**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Ação de cupins de madeira seca (*Cryptotermes brevis*) e de solo
(*Nasutitermes corniger*) nas madeiras termorretificadas de *Pinus taeda* e de
*Corymbia citriodora***

Juliana Pires Brito

Tese apresentada para obtenção do título de Doutora em
Ciências, Programa: Recursos Florestais. Opção em:
Silvicultura e Manejo Florestal

**Piracicaba
2015**

Juliana Pires Brito
Engenheira Agrônoma

**Ação de cupins de madeira seca (*Cryptotermes brevis*) e de solo (*Nasutitermes corniger*)
nas madeiras termorretificadas de *Pinus taeda* e de *Corymbia citriodora***

versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:
Prof. Dr. **IVALDO PONTES JANKOWSKY**

Tese apresentada para obtenção do título de Doutora em
Ciências. Programa: Recursos Florestais. Opção em:
Silvicultura e Manejo Florestal

Piracicaba
2015

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - DIBD/ESALQ/USP**

Brito, Juliana Pires

Ação de cupins de madeira seca (*Cryptotermes brevis*) e de solo (*Nasutitermes corniger*) nas madeiras termorretificadas de *Pinus taeda* e de *Corymbia citriodora* / Juliana Pires Brito. - - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2015.
103 p. : il.

Tese (Doutorado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

1. *Cryptotermes brevis* 2. *Nasutitermes corniger* 3. Termorretificação 4. *Corymbia citriodora* 5. *Pinus taeda* I. Título

CDD 634.96736
B862a

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

“Aqueles que se sentem satisfeitos sentam-se e nada fazem. Os insatisfeitos são os únicos benfeitores do Mundo.” (Walter S. Landor)

Aos meus amados pais e irmão, Adelina, José Otávio e Thiago

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ) e aos Departamentos de Ciências Florestais (LCF) e de Entomologia e Acarologia (LEA) pelo apoio, pelas estruturas de trabalho oferecidas e pelo profundo aprendizado alcançado, durante o período da Pós-Graduação.

Ao Departamento de Ciências Florestais e da Madeira (DCFM), do Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), especialmente ao Prof. Juarez Benigno Paes e ao Ms. Dercílio Júnior Verly Lopes, pela condução de parte importante dos ensaios apresentados nesta Tese.

Ao Dr. Marcio Rogério da Silva pela disponibilidade de material para a realização do presente trabalho.

Ao Prof. Ivaldo Pontes Jankowsky por toda a orientação, ajuda e paciência oferecidas.

Ao Prof. José Otávio Brito, meu pai, pelo fundamental incentivo e imensuráveis ensinamentos e contribuições. Muito obrigada por toda a força e todo o carinho para que eu pudesse cruzar a linha de chegada! Você é meu exemplo!

Ao Prof. Wesley Augusto Conde Godoy pela amizade e pelo compartilhamento de seus conhecimentos, durante toda a jornada.

Ao pesquisador Gonzalo Antonio Carballera Lopez, do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) do Estado de São Paulo, pelo grande direcionamento.

Ao meu amigo Alex Canale pela essencial e ilimitada ajuda, para o andamento do trabalho. Agradeço sua constância!

Ao Prof. Geraldo Bortoletto Junior, à Profa. Adriana Maria Nolasco e ao Dr. Luiz Fernando De Moura pelos questionamentos e sugestões, durante o Exame de Qualificação.

À minha mãe e ao meu irmão pela insistência pelo fazer correto, pelo suporte incondicional, por todos os conselhos e incontáveis momentos de afago e pela inspiração, para seguir sempre em frente. Mãe, irmão e pai, amo vocês! Fundamentais em minha Vida!

Às várias pessoas que disponibilizaram material que viabilizou a condução dos ensaios com *Cryptotermes brevis*.

A todos os professores, funcionários e colegas dos Departamentos de Ciências Florestais (LCF) e de Entomologia e Acarologia (LEA).

Aos funcionários da Biblioteca Central da ESALQ (em especial, à Eliana Maria Garcia) e às secretárias do Departamento de Ciências Florestais (LCF) (em especial, à Giovana Oliveira) pela colaboração, ao longo de toda a pesquisa.

Aos meus amigos, conquistados durante o período da Pós-Graduação e os de longa data, meus familiares e a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização desse trabalho.

SUMÁRIO

RESUMO	11
ABSTRACT	13
1 INTRODUÇÃO	15
2 OBJETIVO	17
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
3.1 Termorretificação da madeira	19
3.2 Madeira e cupim	24
3.3 Efeito da termorretificação na resistência biológica da madeira	29
4 MATERIAL E MÉTODOS	31
4.1 Termorretificação das madeiras e preparo dos corpos de prova	31
4.2 Coletas de cupins	34
4.3 Tratamentos aplicados às madeiras	38
4.4 Remoção de extrativos	39
4.5 Secagem dos corpos de prova, após remoção de extrativos	40
4.6 Condicionamento higroscópico dos corpos de prova	41
4.7 Impregnação de extrativos	42
4.8 Ensaio de resistência com <i>Cryptotermes brevis</i>	43
4.9 Ensaio de resistência com <i>Nasutitermes corniger</i>	46
4.9.1 Ensaio de alimentação forçada	46
4.9.2 Ensaio de preferência alimentar	47
4.10 Análise estatística	49
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	51
5.1 Determinação do teor de extrativos	51
5.2 Determinação do ganho de massa no condicionamento higroscópico	51
5.3 Perda de massa na secagem dos corpos de prova, após extração	53
5.4 Impregnação	55
5.5 Ensaio de resistência com <i>Cryptotermes brevis</i>	56
5.6 Ensaio de alimentação forçada com <i>Nasutitermes corniger</i>	66
5.7 Ensaio de preferência alimentar com <i>Nasutitermes corniger</i>	73
6 CONCLUSÕES	77
6.1 <i>Cryptotermes brevis</i>	77
6.2 <i>Nasutitermes corniger</i> - Alimentação forçada	78

6.3 <i>Nasutitermes corniger</i> - Preferência alimentar	78
6.4 Conclusões gerais	79
REFERÊNCIAS	81
ANEXOS	87

RESUMO

Ação de cupins de madeira seca (*Cryptotermes brevis*) e de solo (*Nasutitermes corniger*) nas madeiras termorretificadas de *Pinus taeda* e de *Corymbia citriodora*

A termorretificação ou retificação térmica é uma técnica auxiliar na preservação da madeira, sendo um processo controlado de pirólise, em temperaturas que variam entre 140°C a 220°C. No presente trabalho, foi testada a hipótese de que a termorretificação na temperatura de 200°C aumenta a resistência da madeira em relação ao ataque de cupins, buscando identificar se tal efeito é resultante da menor disponibilidade de água ou da deposição de substâncias tóxicas ou repelentes formadas durante a degradação térmica. Foi constatado que as alterações provocadas pela termorretificação reduzem a capacidade de adsorção de água pela madeira e, conseqüentemente, o seu teor de umidade de equilíbrio. As substâncias geradas durante o processo de termorretificação, extraídas em água quente, tem efeito preservativo quando aplicadas à madeira natural, com diferentes resultados entre as espécies florestais. A termorretificação reduziu a capacidade de ação do *Cryptotermes brevis*, com efeito mais acentuado no *Pinus taeda*. A remoção dos extrativos da madeira termorretificada, por si só, não implicou no aumento da intensidade da ação dos cupins, o que somente se tornou mais evidente quando aumentou o teor de umidade do material. Em relação ao *Nasutitermes corniger*, ocorreram diferenças na ação dos cupins em relação ao tipo de oferta de alimento, bem como em relação às espécies de madeira. Para a alimentação forçada, houve acentuado efeito da termorretificação, em ambas as espécies de madeira, tendo ocorrido uma acentuada redução na perda de massa das madeiras quando comparada à madeira original. Constatou-se haver efeito dos extrativos na redução da ação dos cupins de solo, com maior ênfase para a madeira de *Pinus taeda*. No ensaio de preferência alimentar, nenhum dos tratamentos avaliados foi eficiente para prevenir a degradação pelos cupins, com o *Pinus taeda* apresentando maior suscetibilidade em comparação com o *Corymbia citriodora*. Considerando o conjunto dos resultados, conclui-se que a madeira termorretificada é resistente ao ataque de cupins de madeira e essa resistência é decorrente da interação entre a menor higroscopicidade provocada pela modificação química do material e a presença dos extrativos gerados durante o processo de termorretificação; e que o efeito preservativo da termorretificação não é suficiente para indicar o uso da madeira termotratada em contato direto com o solo, devido à suscetibilidade aos cupins subterrâneos.

Palavras-chave: *Cryptotermes brevis*; *Nasutitermes corniger*; Termorretificação; *Corymbia citriodora*; *Pinus taeda*

ABSTRACT

Action of dry wood termite (*Cryptotermes brevis*) and subterranean termite (*Nasutitermes corniger*) on the thermorectified wood of *Pinus taeda* and *Corymbia citriodora*

The thermorectification, a controlled pyrolysis at temperatures ranging between 140°C to 220°C, is considered a technique that could preserve the wood against biological degradation. In this study it was tested the hypothesis that the thermorectification at 200°C increase the lumber resistance against termite attack, looking to identify if this effect is a result of the reduced available moisture or due the deposition of toxic substances formed during the thermal treatment. It was evidenced that the chemical modifications caused by thermorectification reduced wood sorption capacity and, by consequence, its equilibrium moisture content. The substances formed during the thermal treatment, extracted with hot water, have a preservative effect when applied to natural lumber, with different results between the two wood species. The thermorectification reduced the attack of *Cryptotermes brevis* and this influence was more effective on *Pinus taeda*. The removal of extractives from thermotreated wood did not cause an increase in the intensity of termite action, which only became more evident when the lumber moisture content increased. In relation to *Nasutitermes corniger*, there were differences in the action of termites, depending of the feeding conditions and wood species. In the food choice test, there was an important effect of thermorectification in both wood species, reducing the loss of mass due to termite attack when compared to original wood. The extractives also reduced the action of soil termites, with greater emphasis on *Pinus taeda* lumber. In the no food choice test, no one of the treatments evaluated was enough to prevent the termite action, and it was showed that *Pinus taeda* wood was more susceptible compared to *Corymbia citriodora*. Considering all the results, it is possible to conclude that thermorectified lumber is resistant against dry wood termite attack and this resistance is due to interaction between the reduced wood hygroscopicity promoted by the wood chemical changes and the presence of substances generated during the thermal treatment; and the preserving effect of thermorectification is not enough to suggest the use of thermorectified lumber in direct ground contact due its susceptibility to subterranean termite action.

Keywords: *Cryptotermes brevis*; *Nasutitermes corniger*; Thermorectification; *Corymbia citriodora*; *Pinus taeda*

1 INTRODUÇÃO

A madeira é um material orgânico sujeito ao ataque de diversos agentes biológicos, incluindo fungos, bactérias, organismos marinhos e insetos. Os polímeros naturais da parede celular da mesma servem de fonte de alimentação para esses agentes, os quais possuem sistemas enzimáticos específicos capazes de metabolizá-los em unidades digeríveis.

Dentre os insetos, os cupins são os mais importantes causadores da degradação da madeira. A espécie *Cryptotermes brevis*, conhecida como cupim de madeira seca, causa danos de larga dimensão, uma vez que seus indivíduos nidificam em madeiras processadas, edificações, móveis e produtos derivados da celulose, como o papel. O *Cryptotermes brevis* é considerado uma praga bastante voraz no ataque à madeira. Ao seu lado, encontram-se ainda os insetos da espécie *Nasutitermes corniger*, também chamados de cupins de solo ou subterrâneos. Vários autores consideram que, em termos de volume atacado no mundo, eles são os mais severos agentes destruidores da madeira.

O cupim de madeira seca é um inseto social polimórfico. Sua colônia pode viver mais de dez anos e conter cerca de mil indivíduos, encontrando na madeira condições ótimas para alimentação, proteção e desenvolvimento. Detalhe importante é que as fezes produzidas por esses cupins são secas, diferentemente das fezes semi-líquidas produzidas pelos cupins subterrâneos, resultando, assim, em condições de umidade apropriadas para a colônia. Por conta dessa dependência da umidade, os térmitas subterrâneos não se estabelecem em construções isoladas do contato com o solo, nem mesmo são transportados dentro de móveis, como os cupins de madeira seca. Atacam a madeira por acessos pelo solo, mantendo suas colônias em locais exteriores ao de ataque.

Os métodos de tratamento preventivos melhoram a resistência da madeira ao ataque de agentes biológicos e são conhecidos como técnicas de preservação de madeiras. Esses métodos visam incorporar produtos químicos ou biológicos à madeira, os quais reagem com os componentes de sua parede celular, preservando-a sem mudar sua natureza intrínseca.

A termorretificação ou retificação térmica é uma técnica de preservação da madeira, que tem como componente básico o tratamento desse material com o calor. De modo geral, a termorretificação tem sido definida como um processo de pirólise controlada da madeira, em temperaturas que variam entre 140°C a 220°C, especialmente no Brasil, onde os estudos concentram-se em espécies dos gêneros *Eucalyptus* e *Pinus*.

