WP/2217).