O processo de termorreificação implica em transformações que alteram a estrutura química de alguns componentes da madeira, iniciando-se pelos seus extrativos (lipídios, compostos fenólicos, compostos terpênicos, ácidos graxos, ácidos resinosos, entre outros), os quais, geralmente, são transformados e/ou eliminados. Na classe dos componentes fundamentais da madeira, os polissacarídeos também são afetados, especialmente, as hemiceluloses. Com a redução nos teores de polissacarídeos, ocorre um ligeiro aumento na porcentagem de lignina na madeira. Isso acontece apenas por uma questão proporcional na massa de componentes da mesma, visto a lignina ser, relativamente, mais resistente à degradação provocada pelo calor, nas temperaturas usualmente empregadas para a retificação térmica. Outra importante alteração, decorrente da termorreificação, é a redução da capacidade higroscópica da madeira, devido à diminuição dos grupos hidroxílicos, fundamentalmente ligados aos polissacarídeos, os quais são, proporcionalmente, os mais afetados pelo processo.

Pode-se deduzir, portanto, que a termorreificação causa alterações importantes na madeira, que passaria a apresentar condições distintas daquelas às quais os agentes biológicos causadores da sua degradação estariam habituados. Dentre essas alterações, destacam-se como possíveis a eliminação de elementos nutritivos e a menor disponibilidade de sítios de sorção para a manutenção de um teor adequado de umidade, fatores que são essenciais para a sobrevivência dos cupins de madeira.

Assim, foi proposta a hipótese de que as modificações na madeira, decorrentes do processo de termorreificação, afetariam a ação do cupim de madeira seca (*Cryptotermes brevis*) e do cupim de solo (*Nasutitermes corniger*), quando aos mesmos lhes for dada a opção desse substrato como alimento. O efeito poderia ser devido à eventual incompatibilidade alimentar, à redução nas condições ideais, em termos de disponibilidade de água, e à deposição de substâncias tóxicas ou repelentes formadas durante a degradação térmica. É diante de tais preceitos que se propôs a realização da presente pesquisa, delineada de tal forma a identificar quais dessas condições, isolada ou conjuntamente, conduziriam ao efeito mais importante na redução do potencial de ataque de *Cryptotermes brevis* e de *Nasutitermes corniger* à madeira.

2 OBJETIVO

Identificar, entre as alterações provocadas pelo processo de termorretificação, qual tem o efeito mais importante na prevenção ao ataque de *Cryptotermes brevis* e de *Nasutitermes corniger* às madeiras de *Pinus taeda* e de *Corymbia citriodora*.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Termorreificação da madeira

A escassez de madeiras de alta qualidade tem incentivado o uso de espécies de reflorestamento e florestas plantadas, alternativa que tem se mostrado viável para atender a demanda por produtos florestais. No Brasil, estas florestas são compostas, sobretudo, pelas espécies dos gêneros *Eucalyptus* e *Pinus*, que fornecem madeiras consideradas, de maneira geral, como sendo de baixa estabilidade dimensional e com reduzida durabilidade natural à degradação biológica. Assim, há a necessidade de melhorar as propriedades destas madeiras para uma maior aceitação comercial.

Modes (2010) descreveu que os processos de modificação da madeira podem ser divididos em quatro tipos: químico, térmico, superficial e por impregnação, sendo que a modificação térmica é a que mais tem evoluído, em termos comerciais, nos últimos anos, devido principalmente ao baixo custo do processo.

A termorreificação, também conhecida como retificação térmica ou tratamento térmico, é apontada como uma alternativa interessante na melhoria da estabilidade dimensional e da durabilidade da madeira. Essa tecnologia visa também a proteção da madeira contra a ação de agentes biológicos, sem o uso de produtos químicos. O método de tratar a madeira com o uso de calor pode ser um processo alternativo na melhora de suas propriedades preservativas, sem comprometer o meio ambiente (BRITO, 1993).

A extensão das alterações térmicas, provocadas pela termorreificação, depende de vários fatores como, por exemplo, espécie florestal, temperatura final, duração do tratamento e atmosfera predominante durante o processo. Dependendo da duração e da temperatura empregadas, a madeira apresenta melhorias na estabilidade dimensional, resistência contra intempéries, ligação com adesivos hidrofóbicos, nas propriedades de molhabilidade e contra a demanda biológica. Há redução no teor da umidade de equilíbrio e nas propriedades de inchamento. Outro fator é que a retificação térmica pode resultar na uniformização da cor, característica que, normalmente, ocorre em espécies tropicais (SILVA, 2012).

Contudo, a termorreificação provoca alterações na estrutura molecular da madeira. Sendo assim, há mudanças nas propriedades de resistência e de rigidez e em sua higroscopicidade. A hemicelulose é o primeiro componente a ser degradado, seguido pela

celulose e, posteriormente, pela lignina. Com a degradação destes, há um aumento na acidez e no conteúdo de extrativos da madeira. Todas essas alterações podem resultar em aspectos positivos, melhorando determinadas propriedades do material tratado; como por exemplo, tornando-o mais resistente ao ataque dos agentes causadores da degradação biológica.

No Brasil, as primeiras referências sobre o emprego da retificação térmica de madeiras foram apresentadas na década de 1990, sendo ainda um tema que necessita de uma maior amplitude de pesquisa e divulgação no país, apesar de seus benefícios terem sido comprovados em estudos com espécies de madeira da Europa, local no qual já existem referências muito mais fortes da sua aplicação.

A literatura internacional apresenta várias referências sobre o processo de termorretificação da madeira. Em geral, elas têm em comum o fato da mesma ser exposta a temperaturas próximas a 200°C, durante um período de 2 a 24 horas (RAPP, 2001; WASKETT; SELMES, 2001; ROUSSET et al., 2004; METSÄ-KORTELAJINEN et al., 2005).

Syrjänen (2001) afirmou que a propriedade mais importante da madeira tratada termicamente, quando comparada com a não tratada, é a redução do seu teor de umidade de equilíbrio higroscópico e a consequente redução na contração e no inchamento do material.

Os polímeros de celulose e hemiceluloses que, juntamente com a lignina compõem a parede das células da madeira, apresentam grupos hidroxílicos (OH) livres, locais onde ocorre a interação com a água. Se a madeira ganha umidade do ambiente circundante, abaixo do ponto de saturação das fibras (PSF), as moléculas de água se instalam entre esses polímeros, formando pontes de hidrogênio entre os grupos hidroxílicos e as moléculas individuais de água que, necessitando de espaço entre os componentes da parede da célula, causam o afastamento das microfibrilas de celulose, resultando no inchamento da madeira (HOMAN et al., 2000).

Weiland e Guyonnet (2003), Rousset et al. (2004) e Wikberg e Maunu (2004) concluíram que a madeira termorretificada é menos higroscópica e apresenta maior estabilidade dimensional devido à degradação das hemiceluloses, à ruptura dos grupos hidroxílicos livres da região amorfa da celulose e à reticulação dos polímeros que compõem a madeira.

Poncsák et al. (2006) descreveram que as hemiceluloses são os componentes mais reativos da parede celular da madeira, pois em decorrência da menor massa molecular, elas degradam a temperaturas entre 160°C e 220°C. Durante o aquecimento, os polissacarídeos mais hidrofílicos da madeira (hemiceluloses) volatilizam-se, reduzindo os grupos hidroxílicos livres (OH) onde, normalmente, se fixariam moléculas de água (DE MOURA et al., 2008). A redução da higroscopicidade do material tratado ocorre pela modificação da estrutura química de alguns de seus componentes, em maior ou menor grau, impedindo a readsorção de água (PONCSÁK et al., 2006). Segundo Vernois (2001), as transformações decorrentes da termorretificação são responsáveis pela menor higroscopicidade da madeira tratada, de modo que a umidade de equilíbrio alcançada pela mesma pode se estabilizar por volta de 4-5% de umidade, enquanto a não tratada alcança valores entre 10-20%, quando submetida às mesmas condições de temperatura e umidade relativa.

Lepage (1986) salientou que as folhosas são termodegradadas mais facilmente que as coníferas, desde que expostas à mesma condição de temperatura, o que pode ser decorrente das diferenças na estrutura da lignina. A lignina é classificada como o componente mais estável durante o tratamento térmico, mostrando um comportamento termoplástico acima de 150°C. Boonstra e Tjeerdsma (2006) e Esteves et al. (2008) relataram que a porcentagem de lignina tem um leve aumento, durante a retificação térmica, causado principalmente pela degradação das hemiceluloses e da celulose, que podem contribuir para reações de condensação da mesma.

Pesquisa desenvolvida por Brito et al. (2008) revelou que arabinose, manose, galactose e xilose, que são responsáveis pela formação de hemiceluloses, tiveram seus conteúdos significativamente influenciados pelo aumento das temperaturas de termorretificação. Para madeira de pinus observou-se uma redução no teor de hemicelulose de 22% na madeira original para 15% na madeira termoretificada. Para madeira de eucalipto, estes teores diminuíram de 16,4% para 10,2%, respectivamente.

A madeira termorretificada adquire colorações semelhantes àsquelas de madeiras tropicais de maior valor agregado, considerável resistência a fungos xilófagos e à ação climática, alta estabilidade dimensional e baixa higroscopicidade. No entanto, esse tratamento térmico pode impactar, de forma negativa, algumas propriedades mecânicas da madeira, devido, especialmente, à eliminação dos carboidratos durante o processo (DE MOURA et al., 2012). A madeira torna-se mais rígida e frágil, e certas propriedades mecânicas podem ter

reduções. De acordo com Esteves e Pereira (2009), a degradação das hemiceluloses tem sido proposta como o principal fator para a perda de resistência da madeira tratada.

Becker et al. (2012) estudaram madeiras de duas espécies vegetais européias e concluíram que o tratamento térmico, especialmente em torno da temperatura de 180°C, reduziu a resistência e a elasticidade do material tratado.

Brito et al. (2006) pesquisaram o efeito da termorretificação, entre 120°C e 200°C, na madeira de *Eucalyptus grandis* e concluíram que o material tratado, na condição mais severa, apresentou contração volumétrica máxima 25% menor do que no material sem tratamento. Os autores relatam que nas demais temperaturas não houve melhora na estabilidade dimensional da madeira.

Shebani et al. (2008) afirmaram que a madeira contém pequenas quantidades de extrativos, como lipídios, compostos fenólicos, terpenóides, ácidos graxos, ácidos resinosos, esterol e ceras. Geralmente, o conteúdo de extrativos varia entre 2% e 5%, mas pode chegar a 15%. Embora os mesmos contribuam com uma pequena porcentagem na composição total da madeira, eles tem influência significativa em suas propriedades, como cor, odor, sabor, densidade e resistência à demanda biológica. Brito et al. (2008) determinaram os teores de extrativos para as espécies *Eucalyptus saligna* e *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, termorretificadas em forno elétrico, à temperatura de 180°C, e concluíram que o teor de extrativos aumentou para o eucalipto e reduziu para o pinus.

As Tabelas 1 e 2, elaboradas por Schaffer (1973) e Morais et al. (2005), respectivamente, e adaptadas por Modes (2010), apresentam, nessa sequência, as alterações ocorridas na madeira quando submetida a temperaturas superiores a 50°C e as proporções de celulose, hemiceluloses, lignina e extrativo encontradas nas madeiras de coníferas e de folhosas.

Tabela 1 – Alterações ocorridas na madeira, durante o tratamento térmico (SCHAFFER, 1973; MODES, 2010)

Temperatura(°C)	Alterações na Madeira
55	Estrutura da lignina alterada. A hemicelulose começa a amolecer.
70	Começa a retração transversal da madeira.
110	Lignina, lentamente, começa a perder peso.
120	O teor de hemicelulose começa a diminuir e a alfa celulose começa a aumentar. A lignina começa a amolecer.
140	A água de impregnação é liberada.
160	Lignina se funde e começa a ressolidificar.
180	Hemicelulose começa, rapidamente, a perder peso, depois de ter perdido 4% deste. A lignina da membrana de pontuação escoa.
200	Madeira começa a perder peso, rapidamente. As resinas fenólicas começam a se formar e a celulose a se desidratar.
210	Lignina solidifica. A celulose amolece e despolimeriza-se. As reações endotérmicas transformam-se em exotérmicas.
225	A cristalinidade da celulose diminuída é retomada.
280	Lignina perde 10% de peso. Celulose começa a perder peso.
288	Temperatura adotada para carbonização da madeira.
300	O cerne amolece irreversivelmente.
320	A hemicelulose é completamente degradada.
370	A celulose tem perda de 83% do seu peso inicial.
400	A madeira é completamente carbonizada.

Tabela 2 – Composição química aproximada, em %, dos constituintes da madeira (MORAIS et al., 2005; MODES, 2010)

Componentes químicos	Madeira de coníferas	Madeira de folhosas
Celulose	42 ± 2	45 ± 2
Hemicelulose	27 ± 2	30 ± 5
Lignina	28 ± 3	20 ± 4
Extrativos	3 ± 2	3 ± 2

3.2 Madeira e cupim

Um dos fatores que limita a utilização de algumas espécies de madeira, para diversas finalidades, é a sua baixa durabilidade natural. O conhecimento da resistência de madeiras ao ataque de organismos xilófagos, especialmente cupins, torna-se um requisito muito importante para a utilização correta das mesmas, principalmente nas indústrias moveleira e da construção civil.

A durabilidade natural ou resistência biológica da madeira é definida como a sua vida útil em serviço, quando exposta a fatores abióticos (temperatura, umidade, luminosidade, acidez, entre outros) e a organismos xilófagos, principalmente, fungos e insetos (JANKOWSKY, 1990; JESUS et al., 1998; SILVA, 2012).

Segundo Oliveira (1997), determinada madeira terá preferência de uso, em relação às demais, quanto maior for a sua durabilidade natural, pois seriam evitados os inconvenientes advindos da utilização de produtos químicos (alguns bastante tóxicos), empregados no tratamento de material de baixa durabilidade. Além das restrições ambientais aos produtos que hoje dominam a indústria de preservação, são relevantes alguns aspectos técnicos ligados à própria madeira a ser tratada. Estes estão relacionados à resistência de impregnação da madeira de certas espécies, como é o caso do cerne das espécies do gênero *Eucalyptus*.

Oliveira et al. (1986) afirmaram que a degradação biológica da madeira é decorrente do uso, por parte dos organismos, dos polímeros naturais da parede celular como fonte de alimento. Esses organismos possuem sistemas enzimáticos específicos capazes de metabolizar polímeros em unidades digeríveis. O alburno é a parte da madeira que apresenta material

nutritivo armazenado, o que o torna mais suscetível ao ataque de agentes biológicos. O cerne normalmente apresenta maior durabilidade natural, uma vez que não possui material nutritivo e tem considerável teor de extrativos. Segundo esses autores, os cupins ou térmitas são os principais insetos xilófagos, considerados hemimetábolos, eussociais e predominantemente tropicais. De acordo com Déon (1989), os térmitas de madeira seca são ativos destruidores de madeira, mesmo formando colônias com, relativamente, poucos indivíduos.

Os cupins pertencem à ordem *Isoptera* e atualmente são conhecidas quase três mil espécies dessa ordem. Os cupins de madeira seca pertencem à família *Kalotermitidae*, que engloba várias espécies, dentre elas o *Cryptotermes brevis* que, do ponto de vista econômico, é considerada a mais importante no Brasil. Segundo Berti Filho (1993), *Cryptotermes brevis* ataca madeiramento de casas, móveis e pequenas peças de madeira. Sua distribuição, pelo país, ocorre no Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo.

Essa espécie foi descrita a partir de espécimes coletados de madeira infestada, na Jamaica, em 1853. Hoje, a mesma é cosmopolita, com distribuição mundial, sendo encontrada infestando mobiliários até em lugares de climas frios, como o Canadá, uma vez que o aquecimento das habitações propicia um ambiente agradável para seu desenvolvimento (COSTA-LEONARDO, 2002).

Cryptotermes brevis é um dos cupins conhecidos como cupim de madeira seca, sendo o de ocorrência mais comum no Brasil. Nas áreas urbanas, provoca grandes danos econômicos, mas não infesta árvores vivas. Geralmente, ataca peças e objetos de madeira manufaturados e madeiras das estruturas como forros, rodapés, batentes, madeiramentos, entre outros. Peças de pano, como cortinas, ou livros, em contato com material infestado, também podem ser danificados. Em virtude de sua distribuição geográfica e de sua preferência alimentar, *Cryptotermes brevis* provoca grandes prejuízos. Essa espécie vive dentro da madeira da qual se alimenta, formando colônias. Estas são constituídas, geralmente, por três castas: reprodutores, soldados e pseudo-operários.

Segundo Costa-Leonardo (2002), os soldados de *Cryptotermes brevis* tem cerca de 5 mm de comprimento, antenas com treze segmentos e cabeça fragmótica marrom escura a preta, com superfície bastante enrugada. Os mesmos usam suas cabeças para tapar a entrada do ninho e protegê-lo da invasão de formigas. Os soldados estão presentes, na colônia, o ano todo, mas é muito pequena a proporção dessa casta, em relação aos pseudo-operários. A autora relata que os pseudo-operários são indivíduos imaturos que se comportam,

funcionalmente, como operários (membros da colônia encontrados em outras espécies de cupins). Eles têm coloração branca ou creme e podem apresentar brotos de asas reduzidos. Alimentam-se da madeira que escavam e também tem função de fornecer alimento aos soldados, aos reprodutores e aos jovens. Essa casta, diferentemente dos operários, pode originar um alado, pois tem indivíduos que possuem habilidades de diferenciação de castas. Já os reprodutores ou os alados de *Cryptotermes brevis* possuem dois pares de asas membranosas, iridescentes, desprovidas de pelos e que apresentam a mesma forma e tamanho, cerca de 2 mm cada. Esses alados não são bons voadores, tendo voos lentos e impulsionados por correntes de ar. As asas desses indivíduos sempre se destacam, quando eles pousam, após a revoada. Alados dessa espécie são marrons, com antenas entre dezesseis e dezoito segmentos e comprimento de cerca de 6 mm, não incluindo as asas. Apresentam uma sutura na cabeça, em forma de um Y invertido, bastante característica e que facilita identificar os reprodutores de *Cryptotermes brevis*.

Assim como os de outros Kalotermitídeos, os ovos de *Cryptotermes brevis* são mais alongados que os dos demais cupins. Tem coloração rósea e comprimento médio de 1 mm (COSTA-LERONARDO, 2002).

Lepage (1986) afirmou que os cupins desse grupo instalam suas colônias em peças de madeira, com teores de umidade variando de 10% a 12% e não exigem contato com o solo. Iniciando o ataque após a revoada, cada par sexuado de *Cryptotermes brevis* penetra na madeira, através de rachaduras ou de outras aberturas naturais e começa a escavação para o interior, fechando a entrada com uma secreção intestinal, de coloração castanha. Durante a escavação das galerias, os cupins de madeira seca eliminam pequenos resíduos fecais, através de orifícios abertos temporariamente, fato que ajuda na detecção do ataque dos térmitas. Costa-Leonardo (2002) afirmou que o desenvolvimento da colônia é lento e somente por volta do terceiro ano é possível observar algum dano nas peças infestadas. A mesma pode viver mais de dez anos e conter por volta de mil indivíduos. Muitas colônias podem viver próximas e admite-se que elas dividam os sistemas de galerias. De acordo com Scheffrahn e Su (1999), há registros de vinte colônias vivendo bastante próximas, em uma mesma porta de uma edificação.

Os insetos da espécie *Cryptotermes brevis* vivem inteiramente na madeira, da qual se alimentam, protegem a colônia e conservam as condições ótimas para o seu desenvolvimento (BERTI FILHO, 1993). A manutenção da umidade é feita pela produção de fezes secas.

Cupins subterrâneos produzem, diferentemente, fezes semi-líquidas. As únicas fontes de água de *Cryptotermes brevis*, nas edificações, são o conteúdo de umidade da madeira e a água resultante do metabolismo do alimento celulósico. A espécie não constrói ninhos exteriores à superfície do material infestado e também não forma túneis para o trânsito de indivíduos. Esses insetos apenas escavam galerias. As colônias tendem a se movimentar em paralelo ao veio da madeira e, normalmente, escavam câmaras maiores ligadas por conexões estreitas (COSTA-LEONARDO, 2002).

A presença de asas de alados, no interior de edificações, é um sinal de infestação por esses cupins. Em infestações prolongadas, com grande consumo da peça, somente a superfície externa se mantém intacta. As pelotas fecais são acumuladas, em algumas câmaras, sendo expulsas, intermitentemente, para o exterior do local infestado. As mesmas ficam empilhadas abaixo dos móveis, indicando a presença de *Cryptotermes brevis* nas peças. Contudo, geralmente, os orifícios, pelos quais as fezes são expelidas, estão selados por um material intestinal endurecido (COSTA-LEONARDO, 2002).

Ao lado dos cupins de madeira, os cupins de solo também são reconhecidos como altamente importantes, em relação às suas ações na madeira. Vários autores consideram que, em termos de volume atacado no mundo, eles são os mais severos insetos destruidores da madeira (HUNT; GARRAT, 1967; PANSIN; DE ZEEUW, 1980; RICHARDSON, 1993).

Os térmitas subterrâneos da espécie *Nasutitermes corniger* desenvolvem suas colônias e ninhos no solo ou próximos dele. Constroem túneis na terra e ao redor de obstáculos, até alcançarem a madeira, que é utilizada para alimentação. A sobrevivência destes térmitas é dependente de umidade, com a qual os mesmos devem estar sempre em contato, seja proveniente da madeira atacada ou do solo em que vivem (CLAUSEN, 2010).

Por causa da dependência da umidade, os térmitas subterrâneos não se estabelecem em construções isoladas do contato com o solo, nem mesmo são transportados dentro de móveis, como os cupins de madeira seca. Atacam a madeira por acessos pelo solo, mantendo suas colônias em locais exteriores ao de ataque (LEPAGE, 1986). A madeira atacada por térmitas subterrâneos é caracterizada por galerias internas, que geralmente acompanham o sentido da grã, e camadas externas sãs, sem evidência de ataques ou orifícios na superfície da madeira (CLAUSEN, 2010).

Nasutitermes corniger pertence à família Termitidae e é considerado um cupim-praga, principalmente no estado de São Paulo, onde danifica madeiras de edificações, postes de madeiras e mourões de cerca. É bastante comum a ocorrência de ninhos em árvores próximas a casas que apresentam problemas de ataque de *Nasutitermes corniger*, contudo nem sempre os túneis de comunicação podem ser vistos, pois a conexão pode ocorrer por meio do solo. Muitas vezes, os cupins nidificam no madeiramento do telhado ou do forro das casas e seus túneis escuros são facilmente visíveis na parede dessas edificações (COSTA-LEONARDO, 2002).

Existem milhares de indivíduos nas colônias de *Nasutitermes corniger*, abrangendo soldados, operários, reprodutores e jovens. De acordo com Thorne (1980), um ninho grande de *Nasutitermes corniger* abriga de 500.000 a 900.000 insetos e 20% desses são soldados. Vanconcellos (1999) encontrou uma população de 75.000 a 990.000 indivíduos, em ninhos dessa espécie de regiões de Mata Atlântica.

Os soldados de *Nasutitermes corniger* formam uma casta dimórfica, ou seja, os mesmos podem ser grandes ou pequenos e são responsáveis pela defesa da colônia. Os operários dessa espécie também são dimórficos, com as diferenças evidenciadas em seus tamanhos e no número de segmentos antenais. Os operários maiores são fêmeas (15 segmentos antenais) e os menores são machos (13 segmentos antenais), sendo ambos responsáveis pelas atividades de forrageamento, cuidado dos imaturos, alimentação dos jovens, soldados e reprodutores, transporte de ovos colocados pela rainha para a câmara de postura, construção e reparo do ninho e auxílio na defesa da colônia. Os reprodutores são alados e produzidos anualmente pelas colônias maduras. Medem cerca de 9 mm, são marrom escuros e possuem asas escuras, quase negras. O ovo de rainhas primárias de *Nasutitermes corniger* apresenta uma forma reniforme, com cerca de 0,62 mm de comprimento por 0,35 mm de largura (COSTA-LEONARDO, 2002).

Os ninhos de *Nasutitermes corniger*, quando maduros, são elípticos e de cor marrom escura, sendo por isso conhecidos popularmente como ninhos “cabeça de negro”. Os mesmos são cartonados e policálicos, ou seja, são construídos com material fecal e existem vários ninhos ou “cálies” ligados entre si (THORNE, 1980; COSTA-LEONARDO, 2000).

3.3 Efeito da termorretificação na resistência biológica da madeira

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

Wahl et al. (2004) e Poncsák et al. (2006) relataram que a termorretificação aumenta a vida útil da madeira frente ao ataque de fungos, em ambientes úmidos, devido às mudanças em sua capacidade de adsorção de água. Quando a madeira adsorve umidade do ambiente adjacente, as moléculas de água são inseridas entre e dentro dos polissacarídeos (celulose e hemiceluloses) e ligações de hidrogênio são formadas, entre as hidroxilas dos polissacarídeos da madeira e a água. Tal fenômeno causa o inchamento desse material. Durante o tratamento térmico, o número de grupos OH é reduzido, diminuindo a capacidade de adsorção de água da madeira.

A termorretificação altera a composição química da madeira e promove a indisponibilidade de alimentos (hemiceluloses) aos fungos, reduz o teor de umidade de equilíbrio, promove a criação de novas moléculas livres, que atuam como fungicidas, além de reticular a rede de lignina, dificultando o reconhecimento do substrato por esses agentes biológicos (VERNOIS, 2001; WEILAND; GUYONNET, 2003). Becker et al. (2012) afirmaram que a durabilidade da madeira aumenta com o tratamento térmico. Os autores realizaram ensaios laboratoriais simples e sugeriram que testes de maiores dimensões sejam feitos para corroborar os resultados encontrados. A durabilidade, entre outras propriedades, tem um incremento significativo na madeira termorretificada de *Pinus pinaster*, nas temperaturas entre 190°C e 200°C (ESTEVES et al., 2012).

Pessoa et al. (2006) analisaram a madeira retificada termicamente de *Eucalyptus grandis*, frente ao ataque de cupins de madeira seca, *Cryptotermes brevis*. As temperaturas utilizadas no processo de termorretificação foram de 120°C, 140°C, 160°C, 180°C e 200°C. O estudo demonstrou que o grau de ataque desses cupins é menor nas amostras tratadas em temperaturas mais elevadas, havendo um aumento na mortalidade dos insetos.

Silva (2012) concluiu que madeiras termorretificadas de *Eucalyptus citriodora* tem sua resistência, ao ataque de cupins subterrâneos (*Nasutitermes* sp.), aumentada. Quanto maior foi

a temperatura do tratamento térmico, menor foi o ataque dos cupins. O autor também estudou o ataque do fungo da podridão mole (*Paecilomyces variotti*). Houve redução na biodeterioração da madeira, com a elevação da temperatura da retificação térmica, para *Eucalyptus citriodora* e *Pinus taeda*.

De forma geral, nota-se uma escassez de pesquisas sobre processos de tratamento térmico da madeira e suas consequências em relação ao ataque de agentes biológicos, especialmente de insetos. Embora a maioria das pesquisas divulgadas até o momento seja concordante em relação ao aumento na resistência da madeira ao ataque de fungos e insetos, não é abordado o efeito da termorretificação em si; ou seja, qual das mudanças que ocorrem na madeira que efetivamente bloqueia a ação dos agentes causadores da biodegradação.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Termorreificação das madeiras e preparo dos corpos de prova

As madeiras utilizadas na pesquisa foram termorreificadas no LQCE – Laboratórios Integrados de Química, Celulose e Energia do Departamento de Ciências Florestais/ESALQ/USP – Piracicaba/SP, no escopo de um projeto de pesquisa mais abrangente, sobre as propriedades da madeira tratada termicamente¹.

Foram coletadas amostras de *Corymbia citriodora* (anteriormente *Eucalyptus citriodora*) e *Pinus taeda*, obtidas a partir de árvores com idade entre 18 e 20 anos. A madeira de *Corymbia citriodora* foi proveniente da região de Brotas/SP e a de *Pinus taeda* da região de Jaguariaíva/PR.

Utilizou-se a temperatura de 200°C, sendo que, pela restrição de tamanho do equipamento usado, foram necessárias três operações de tratamento térmico, por espécie. Optou-se por trabalhar apenas com a madeira termicamente tratada a 200°C, visto que as mudanças ocorridas na estrutura da madeira, em temperaturas inferiores ou igual a 160°C, são desprezíveis (SILVA et al., 2008).

Adicionalmente, Pessoa et al. (2006) avaliaram a resistência da madeira de *Eucalyptus grandis* termorreificada a 200°C, submetida ao ataque de *Cryptotermes brevis*, e observaram menor incidência de danos ao material tratado, bem como aumento na mortalidade de insetos. Madeira da mesma espécie, termorreificada na temperatura de 220°C, apresentou 100% de peças com rupturas, sendo caracterizada como frágil (CALONEGO, 2009).

Para a realização da retificação térmica, foi utilizado aparato específico, o qual consistiu de uma estufa com aquecimento elétrico e circulação forçada de ar e de uma caixa metálica com tampa, para acomodação da madeira a ser tratada (peças com dimensões de 6,0 x 16,0 x 56,0 cm) (Figura 1). Para evitar reações de oxidação da madeira, durante o tratamento térmico, foi injetado gás Nitrogênio na caixa de metal. Entre as peças de madeira, foram colocadas duas barras de ferro de 1 cm de diâmetro, para a circulação de gases em todo o seu entorno.

¹ As termorreificações foram conduzidas no âmbito da Tese de Marcio Rogério da Silva, no Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ciência e Engenharia de Materiais, USP/São Carlos, no ano de 2012. Os materiais resultantes daquela pesquisa foram disponibilizados para a condução do presente trabalho.

A caixa de termorretificação permitia a inserção de termopares para controle e registro da temperatura, o que garantiu a homogeneidade de todo o processo na madeira. A estufa possui controle digital e um sistema de aquisição de dados para o registro das condições experimentais.

As termorretificações foram conduzidas à velocidade (taxa) de aquecimento de $0,033^{\circ}\text{C}.\text{min}^{-1}$, definida com base na pesquisa realizada com coníferas e folhosas por Pincelli et al. (2002), os quais consideraram ser uma velocidade de baixo impacto e que permite a minimização do surgimento de rachaduras e trincas na madeira das espécies estudadas.

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

Figura 1 – Estufa e acessórios usados nas termorretificações

Para a madeira de *Corymbia citriodora*, a rampa de aquecimento foi iniciada em 110°C e terminada em 210°C , com patamar final de 120 min. Para a madeira de *Pinus taeda*, a rampa de aquecimento foi iniciada em 105°C e terminada em 205°C , com patamar final de 120 min. Detalhes adicionais sobre as rampas de aquecimento das termorretificações são apresentadas nos Anexos.

O processo foi iniciado em temperatura ambiente (30°C) e o tempo necessário para a realização do tratamento térmico a 200°C foi de 53,2 h, para ambas as espécies. A umidade inicial das amostras foi de 12% (± 2).

Na Figura 2 constam exemplos de peças de madeira original e termorretificada usadas para a obtenção dos corpos de prova. As peças possuíam, aproximadamente, 16,0 cm de largura, 6,0 cm de espessura e 56,0 cm de comprimento.

Figura 2 – Madeiras testemunhas – material claro e madeiras termorretificadas – material escuro – A: *Corymbia citriodora*; B: *Pinus taeda*

Da madeira termorretificada foram retirados corpos de prova (Figura 3) com dimensões de 0,6 x 2,6 x 7,0 cm (respectivamente espessura, largura e comprimento), destinados ao ensaio de resistência ao ataque de cupins de madeira seca, seguindo o Método IPT n°1157 – D/D2 DIMAD (INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS - IPT, 1980). Foram também preparados corpos de prova (Figura 3) com dimensões de 1,0 x 2,0 x 1,5 cm (respectivamente espessura, largura e comprimento), destinados aos ensaios de resistência ao ataque de cupins subterrâneos, *Nasutitermes corniger*, os quais seguiram o método descrito na norma ASTM D-3345 (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS – ASTM, 2008).

Figura 3 – Corpos de prova prontos para testes com *Cryptotermes brevis* (A) e com *Nasutitermes corniger* (B)

4.2 Coletas de cupins

A coleta de colônias de *Cryptotermes brevis* foi realizada em residências da cidade de Piracicaba/SP. Materiais como batentes, armários, estruturas de sofás e outros móveis, infestados pelo cupim de madeira seca (Figura 4), foram levados ao Departamento de Ciências Florestais/ESALQ/USP – Piracicaba/SP. Esse material foi devidamente armazenado em uma caixa de ferro (250,0 x 65,0 x 65,0 cm), tampada com tela tipo “voil” na parte superior (Figura 5), aguardando o momento de ser usado nos ensaios.

Figura 4 – Exemplos de peças de madeira infestadas por *Cryptotermes brevis*

Figura 5 – Caixa metálica usada para manutenção das colônias de *Cryptotermes brevis*

O material (madeira) contendo as colônias foi cuidadosamente recortado para a localização dos insetos, os quais foram coletados com auxílio de pinça entomológica e colocados em placas de Petri com papel filtro (Figura 6). No total foram coletados aproximadamente 2.000 indivíduos.

Como a mudança brusca de ambiente pode provocar a mortalidade dos cupins, as placas de Petri foram mantidas em sala climatizada [temperatura de 23°C (± 2) e umidade relativa de 60% (± 4)] e protegidas da luz, por um período mínimo de três dias. Essa aclimação teve por objetivo selecionar os indivíduos mais resistentes, a serem usados no ensaio biológico.

De cada colônia foram coletados alguns soldados para observação sob a lupa e confirmação da espécie. Adicionalmente, foi dada atenção para o controle da idade dos cupins coletados e que seriam disponibilizados para o ensaio. É conhecido que os insetos ainda imaturos, porém próximos à fase reprodutiva, possuem brotos de asas ou brotos alares reduzidos e não mais se alimentam (Lopez, 2014)². Indivíduos com essas características foram descartados.

Figura 6 – Retirada de cupins da madeira infestada – *Cryptotermes brevis*

² Consulta pessoal realizada em 2014, junto ao pesquisador Gonzalo Antonio Carballeira Lopez, do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo.

É importante ser mencionado que a coleta das colônias de *Cryptotermes brevis* foi obrigatoriamente realizada em duas etapas. Nas colônias coletadas na primeira etapa e que estavam armazenadas em laboratório, ocorreu a mortalidade total dos insetos, muito provavelmente por causa da situação climática totalmente adversa verificada no período de verão entre 2012 e 2013; com a ocorrência de temperaturas muito altas e baixa umidade relativa em relação aos valores médios para a região.

Esse fenômeno climático atípico dificultou a obtenção de novas colônias, pois boa parte do material posteriormente coletado apresentava as galerias características da formação de colônias, porém sem a presença de insetos vivos.

Como este fenômeno foi regional, não afetou os ensaios com os cupins de solo (*Nasutitermes corniger*), uma vez que essa atividade contou com a colaboração de uma instituição externa, o Departamento de Ciências Florestais e da Madeira (DCFM), do Centro de Ciências Agrárias (CCA), da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES).

A coleta de colônia de cupim de solo foi realizada nas proximidades do município de Jerônimo Monteiro, ES. Depois de coletada, a mesma foi transportada para as dependências do Departamento de Ciências Florestais e da Madeira (DCFM), do Centro de Ciências Agrárias (CCA), da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), e depositada em uma caixa de 500 L de capacidade, contendo camada de 10 cm de areia umedecida recoberta por papelão umedecido para facilitar a captura dos cupins. A caixa foi suportada por quatro tijolos, imersos em recipientes com água para evitar a fuga dos térmitas (Figura 7).

Figura 7 – Colônia de cupins – *Nasutitermes corniger*

4.3 Tratamentos aplicados às madeiras

Considerando que a presente pesquisa objetivou identificar o(s) efeito(s) da termorretificação na resistência ao ataque de cupins, os tratamentos que foram aplicados na madeira termorretificada e na madeira não tratada visaram isolar os possíveis efeitos do tratamento térmico, ou seja, a alteração química na madeira, a deposição de substâncias inseticidas e a disponibilidade de água. Dessa forma, foram avaliados os seguintes tratamentos, aplicados aos corpos de prova das madeiras de eucalipto (*Corymbia citriodora*) e de pinus (*Pinus taeda*):

- T1: Termorretificada (TR);
- T2: Termorretificada, extraída e seca (TR EX SE);
- T3: Termorretificada, umidade condicionada (TR CO);
- T4: Termorretificada, extraída, umidade condicionada (TR EX CO);
- T5: Testemunha, impregnada com extrativos da madeira termorretificada (TE IP);
- T6: Testemunha (TE).

O planejamento experimental pode ser visualizado na Figura 8.

Figura 8 – Esquema experimental (CH = condicionamento higroscópico; S = serragem da madeira)

4.4 Remoção de extrativos

As extrações, ou remoção dos extrativos, foram conduzidas no LQCE – Laboratórios Integrados de Química, Celulose e Energia do Departamento de Ciências Florestais/ESALQ/USP – Piracicaba/SP, em duas etapas:

a) Extração e determinação do teor de extrativos na serragem: ambas realizadas de acordo com a norma TAPPI T207 cm-88 (1988), para as madeiras tratadas termicamente, na forma de serragem na fração de 10 “mesh” (Figura 9), visando a quantificação do teor de extrativos removidos em água quente, sob fervura. O teor foi calculado segundo a Equação 1.

$$\% \text{ Extrativos} = [(mi - mf) \div mi] \times 100 \quad (1)$$

em que: mi = massa inicial (g) e mf = massa final (g).

Figura 9 – Serragens de *Pinus taeda* e *Corymbia citriodora*, em saquinhos de papel filtro para remoção de extrativos

b) Remoção dos extrativos nos corpos de prova: a extração foi realizada pela disposição dos corpos de prova das madeiras termorretificadas em fervura com água [adaptação da norma TAPPI T207 cm-88 (1988)] (Figura 10), para a realização dos tratamentos T2 e T4. Os corpos de prova foram colocados em Béqueres de 2 L, recobertos com 800 mL de água e, na sequência, postos em manta térmica para fervura durante 10 horas. O volume de 800 mL de água foi mantido, mediante reposição frequente do líquido.

A cada 2 horas houve a coleta da solução obtida e reposição de água no volume de 800 mL. As soluções coletadas tiveram seus volumes reduzidos em 90%, mediante aquecimento

em manta térmica. Os volumes restantes foram colocados em placas de Petri e secos em estufa a 100°C e, posteriormente, armazenados em geladeira.

Figura 10 – Remoção de extrativos, nos corpos de prova, em diferentes conjuntos

4.5 Secagem dos corpos de prova, após remoção de extrativos

Os corpos de prova extraídos e úmidos foram pesados e submetidos ao processo de secagem controlada, em estufa com circulação forçada de ar a 40°C, até atingirem massa constante (Figura 11). O controle da perda de massa foi realizado pela pesagem diária de 10 amostras por conjunto, escolhidas aleatoriamente. Optou-se pela secagem em estufa de circulação forçada de ar por ser executada em ambiente controlado, reduzindo o tempo de secagem e diminuindo a possibilidade do ataque de fungos aos corpos de prova úmidos. Após a secagem, as amostras foram armazenadas em sacos plásticos para evitar o contato com a umidade relativa ambiente. Parte das amostras foi usada neste estado para a montagem do tratamento T2.

Figura 11 – Disposição dos corpos de prova na estufa com circulação forçada de ar

4.6 Condicionamento higroscópico dos corpos de prova

O condicionamento higroscópico foi realizado no LEMMAD – Laboratório de Ensaios Mecânicos de Madeiras e Derivados do Departamento de Ciências Florestais/ESALQ/USP – Piracicaba/SP.

Os corpos de prova termorretificados (com e sem extrativos) de *Corymbia citridora* e de *Pinus taeda* foram expostos a um ambiente com umidade relativa de 100% e com temperatura de 23°C (± 2) (sala climatizada), ao adaptar a metodologia utilizada por Takeshita (2011).

Para obter as condições climáticas desejadas, foi usada uma caixa plástica fechada contendo dois recipientes cheios de água, os quais mantinham a umidade relativa constante dentro da caixa. Os corpos de prova foram dispostos em duas grades vazadas, localizadas acima dos recipientes com água (Figura 12), sendo forçadas a um processo de adsorção. Os controles de pesagem foram realizados diariamente, em três amostras escolhidas aleatoriamente. Quando as amostras acusaram massa constante, todos os corpos de prova foram retirados da caixa, pesados para registro da massa úmida e armazenados em sacos plásticos (menor contato com a umidade relativa ambiente), para serem utilizados nos tratamentos T3 e T4.

Figura 12 – Condicionamento dos corpos de prova (A = recipientes com água; B = grades vazadas; C = disposição das amostras; D = caixa plástica de condicionamento fechada)

4.7 Impregnação de extrativos

A impregnação de extrativos foi conduzida no LQCE – Laboratórios Integrados de Química, Celulose e Energia do Departamento de Ciências Florestais/ESALQ/USP – Piracicaba/SP. Os corpos de prova não tratados termicamente (testemunhas) foram impregnados com solução contendo os extratos obtidos da madeira termorretificada.

Para calibragem de procedimentos e comparação de resultados, foram realizados testes preliminares de impregnação das madeiras não tratadas termicamente com solução de água destilada mais anilina azul, possibilitando também avaliar visualmente a capacidade de penetração da solução nos corpos de prova. O resultado dos testes preliminares permitiu definir a concentração das soluções de extrativos, visando impregnar a madeira testemunha com uma quantidade de extrativos similar à encontrada na madeira termorretificada, tanto para o *Pinus taeda* como para o *Corymbia citriodora*.

A solução para impregnação foi obtida pela aplicação da mesma metodologia usada para a remoção de extrativos na serragem, mencionada no item 4.4 (a). No entanto, para obter o volume de solução suficiente para a impregnação do total de corpos de prova de madeira testemunha, foram utilizados 2 kg de serragem de cada espécie vegetal termotratada.

A metodologia utilizada por Vidal (2011) foi adaptada para a impregnação dos corpos de prova da madeira testemunha. Um dessecador, um recipiente de 240 mL para a colocação das amostras e uma bomba de vácuo formaram o equipamento utilizado para a impregnação. Cada conjunto de sete corpos de prova foi colocado no recipiente (240 mL) e submetido a vácuo (pressão reduzida). Entre as amostras, foram dispostos palitos, do tipo “fósforo”, para assegurar o contato da solução com toda a área superficial dos corpos de prova (Figura 13). As amostras superior e inferior de cada conjunto serviram de bordaduras e foram posteriormente excluídas.

A solução aquosa de extrativos, previamente preparada, foi adicionada no recipiente (240 mL) contendo os corpos de prova testemunhas, até a completa submersão dos mesmos. O conjunto foi submetido a vácuo. Decorrido o tempo previamente estabelecido, o vácuo era aliviado e as amostras permaneciam submersas à pressão ambiente. Esse procedimento foi realizado, individualmente, com dois conjuntos de amostras de cada espécie. Com base nos testes preliminares de impregnação, foi estabelecida e aplicada a seguinte sequência: 1 hora de vácuo e 1 hora à pressão ambiente, para *Pinus taeda*; 1 hora de vácuo, 1 hora à pressão

ambiente, 1 hora de vácuo e 2 horas à pressão ambiente, para *Corymbia citriodora* (tratamento T5). A concentração de extratos na solução de impregnação foi de 0,17 g/mL para as duas espécies estudadas.

O controle de retenção foi realizado mediante a pesagem dos corpos de prova, antes e após o processo de impregnação. A diferença de massa das amostras de madeira correspondeu à solução absorvida, possibilitando o cálculo das retenções obtidas na impregnação.

Figura 13 – Impregnação de extrativos (A = sistema para a impregnação; B = 7 corpos de prova, formando um dos conjuntos para testes com *Cryptotermes brevis*)

4.8 Ensaios de resistência com *Cryptotermes brevis*

Os ensaios foram conduzidos no LEMMAD – Laboratório de Ensaios Mecânicos de Madeiras e Derivados do Departamento de Ciências Florestais/ESALQ/USP – Piracicaba/SP.

Os ensaios foram realizados mediante o isolamento de 40 térmitas, com mangas de PVC, sobre a superfície de dois corpos de prova unidos lateralmente (Figuras 14 e 15), contando-se o número de cupins mortos ao longo dos ensaios e avaliando-se o grau de desgaste (Figura 16 e Tabela 3), após 45 dias de exposição (tempo máximo de ensaio). A proporção populacional foi de 38 pseudo-operários para dois soldados. A temperatura foi de 23°C (± 2) e a umidade relativa de 60% (± 4).

A avaliação do desgaste foi realizada por três pessoas treinadas, como descreve o método, e compreendeu a detecção ou não de dano visual aparente, em decorrência de desgastes superficiais e orifícios causados pelos insetos. Foram realizadas três repetições (conjuntos de duas amostras) para cada tratamento. Isto foi definido em função da quantidade restrita de insetos disponível para os ensaios, por causa da grande dificuldade em se obter madeiras infestadas por colônias de cupins na época da montagem do experimento.

Figura 14 – Dispositivo para ensaios de resistência ao ataque de cupins de madeira seca

Figura 15 – Visão geral de parte do experimento para ensaios de resistência ao ataque de cupins de madeira seca

Tabela 3 – Notas do desgaste provocado por cupins, no ensaio de resistência biológica

Graduação	Desgaste provocado pelos cupins
0	Nenhum desgaste
1	Desgaste superficial
2	Desgaste moderado
3	Desgaste acentuado
4	Desgaste profundo

(Fonte: IPT/DIMAD D2, 1980)

Figura 16 – Escala de danos provocados pelos cupins aos corpos de prova

(Fonte: PESSOA et al., 2006)

Além das avaliações de desgaste, foram determinadas as perdas percentuais de massa das madeiras e o percentual de mortalidade dos cupins *Cryptotermes brevis*.

As perdas de massa foram determinadas pela comparação dos valores obtidos das pesagens dos corpos de prova, após o término do tempo total de submissão da madeira à ação dos cupins (45 dias), em relação aos valores originalmente obtidos para as mesmas amostras, antes dos ensaios. Foram realizadas observações para a detecção e contagem de insetos mortos sobre os corpos de prova, para a obtenção da mortalidade dos cupins. Os valores de contagem obtidos foram usados para a comparação com o número inicial de insetos alocados em cada tratamento. O resultado percentual desta relação foi definido como sendo o percentual de mortalidade dos cupins.

De forma complementar, ao longo de todo o experimento, procurou-se realizar outras observações gerais quanto a alterações morfológicas dos insetos, à mortalidade de soldados, à

mortalidade dos cupins, em função da emissão de ingredientes ativos da termorretificação, e à presença de indivíduos alados.

4.9 Ensaios de resistência com *Nasutitermes corniger*³

Os ensaios foram conduzidos no Departamento de Ciências Florestais e da Madeira (DCFM), do Centro de Ciências Agrárias (CCA), da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES).

4.9.1 Ensaio de alimentação forçada

O ensaio biológico foi realizado conforme o método descrito pela ASTM D – 3345 (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS – ASTM, 2008), com modificações sugeridas por Paes (1997) e descritas em detalhes por Lopes (2014). Foram utilizados corpos de prova de 1,0 x 2,0 x 1,5 cm, com um total de cinco repetições por tratamento.

O ensaio de alimentação forçada foi montado em frascos de 600 mL, com tampa metálica rosqueável. Os frascos foram preenchidos com 200 g de areia lavada, esterilizada em estufa a $103 \pm 2^\circ\text{C}$ por 24 horas, com adição de 36 mL de água destilada, um corpo de prova soterrado até a metade de seu comprimento, encostado em uma das paredes do frasco e $1,0 \pm 0,05$ g do térmita subterrâneo (média de 350 térmitas: 80% operários e 20% soldados). Depois de preparados, os frascos para este ensaio permaneceram em sala climatizada ($27 \pm 2^\circ\text{C}$ e $70 \pm 4\%$ de umidade relativa), durante 28 dias. Decorrido o período do ensaio, os corpos de prova foram removidos dos frascos e lavados com água corrente com auxílio de escova macia, e tiveram a massa anidra final determinada. Na Figura 17, encontram-se ilustrações da montagem do experimento com cupins de solo.

A resistência à deterioração causada pelos térmitas subterrâneos foi avaliada em termos de perda de massa e nota de desgaste dos corpos de prova, além da percentagem de sobrevivência dos insetos, tendo como base a Tabela 4 e a Figura 18.

³ Para esta etapa da pesquisa, contou-se com a colaboração do Departamento de Ciências Florestais e da Madeira (DCFM), do Centro de Ciências Agrárias (CCA), da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES).

Figura 17 – Frascos contendo areia e o corpo de prova submetido ao ataque de *Nasutitermes corniger*
(Fonte: LOPES, 2014)

Tabela 4 – Avaliação do desgaste da madeira e mortalidade dos térmitas

Tipo de desgaste	Nota
Sadio, permitindo escarificações superficiais	10
Ataque superficial	9
Ataque moderado, havendo penetração	7
Ataque intenso	4
Falha, havendo ruptura dos corpos de prova	0
Mortalidade	%
Baixa	0 -33
Moderada	34 - 66
Alta	67 - 99
Total	100

(Fonte: ASTM D – 3345, 2008)

4.9.2 Ensaio de preferência alimentar

Para a realização do ensaio foi coletada uma colônia de *Nasutitermes corniger*, nas proximidades do município de Jerônimo Monteiro, ES. Após a coleta, a mesma foi depositada em uma caixa de 500 L de capacidade, contendo areia umedecida a uma altura de aproximadamente 10 cm do fundo. A caixa foi suportada por quatro tijolos, imersos em recipientes com água, para evitar a fuga dos térmitas. A colônia foi acomodada sob uma grelha plástica, apoiada sobre dois tijolos.

Figura 18 – Padrão de ataque de *Nasutitermes corniger*

(Fonte: ASTM D – 3345, 2008)

O ensaio biológico foi realizado mediante o uso de corpos de prova de 1,0 x 2,0 x 1,5 cm, expostos à ação dos térmitas durante 45 dias. Decorrido o período do ensaio, as amostras foram removidas da caixa, lavadas com água corrente e com auxílio de escova macia, e tiveram a massa anidra final obtida. Corpos de prova de todos os tratamentos foram expostos simultaneamente à ação dos cupins, distribuídos segundo o esquema apresentado na Tabela 5. Para alguns tratamentos, foi possível a submissão de mais do que cinco repetições de amostras. Quando isso ocorreu, para cômputo final de resultados, foram sorteadas cinco amostras.

Tabela 5 – Distribuição dos corpos de prova no ensaio de preferência alimentar

PT1	CT1	PT2	CT2	PT3	CT3	PT4	CT4	PT5	CT5	PT6	CT6
9	11	20	26	35	39	44	53	56	65	12	12
12	10	23	27	31	38	46	52	54	63	8	7
8	9	22	24	33	37	45	50	55	64	7	10
10	8	21	23	36	42	47	55	58	66	10	9
11	13	24	22	34	36	48	56	57	62	11	11
7	14	19	25	32	41	43	54			9	8
	12				40		51				

P = *Pinus taeda*; C = *Corymbia citriodora* e T = tratamento

A resistência à deterioração pelos térmitas subterrâneos foi avaliada em termos de perda de massa dos corpos de prova e pela análise visual do ataque (Tabela 4). A análise visual do ataque foi, para ambos os ensaios com *Nasutitermes corniger*, realizada por cinco pessoas treinadas, como está descrito pela ASTM D – 3345 (2008). A Figura 19 apresenta ilustrações sobre a montagem do ensaio.

Figura 19 – Ensaio de preferência alimentar, *Nasutitermes corniger* (A = Arranjo dos corpos de prova na caixa; B = Corpos de prova sob a grelha plástica)

4.10 Análise estatística

Para a análise da variância foi adotado um delineamento inteiramente casualizado, com arranjo fatorial 2 X 6 X 3 (2 espécies, 6 tratamentos e 3 repetições) para os ensaios com (*Cryptotermes brevis*) e 2 X 6 X 5 (2 espécies, 6 tratamentos e 5 repetições) para os ensaios com (*Nasutitermes corniger*).

Para as variáveis e interações que acusassem significância na análise de variância, foi efetuada a comparação de médias, pelo teste de Tukey. Quando pertinentes, foram também estudadas as correlações entre resultados.

Conforme propõem Gonçalves e Oliveira (2006); Silva (2012) e Lopes (2014), para trabalhos similares ao desenvolvido, os dados de perda de massa e mortalidade foram transformados em arcsen [raíz quadrada ($x/100$)] e as notas de desgaste e tempo de sobrevivência foram transformados em raíz quadrada ($x + 0,5$).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Determinação do teor de extrativos

Os resultados médios dos teores de extrativos solúveis em água quente, para as serragens termicamente tratadas de *Corymbia citriodora* e de *Pinus taeda*, são apresentados na Tabela 6. Os resultados individuais são apresentados nos Anexos.

Tabela 6 – Teores de extrativos solúveis em água quente para as espécies estudadas

Espécies	<i>C. citriodora</i>	<i>P. taeda</i>
Média (%)	4,47	5,55
CV (%)	3,89	5,63

CV = Coeficiente de variação

Ao considerar que a massa específica média da madeira de *Corymbia citriodora* é de 0,97 g/cm³ e a da madeira de *Pinus taeda* é de 0,52 g/cm³, com os valores da Tabela 6, pode-se calcular a concentração de extrativos como sendo de 0,043 g/cm³ e de 0,029 g/cm³, respectivamente.

5.2 Determinação do ganho de massa no condicionamento higroscópico

Os resultados médios do ganho de massa, decorrente do condicionamento higroscópico, são apresentados na Tabela 7 e na Figura 20. O limite máximo de tempo exigido para alcançar o equilíbrio higroscópico dos corpos de prova foi de seis dias, quando as massas de todas as amostras foram constantes. Os resultados individuais das massas dos corpos de prova são apresentados nos Anexos.

É importante destacar que no presente ensaio foi quantificado apenas o ganho de massa e não o teor de umidade na situação de equilíbrio higroscópico. Para se calcular o teor de umidade seria necessário secar as amostras à temperatura de 103°C (± 2) e esse procedimento foi evitado uma vez que esses corpos de prova seriam submetidos aos ensaios de resistência ao ataque de cupins e a exposição à temperatura poderia mascarar os possíveis efeitos da termorretificação.

Ao final do condicionamento, todos os corpos de prova termorretificados (com extrativos e sem extrativos) exibiram aumento de massa ao atingirem o equilíbrio

higroscópico. Vernois (2001) afirmou que as transformações decorrentes da termorreificação resultam em menor higroscopicidade para a madeira submetida ao tratamento térmico e que sua umidade de equilíbrio é alcançada por volta de 4-5% de umidade.

A presença de extrativos exerceu influência na adsorção de água, quantificada pelo aumento de massa. Na comparação entre tratamentos, as amostras de *Corymbia citriodora* e de *Pinus taeda* sem extrativos tiveram maior ganho de massa que aquelas com extrativos. Isso talvez possa ser explicado pelo fato de que, sem a presença de extrativos, teria ocorrido a liberação de sítios de sorção anteriormente ocupados pelas moléculas das substâncias extraídas. Para *Pinus taeda*, suas amostras com e sem extrativos tiveram maiores ganhos de massa que as de *Corymbia citriodora*. Comparativamente, a madeira do *Pinus taeda* continha um teor de extrativos maior que a madeira de *Corymbia citriodora* (Tabela 6), permitindo inferir que as modificações químicas decorrentes da termorreificação foram diferenciadas entre as duas espécies estudadas.

Tabela 7 – Ganho percentual de massa (valores médios) por espécie e situação, após o condicionamento higroscópico

	<i>C. citriodora</i> com extrativos	<i>C. citriodora</i> sem extrativos	<i>P. taeda</i> com extrativos	<i>P. taeda</i> sem extrativos
Média (%)	1,11	3,49	2,76	3,98
CV (%)	13,53	19,23	19,60	7,03

CV = Coeficiente de variação

Figura 20 – Médias dos valores de ganho de massa, por espécie e situação, após o condicionamento higroscópico

5.3 Perda de massa na secagem dos corpos de prova, após extração

Os resultados médios das perdas de massa, ao longo do tempo de secagem, para os corpos de prova testemunhas e tratados termicamente (sem extrativos) de *Corymbia citrionora* e de *Pinus taeda*, estão apresentados nas Tabelas 8 e 9 e nas Figuras 21 e 22. Atingidas 155 horas, observou-se que as massas das amostras estavam constantes. Foram consideradas as 10 amostras aleatórias, escolhidas como controle. Os resultados individuais são apresentados nos Anexos.

Tabela 8 – Massa dos corpos de prova (valores médios), durante a secagem – *Corymbia citrionora*

Madeira testemunha								
Tempo de secagem (h)	0	58	74	103	109	113	139	155
Massa média (g)	13,76	12,03	11,80	11,71	11,60	11,56	11,50	11,49
CV (%)	1,13	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Madeira termorretificada (extraída)								
Tempo de secagem (h)	0	58	74	103	109	113	139	155
Média (g)	13,39	10,43	10,14	10,06	9,96	9,92	9,87	9,87
CV (%)	2,87	2,49	2,35	2,30	2,34	2,34	2,35	2,36

CV = Coeficiente de variação

Tabela 9 – Massa dos corpos de prova (valores médios), durante a secagem – *Pinus taeda*

Madeira testemunha								
Tempo de secagem (h)	0	58	74	103	109	113	139	155
Massa média (g)	12,00	5,68	5,52	5,47	5,45	5,43	5,42	5,45
CV (%)	6,97	2,88	2,61	2,55	2,59	2,60	2,54	2,56
Madeira termorretificada (extraída)								
Tempo de secagem (h)	0	58	74	103	109	113	139	155
Média (g)	11,66	5,58	5,34	5,31	5,28	5,26	5,26	5,28
CV (%)	3,21	4,62	5,09	5,05	5,10	5,07	5,06	5,04

CV = Coeficiente de variação

Figura 21 – Perda de massa para *Corymbia citriodora*, ao longo da secagem Figura 22 – Perda de massa para *Pinus taeda*, ao longo da secagem

Para os corpos de prova não tratados e termorretificados (sem extrativos) de *Corymbia citriodora* e de *Pinus taeda*, houve uma queda brusca no valor de suas massas, logo nas primeiras 58 horas de secagem. As amostras testemunhas de *Corymbia citriodora* perderam menos massa que as tratadas termicamente. Para *Pinus taeda*, os dois tipos de amostras exibiram semelhanças, em relação à perda de massa. Durante a secagem de *Pinus taeda* (testemunhas e termorretificadas), a perda de massa foi maior que a ocorrida com *Corymbia citriodora*.

Essa perda de massa corresponde à perda de umidade, que não foi quantificada para não introduzir uma possível alteração no material [seria necessário a secagem das amostras a

103°C (± 2)], dificultando a análise e comparação das diferenças de comportamento entre as amostras dos diferentes tratamentos. O aspecto mais importante é que as amostras atingiram massa constante, que evidencia terem atingido o equilíbrio higroscópico para as condições do experimento.

5.4 Impregnação

Os resultados dos ensaios preliminares indicaram, como era esperado, que a impregnação das amostras de *Pinus taeda* é total e que a impregnação das amostras de *Corymbia citriodora* é apenas superficial, com uma penetração de 0,06 cm de profundidade em relação às superfícies da amostra. Assim, para os cálculos de retenção, considerou-se o volume total dos corpos de prova de *Pinus taeda* e o volume representado por duas camadas superficiais com 0,06 cm de espessura para o *Corymbia citriodora*. Os resultados médios obtidos na impregnação das amostras destinadas aos ensaios com cupins são apresentados na Tabela 10. Os resultados individuais são apresentados nos Anexos.

Tabela 10 – Retenção obtida na impregnação das amostras, das duas espécies em estudo, com a solução de extratos

	<i>C. citriodora</i>			<i>P. taeda</i>		
	Massa inicial (g)	Massa final (g)	Retenção (g/cm ³)	Massa inicial (g)	Massa final (g)	Retenção (g/cm ³)
Corpos de prova para o ensaio com cupins de madeira seca						
Média	11,65	12,14	0,038	5,65	7,86	0,034
CV	1,13	1,04	4,94	2,92	4,40	9,95
Corpos de prova para o ensaio com cupins de solo						
Média	4,67	4,81	0,069	1,96	2,56	0,034
CV	1,60	1,43	9,79	2,87	3,57	9,39

CV = Coeficiente de variação

A concentração de extrativos na madeira termorretificada foi de 0,043 g/cm³ para o *Corymbia citriodora* e de 0,029 g/cm³ para o *Pinus taeda* (item 6.1). Ao comparar os valores com os resultados da Tabela 10, verifica-se que a impregnação permitiu atingir, na madeira não submetida ao tratamento térmico, concentrações de extrativos similares às da madeira

termorretificada. A exceção foi o lote de amostras destinadas ao ensaio com cupins de solo, cuja concentração de extratos foi 60% superior ao da madeira termorretificada.

5.5 Ensaio de resistência com *Cryptotermes brevis*

Os resultados médios das perdas de massa, as notas de desgaste das madeiras e a mortalidade de insetos para o *Corymbia citridora* e o *Pinus taeda*, estão apresentados nas Tabelas de 11 a 13 e nas Figuras de 23 a 25 (os resultados individuais são apresentados nos Anexos). A Figura 26 exhibe detalhes ilustrativos de exemplos de corpos de prova, após o ensaio.

Tabela 11 – Valores médios da perda de massa, (%), das amostras submetidas ao ataque de *Cryptotermes brevis*

Tratamento	T1 (TR)	T2 (TR EX SE)	T3 (TR CO)	T4 (TR EX CO)	T5 (TE IP)	T6 (TE)
<i>P. taeda</i>						
Média (%)	0,19 ^F	0,48 ^E	1,71 ^C	8,10 ^B	0,68 ^D	18,13 ^A
CV (%)	5,93	5,41	2,94	2,16	2,54	1,81
<i>C. citriodora</i>						
Média (%)	0,19 ^D	0,15 ^C	0,06 ^E	1,30 ^B	0,14 ^C	3,23 ^A
CV (%)	9,88	5,60	51,91	2,17	12,97	12,86

CV = Coeficiente de variação

Médias seguidas pela mesma letra, no sentido horizontal, não são significativamente diferentes entre si ($\alpha > 5\%$), pelo Teste de Tukey

Figura 23 – Valores médios (%) da perda de massa das amostras submetidas ao ataque de *Cryptotermes brevis*

Os resultados da perda de massa indicam diferenças importantes entre os tratamentos e as espécies estudadas. Houve uma maior incidência de perda de massa para a madeira original de *Pinus taeda*, resultado que já era previsível, tendo em vista a mesma ser considerada bastante suscetível ao ataque de agentes biológicos. A distinção entre espécies ainda se manteve presente, ao ser considerada a influência da termorreificação, em que o *Pinus taeda* continuou a ter as maiores perdas de massa.

Respeitadas as diferenças de magnitude dos resultados entre espécies, constatou-se que houve efeito benéfico da termorreificação, em relação à redução da perda de massa das madeiras. Isso significa que, comparativamente à madeira original, o *Cryptotermes brevis* não encontrou o ambiente usual favorável para sua ação. Tal resultado combina com o que tem sido indicado na literatura, como é o caso do trabalho desenvolvido por Pessoa et al. (2006), que avaliaram a madeira termorreificada de *Eucalyptus grandis*, tratado termicamente, frente ao ataque da mesma espécie de cupim.

Somente para o *Pinus taeda* foi constatada a influência da umidade na perda de massa da madeira, por causa do ataque dos insetos. A adsorção de umidade, durante o condicionamento higroscópico, conduziu a perda de massa para 1,71%, contra apenas 0,19% do material termorreificado original não condicionado. A degradação foi 10 vezes maior para a madeira úmida, sendo significativa a diferença entre as médias.

No caso da madeira termorreificada, após a remoção de seus extrativos, o efeito do condicionamento de umidade foi ainda mais intenso, sendo constatado tanto para o *Pinus taeda* como para o *Corymbia citriodora*, em uma magnitude maior para a primeira espécie. Para o *Corymbia citriodora*, a perda de massa passou de 0,15 para 1,30% e, para o *Pinus taeda*, o valor subiu de 0,48 para 8,10%, sendo significativas as diferenças entre as médias.

É interessante destacar que, para o tratamento em que foi processado o condicionamento higroscópico da madeira termorreificada livre de extrativos, ocorreu um significativo aumento da percentagem da perda de massa, comparativamente ao tratamento de condicionamento higroscópico com a madeira termotratada integral. Provavelmente, isso tenha ocorrido devido à liberação de espaço e de sítios de adsorção, no interior das peças de madeira, por conta da remoção daqueles compostos químicos. Uma maior disponibilidade de água teria proporcionado condições mais favoráveis para a ação do *Cryptotermes brevis*.

É conveniente lembrar que Lepage (1986) afirmou que os cupins da espécie *Cryptotermes brevis* instalam suas colônias em peças de madeira com teores de umidade

variando entre 10 e 12%. Pode-se depreender, portanto, que a umidade é uma questão relevante, quanto à metodologia de avaliação da ação do *Cryptotermes brevis*. A norma existente não é totalmente clara em relação a isso e, talvez, possa ser de interesse a discussão da hipótese da indicação do condicionamento dos corpos de prova até a umidade de equilíbrio, visando oferecer uma condição mais favorável, para testar a ação dos insetos na madeira.

A remoção dos extrativos não favoreceu a degradação da madeira de *Corymbia citriodora*, contudo, observou-se comportamento oposto em relação à madeira de *Pinus taeda*. Adicionalmente, verificou-se que as testemunhas impregnadas com o extrato da madeira termorretificada apresentaram perda de massa significativamente menor em relação às testemunhas não impregnadas. Esse efeito foi mais acentuado na madeira de *Pinus taeda* em comparação com a madeira de *Corymbia citriodora*.

A análise do conjunto de resultados demonstrou que existe uma diferença de comportamento entre as espécies para a interação dos extrativos com a umidade disponível, permitindo inferir que a qualidade do extrativo gerado durante a termorretificação é distinta, em função das diferenças de composição química entre as espécies, e que os extrativos já possuam, por si só, propriedades inibidoras ao ataque dos insetos. Essa ação inibidora dos extrativos pode ser mascarada se houver disponibilidade suficiente de água na madeira.

Tabela 12 – Notas médias do desgaste observado nas amostras submetidas ao ataque de *Cryptotermes brevis*

Tratamento	T1 (TR)	T2 (TR EX SE)	T3 (TR CO)	T4 (TR EX CO)	T5 (TE IP)	T6 (TE)
<i>P. taeda</i>						
Média	0,00	0,00	1,30	1,70	0,30	3,00
CV	-	-	33,30	34,60	17,20	-
<i>C. citriodora</i>						
Média	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	2,00
CV	-	-	-	-	-	-

CV = Coeficiente de variação

Ocorreram diferenças importantes, entre os tratamentos avaliados, quanto à atribuição de notas relacionadas ao desgaste causado pelos cupins de madeira seca. O maior dano ocorreu na madeira testemunha de *Pinus taeda*, na qual o desgaste foi considerado acentuado, resultado que também já era previsível, tendo em vista a madeira de pinus ser considerada suscetível ao ataque de cupim, conforme relataram Gonçalves e Oliveira (2006). Para *Pinus* sp., os referidos autores indicaram nota 4,0 para o desgaste causado pelo ataque de *Cryptotermes brevis*, o que é considerado um desgaste profundo na mesma. Na presente pesquisa, a nota atribuída foi 3,0, que representa um desgaste acentuado.

Figura 24 – Valores médios do desgaste observado nas amostras submetidas ao ataque de *Cryptotermes brevis*

Pode-se constatar que houve efeito benéfico da termorretificação, pela diminuição dos desgastes nos corpos de prova. As madeiras termorretificadas de *Pinus taeda* e de *Corymbia citriodora* apresentaram resultados classificados como de desgaste abaixo do moderado e desgaste superficial, respectivamente. Tal fato confirma aquilo que foi alcançado para os resultados de perda de massa, em que o cupim teria encontrado um ambiente menos favorável para sua ação, por causa do tratamento térmico realizado na madeira natural.

Os resultados acompanham os obtidos por Pessoa et al. (2006), em que a termorretificação da madeira de *Eucalyptus grandis*, processada na temperatura de 200°C, apresentou desgaste próximo ao moderado, enquanto na madeira testemunha, o desgaste se aproximou de acentuado.

Acompanhando o que também foi observado nos resultados de perda de massa, manteve-se a tendência para que o *Pinus taeda* exibisse os maiores danos, dentre as madeiras submetidas à termorretificação. Considerando o tratamento em que a madeira foi submetida, o *Corymbia citriodora* exibiu desgaste apenas superficial, enquanto, para o *Pinus taeda*, o desgaste se aproximou da classe moderada.

Com relação à influência da umidade, apenas para o *Pinus taeda* houve a implicação do condicionamento higroscópico, no aumento do desgaste da madeira provocado pelo cupim. A nota de desgaste passou de zero (nenhum desgaste), no material termorretificado original não condicionado, para 1,3 (desgaste entre superficial e moderado), no material submetido à termorretificação e condicionado. Os resultados estão coerentes com o que foi observado para a perda de massa, na sua relação com o condicionamento higroscópico.

No caso da madeira termorretificada que teve remoção de seus extrativos, o efeito do condicionamento de umidade foi maior, sendo constatado, tanto para o *Pinus taeda* como para o *Corymbia citriodora*. No caso do *Corymbia citriodora*, a nota de desgaste passou de zero (nenhum desgaste) para 1,0 (desgaste superficial) e, para o *Pinus taeda*, o valor subiu de zero para 1,7 (próximo da classificação de desgaste moderado).

A remoção dos extrativos, sem a adição de umidade, não favoreceu o ataque dos cupins. Contudo, a ação isolada dos extrativos (impregnados na madeira testemunha) foi efetiva para evitar o desgaste nas duas espécies, corroborando a hipótese já lançada da existência de outros quesitos, além da simples presença desses compostos químicos, influenciando a ação dos insetos sobre as madeiras termorretificadas.

Tabela 13 – Valores médios da mortalidade observada nas amostras submetidas ao ataque de *Cryptotermes brevis*

Tratamento	T1 (TR)	T2 (TR EX SE)	T3 (TR CO)	T4 (TR EX CO)	T5 (TE IP)	T6 (TE)
<i>P. taeda</i>						
Média (%)	95,0 ^B	97,1 ^A	82,5 ^D	57,2 ^E	87,3 ^C	12,5 ^F
CV (%)	1,10	0,40	0,70	1,40	0,90	4,40
<i>C. citriodora</i>						
Média (%)	85,2 ^A	83,8 ^A	74,3 ^B	70,3 ^B	89,3 ^A	10,5 ^C
CV (%)	2,60	1,50	0,80	2,20	6,60	4,80

CV = Coeficiente de variação

Médias seguidas pela mesma letra, no sentido horizontal, não são significativamente diferentes entre si ($\alpha > 5\%$), pelo Teste de Tukey

Figura 25 – Valores médios (%) referentes à mortalidade de cupins, observada nos ensaios com *Cryptotermes brevis*

As menores mortalidades ocorreram nas madeiras testemunhas, tanto de *Pinus taeda* (12,50%) como de *Corymbia citriodora* (10,50%). Em ensaio similar e com a mesma espécie de cupim, Gonçalves e Oliveira (2006) e Pessoa et al. (2006) relataram, respectivamente para *Pinus* sp. e *Eucalyptus grandis*, sem qualquer tratamento, valores de mortalidade de 17,50 e 28,17%.

Houve benefícios da aplicação do processo de termorretificação, tanto para *Pinus taeda* como para *Corymbia citriodora*, considerando-se a mortalidade de cupins da espécie *Cryptotermes brevis*. As madeiras termorretificadas tiveram um aumento do percentual de mortalidade dos insetos, expressando valores acima de 57,00%, no caso do *Pinus taeda*, e superior a 70%, para o caso do *Corymbia citriodora*.

Comparativamente à madeira natural, os resultados coadunam com os alcançados para a perda de massa e para o desgaste das madeiras, sugerindo que o cupim teria encontrado um ambiente menos propício para sua ação, em função do tratamento térmico das madeiras. Pessoa et al. (2006) também relataram tal tipo de comportamento para a mortalidade do *Cryptotermes brevis*, para a madeira de *Eucalyptus grandis* termorretificada a 200°C. Comparativamente a este estudo, no entanto, as diferenças aqui encontradas, considerando os resultados das testemunhas e dos materiais termorretificados, foram bem mais acentuadas, tanto para o *Pinus taeda*, como para o *Corymbia citriodora*.

Com relação à umidade, tanto o *Pinus taeda*, como o *Corymbia citriodora* exibiram resultados indicando a influência do condicionamento higroscópico na redução da

mortalidade dos cupins. A absorção de umidade fez com que o valor de mortalidade observado para o material termorretificado de *Pinus taeda* reduzisse de 95,00 para 82,50%, após o condicionamento. No caso do *Corymbia citriodora*, a redução foi de 85,20 para 74,30%. Os resultados estão coerentes com o que foi observado no caso da perda de massa e do desgaste, provocado pela ação dos insetos.

A influência do condicionamento higroscópico também foi observada na madeira termorretificada, após esta ter sido submetida à remoção dos seus extrativos. No caso do *Pinus taeda*, a mortalidade foi reduzida de 97,10 para 57,20% e, para o *Corymbia citriodora*, de 83,80 para 70,30%. Confirma-se, desse modo, a importância do oferecimento de uma condição mínima de umidade, no substrato de desenvolvimento do *Cryptotermes brevis*, para potencializar sua ação.

Tanto o efeito da remoção dos extrativos da madeira termorretificada, como o efeito da impregnação desses extrativos na madeira testemunha apresentaram o mesmo comportamento já observado em relação à perda de massa e ao desgaste, validando os comentários precedentes quanto à capacidade inibidora dos extrativos e à possível interação com a espécie e com a umidade disponível.

Figura 26 – Amostras de *Pinus taeda* (testemunhas) ilustrando o desgaste causado pelos cupins

As Figuras de 27 a 32 exibem gráficos referentes às correlações entre os parâmetros analisados nos ensaios com *Cryptotermes brevis*. De modo geral, constatou-se a correlação entre os parâmetros analisados, com coeficientes de determinação (r^2) superiores a 0,85, tanto para o *Pinus taeda* como para o *Corymbia citriodora*.

À medida que ocorreu incremento na perda de massa das madeiras, também ocorreu o aumento da nota do desgaste causado pelos cupins e também verificou-se redução na mortalidade desses insetos, em função dos tratamentos aplicados. Os resultados permitiram que pudessem ser tiradas considerações com relação à definição dos tipos de elementos a serem estudados em pesquisas com *Cryptotermes brevis*. Nesse contexto, e dentro dos limites dos procedimentos e dos resultados alcançados no presente estudo, poderia ser sugerida a possibilidade da escolha de apenas um, dentre os três fatores aqui avaliados (perda de massa, nota de desgaste e mortalidade dos insetos), uma vez que, tal procedimento já seria suficiente para determinar a ação do cupim. A possibilidade de redução nas atividades experimentais poderia ser vislumbrada, quando, por qualquer razão, haja alguma limitação para a realização de todas as avaliações. A atribuição de notas ao desgaste, por exemplo, é subjetiva e não tão precisa quanto os demais itens medidos.

Figura 27 – Correlação entre mortalidade de cupins e perda de massa, amostras de *Pinus taeda*

Figura 28 – Correlação entre nota de ataque e mortalidade de cupins, amostras de *Pinus taeda*

Figura 29 – Correlação entre nota de ataque e perda de massa, amostras de *Pinus taeda*

Figura 30 – Correlação entre mortalidade de cupins e perda de massa, amostras de *Corymbia citriodora*

Figura 31 – Correlação entre nota de ataque e mortalidade de cupins, amostras de *Corymbia citriodora*

Figura 32 – Correlação entre nota de ataque e perda de massa, amostras de *Corymbia citriodora*

Como escrito anteriormente, ao longo de todo o ensaio foram realizadas observações complementares, sem valores quantitativos. As mesmas agregaram dados qualitativos quanto às alterações morfológicas dos insetos, à mortalidade dos insetos e à presença de indivíduos alados.

Ao final dos 45 dias do ensaio, os insetos sobreviventes da espécie *Cryptotermes brevis*, para todos os tratamentos com madeiras termorretificadas de *Pinus taeda* e de *Corymbia citriodora*, apresentaram alguns indivíduos bastante diminutos e com deformidade em sua morfologia. Para as madeiras não termotratadas, de ambas as espécies, essas modificações não foram observadas.

Nos tratamentos com as madeiras naturais, houve a sobrevivência da casta dos soldados até o final do ensaio. Em todos os outros tratamentos, para as duas espécies, os mesmos tiveram sua mortalidade detectada entre o primeiro e o terceiro dia do início do experimento, provavelmente por não estarem sendo alimentados de forma adequada pelos pseudo-operários.

A alta mortalidade observada demonstrou que as madeiras termorretificadas não foram um substrato favorável para o desenvolvimento de *Cryptotermes brevis*. No entanto, a mortalidade, exceção aos soldados, não ocorreu de forma concentrada nos primeiros dias e sim ao longo do ensaio. Sugere-se que, para os pseudo-operários, a emissão de ingredientes biocidas, decorrentes do processo de termorretificação, é baixa. Possivelmente, os insetos morreram pela falta de alimento, resultante da dificuldade de reconhecimento do substrato de alimentação. O efeito tóxico pode ter se manifestado (deformidades morfológicas) nos indivíduos que conseguiram ingerir algo do substrato. Aparentemente, a toxicidade do

material termotratado é baixa, o que seria positivo, pois permitiria o uso da madeira termorretrificada em ambientes domésticos internos.

Outra possível inferência é de que os extratos tenham ação repelente, a qual, combinada com a reduzida disponibilidade de água, tornaria a madeira termotratada resistente ao ataque dos cupins de madeira.

Pessoa et al. (2006) observaram a presença de cupins alados ao longo dos 45 dias de experimento. O mesmo não ocorreu na presente pesquisa. Quando não se atenta à escolha correta da idade dos insetos a serem utilizados (sendo esta sempre anterior ao aparecimento dos brotos reduzidos de asas ou brotos alares), existe a possibilidade dos indivíduos atingirem sua fase reprodutiva (adultos alados), durante o ensaio, o que poderia mascarar os resultados, uma vez que eles não mais atacam a madeira.

5.6 Ensaio de alimentação forçada com *Nasutitermes corniger*

Os resultados médios das perdas de massa, níveis de ataque e tempo de sobrevivência dos cupins de solo, submetidos às madeiras de *Corymbia citriodora* e de *Pinus taeda*, estão apresentados nas Tabelas de 14 a 16 e nas Figuras de 33 a 35.

A Figura 36 traz ilustrações dos corpos de prova, após os testes, sendo que os resultados individuais são apresentados nos Anexos.

Tabela 14 – Valores médios da perda de massa, (%), das amostras submetidas ao ataque de *Nasutitermes corniger*, ensaio de alimentação forçada

Tratamento	T1 (TR)	T2 (TR EX SE)	T3 (TR CO)	T4 (TR EX CO)	T5 (TE IP)	T6 (TE)
<i>P. taeda</i>						
Média (%)	0,94 ^C	12,26 ^B	3,96 ^C	14,12 ^B	1,11 ^C	22,95 ^A
CV (%)	50,73	22,59	54,05	52,34	74,31	4,56
<i>C. citriodora</i>						
Média (%)	2,58 ^{BC}	3,19 ^B	1,47 ^C	3,69 ^B	1,17 ^C	21,34 ^A
CV (%)	23,98	45,70	24,47	30,83	20,66	5,70

CV = Coeficiente de variação

Médias seguidas pela mesma letra, no sentido horizontal, não são significativamente diferentes entre si ($\alpha > 5\%$), pelo Teste de Tukey

Figura 33 – Médias da perda de massa das amostras submetidas ao ataque de *Nasutitermes corniger*, ensaio de alimentação forçada

Os resultados indicaram diferenças importantes entre os tratamentos avaliados, para a perda de massa das madeiras submetidas à ação do *Nasutitermes corniger*, considerando o oferecimento da alimentação forçada. Esta espécie de cupim é considerada bastante agressiva e, comparativamente ao constatado no caso do *Cryptotermes brevis*, as perdas de massa foram maiores.

Apesar das diferenças entre as espécies de madeira não serem expressivas, foi constatada uma leve tendência para uma maior perda de massa no caso do *Pinus taeda* (22,95%), em relação ao *Corymbia citriodora* (21,34%). Para efeito comparativo, Ferreira et al. (2004) reportaram perda de massa de 19,70%, para a deterioração da madeira de *Eucalyptus grandis*, pelo *Nasutitermes corniger*.

A diferença entre espécies ainda se manteve, no caso das madeiras termorretificadas, e, de modo geral, constatou-se que houve efeito benéfico da termorretificação, em relação à redução da perda de massa das madeiras. Significa que, comparativamente à madeira natural, o *Nasutitermes corniger* não teve à sua disposição um ambiente favorável para sua ação. Isto coaduna com os resultados obtidos por Silva (2012), em estudo conduzido com madeiras nas mesmas condições deste estudo.

Com relação à influência da umidade na perda de massa da madeira, devido ao ataque dos cupins, somente para o *Pinus taeda* constatou-se alguma tendência de alteração importante. A adsorção de umidade, causada pelo condicionamento higroscópico, fez com

que a perda de massa da madeira chegasse a 3,96%, contra apenas 0,94% do material termorretificado original sem o mesmo condicionamento, apesar da diferença entre médias não ser significativa.

No caso da madeira termorretificada, após a remoção de seus extrativos, o efeito do condicionamento higroscópico da madeira de *Pinus taeda* induziu a um leve acréscimo na perda de massa da madeira, passando de 12,26 para 14,12%, apesar da diferença não ser significativa.

Para os tratamentos de termorretificação do *Pinus taeda*, constatou-se que a remoção dos extrativos implicou no aumento da ação do cupim de solo, tornando a madeira mais suscetível ao ataque do inseto. Tal resultado sugere uma ação adversa bastante significativa de produtos resultantes da termodegradação da madeira do *Pinus taeda*, contidos na fração de seus extrativos. Isso ficou ainda mais configurado, uma vez que, quando se realizou a impregnação da madeira natural, com os extrativos obtidos da madeira termorretificada, houve uma drástica redução da ação do cupim, detectada pela baixa perda de massa, com valores situados na mesma ordem de grandeza daqueles obtidos para a madeira termorretificada integral.

No caso do *Corymbia citriodora*, não foi detectada contribuição dos extrativos para a inibição da ação do cupim de solo, considerando a perda de massa das madeiras termorretificadas. Isto sugere que a madeira assim tratada, desta espécie, deve apresentar outros fatores, além da simples presença dos extrativos, que influenciam os resultados. Deve-se destacar que os teores de extrativos encontrados para as madeiras termorretificadas das duas espécies foram muito próximos (*Pinus taeda* = 5,55% e *Corymbia citriodora* = 4,47%). Isto sugere que a diferença de ação, especificamente para o *Nasutitermes corniger*, não está na quantidade de extrativos removidos, mas sim, na composição química dos produtos gerados no tratamento térmico que, no caso do *Corymbia citriodora*, pode significar a presença de compostos químicos mais adversos. No caso do *Pinus taeda*, existiria a probabilidade de que isso possa aparecer a partir de compostos gerados na degradação da resina.

De forma geral, tanto para o *Pinus taeda*, como para *Corymbia citriodora*, foi constatada uma maior agressividade de ataque do *Nasutitermes corniger*, em relação ao *Cryptotermes brevis*, levando-se em conta a comparação de resultados observados para a perda de massa dos materiais analisados.

Tabela 15 – Notas médias do desgaste observado nas amostras submetidas ao ataque de *Nasutitermes corniger*, ensaio de alimentação forçada

Tratamento	T1 (TR)	T2 (TR EX SE)	T3 (TR CO)	T4 (TR EX CO)	T5 (TE IP)	T6 (TE)
<i>P. taeda</i>						
Média	10,00	9,00	9,40	10,0	10,00	7,00
CV	-	-	5,80	-	-	-
<i>C. citriodora</i>						
Média	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	7,00
CV	-	-	-	-	-	-

CV = Coeficiente de variação

Figura 34 – Valores médios do desgaste observado nas amostras submetidas ao ataque de *Nasutitermes corniger*, ensaio de alimentação forçada

Não houve influência da espécie de madeira no desgaste causado pelo ataque dos cupins, pois tanto para o *Pinus taeda* como para o *Corymbia citriodora*, foram observadas as mesmas tendências de comportamento.

Diferentemente do caso dos cupins de madeira seca, a metodologia atribui as maiores notas para as madeiras que apresentam os menores desgastes. Na comparação com a testemunha, ou seja, a madeira natural, foi constatado o efeito benéfico da termorreificação. De forma geral, as madeiras submetidas a tal processo exibiram maiores notas, indicando que, nessa condição, o cupim teria encontrado um ambiente menos propício para sua ação.

Enquanto, para as madeiras termotratadas, as menores notas foram 9,00 (madeira de *Pinus taeda*) e 10,00 (madeira de *Corymbia citriodora*), sendo os ataques classificados como superficial e sadio; no caso da testemunha, a nota atribuída foi 7,00, considerando ambas as espécies de madeira. Essa última nota é utilizada para situações de ataque moderado com penetração de insetos.

Considerando-se apenas os efeitos dos tratamentos de termorreificação, de modo geral, não foram constatadas influências relacionadas às condições de umidade e ao teor de extrativos das madeiras.

É importante ainda mencionar que, para o *Nasutitermes corniger*, a norma do ensaio baseia-se na definição de padrões de comparação visual dos desgastes. Neste contexto, os resultados encontrados sugerem uma especial atenção nas avaliações, visto que, não foi constatada a existência de correlação entre os resultados das notas de ataque e os resultados obtidos para a perda de massa das amostras. É claro que se trata apenas de uma observação pontual e restrita ao âmbito das condições da pesquisa desenvolvida, o que não pode ser considerado como suficiente para conclusões definitivas acerca da questão.

Tabela 16 – Tempo médio de sobrevivência, ensaio de alimentação forçada com *Nasutitermes corniger*

Tratamento	T1 (TR)	T2 (TR EX SE)	T3 (TR CO)	T4 (TR EX CO)	T5 (TE IP)	T6 (TE)
<i>P. taeda</i>						
Média	16,8 ^C	25,8 ^A	23,0 ^{AB}	27,4 ^A	18,0 ^{BC}	22,0 ^{ABC}
CV	21,60	4,20	21,10	3,30	9,60	12,40
<i>C. citriodora</i>						
Média	18,8 ^A	18,4 ^A	15,0 ^B	20,0 ^A	18,4 ^A	20,4 ^A
CV	8,70	4,90	18,90	7,40	4,90	8,20

CV = Coeficiente de variação

Médias seguidas pela mesma letra, no sentido horizontal, não são significativamente diferentes entre si ($\alpha > 5\%$), pelo Teste de Tukey

Figura 35 – Tempo médio de sobrevivência, ensaio de alimentação forçada com *Nasutitermes corniger*

Houve significativa influência da espécie de madeira nos resultados referentes ao tempo de sobrevivência dos cupins. Para a maioria dos tratamentos com o *Pinus taeda*, o tempo foi mais longo do que o observado para o *Corymbia citriodora*. No caso das madeiras testemunhas, isto correspondeu a 22,0 e 20,4 dias, respectivamente. Para efeito comparativo, Silva (2012), para materiais equivalentes aos pesquisados, encontrou valores de 16,6 e 14,4 dias de sobrevivência, respectivamente para o *Pinus taeda* e o *Corymbia citriodora*, confirmando que a madeira da primeira espécie é mais suscetível ao ataque dos cupins.

De forma geral, a termorreificação conduziu à redução do tempo de sobrevivência dos cupins, comparando-se os resultados obtidos nos tratamentos com as madeiras naturais. Para o *Pinus taeda*, a redução foi de 22,0 para 16,8 dias e, para o *Corymbia citriodora*, de 20,4 para 18,8 dias, quais sejam as reduções de 23,64% e de 7,84%, respectivamente. O maior valor de redução exibido pelo *Pinus taeda* confirmou sua resposta mais efetiva ao processo de termorreificação do que no caso do *Corymbia citriodora*.

Houve tendência para que a madeira termorreificada, após a remoção de seus extrativos, proporcionasse melhores condições de ação dos cupins, podendo isto ser deduzido pelos tempos de sobrevivência dos insetos terem sido maiores em tais tratamentos, comparativamente à madeira termorreificada contendo extrativos. Isto foi substancialmente importante, sobretudo, para a madeira de *Pinus taeda*. Interessante aspecto é o de que, para a espécie, o tempo de sobrevivência dos cupins foi até maior do que o observado para a madeira testemunha.

Embora os valores médios possam ser considerados estatisticamente iguais, o efeito dos extrativos ficou evidenciado pela redução no tempo de sobrevivência dos cupins nas amostras impregnadas com os extrativos. No caso, para as ambas as espécies, os resultados das impregnações estiveram próximos aos encontrados para a madeira termorretificada. É conveniente recordar que a remoção dos extrativos, por si só, também implicou em aumento da ação do cupim de solo, considerando-se a perda de massa da madeira de *Pinus taeda*.

Tanto para o *Pinus taeda*, como para o *Corymbia citriodora*, o condicionamento higroscópico (pós extração) das madeiras mostrou-se benéfico para o *Nasutitermes corniger*, pois houve aumento no tempo de sobrevivência dos insetos. Isto sugere que, mesmo considerando a existência de umidade no solo, como condição básica de sobrevivência dos cupins, a presença de água em quantidade adequada na própria madeira é elemento importante para otimizar a sua ação. Para ambas as espécies de madeira, houve tendência para que a remoção dos extrativos incrementasse as ações dos insetos, nas madeiras higroscopicamente condicionadas, apesar das diferenças entre os tratamentos não terem sido significativas.

Figura 36 – Corpos de prova de *Pinus taeda*, após o ensaio de alimentação forçada com *Nasutitermes corniger*

5.7 Ensaio de preferência alimentar com *Nasutitermes corniger*

Os resultados médios da perda de massa das amostras e do nível de desgaste provocado pelo ataque dos cupins são apresentados nas Tabelas 17 e 18, e nas Figuras 37 e 38.

A Figura 39 traz ilustrações dos corpos de prova, durante os testes, sendo que os resultados individuais são apresentados nos Anexos.

Tabela 17 – Valores médios da perda de massa, (%), das amostras submetidas ao ataque de *Nasutitermes corniger*, ensaio de preferência alimentar

Tratamento	T1 (TR)	T2 (TR EX SE)	T3 (TR CO)	T4 (TR EX CO)	T5 (TE IP)	T6 (TE)
<i>P. taeda</i>						
Média (%)	100,0 ^A	100,0 ^A	100,0 ^A	100,0 ^A	100,0 ^A	100,0 ^A
CV (%)	-	-	-	-	-	-
<i>C. citriodora</i>						
Média (%)	42,4 ^A	84,5 ^B	49,0 ^A	95,0 ^C	9,0 ^D	67,0 ^E
CV (%)	21,01	18,43	37,86	6,44	52,80	3,32

CV = Coeficiente de variação

Médias seguidas pela mesma letra, no sentido horizontal, não são significativamente diferentes entre si ($\alpha > 5\%$), pelo de Teste Tukey

Figura 37 – Valores médios da perda de massa, (%), das amostras submetidas ao ataque de *Nasutitermes corniger*, ensaio de preferência alimentar

A perda de massa no ensaio de preferência alimentar mostrou a influência da espécie de madeira. No caso, o *Pinus taeda* foi totalmente consumido, demonstrando não haver barreira de impedimento, provocada por qualquer um dos tratamentos testados, a qual pudesse inibir a ação dos insetos. Não foi realizada avaliação temporal da ação dos cupins, porém, pode ser suposto que, na preferência alimentar, a madeira de *Pinus taeda* deva ter proporcionado um maior tempo de ação dos insetos, provavelmente sendo a primeira opção de escolha para alimentação dos mesmos.

A madeira natural de *Corymbia citriodora* exibiu uma perda de massa de 67,0%. A título de referência comparativa, pode-se citar que Lopes (2014), ao realizar ensaios similares de preferência alimentar com o *Nasutitermes corniger*, pelo emprego de madeira de *Eucalyptus urograndis*, encontrou o resultado de 100,0% de perda de massa e, para *Corymbia torreliana*, resultados entre 97,8% e 100,0%.

A madeira de *Corymbia citriodora* exibiu efeito do tratamento de termorretificação, quando comparada à madeira natural. A perda de massa dessa última foi de 67,0%, contra 42,4% da madeira termotratada. Repetiu-se também a mesma tendência observada para o ensaio de alimentação forçada, em que o condicionamento higroscópico favoreceu a ação do cupim, com um leve incremento na perda de massa da madeira termorretificada. No caso presente de preferência alimentar, quando a madeira teve seu teor de umidade aumentado, também ocorreu aumento no valor da sua perda de massa, apesar das diferenças entre tratamentos não terem sido significativas.

Ainda no caso do *Corymbia citriodora*, foi constatado que a madeira termorretificada, após ter removidos seus extrativos, resultou na melhoria das condições ambientais para o *Nasutitermes corniger*, refletindo a tendência observada no caso da alimentação forçada. Isto, mais uma vez, demonstra a importância desses componentes químicos presentes na madeira termicamente tratada, influenciando na ação dos cupins.

Uma vez que o *Pinus taeda* foi totalmente consumido pelo *Nasutitermes corniger*, em todos os tratamentos testados, as avaliações de notas de ataque ficaram restritas ao *Corymbia citriodora*. Foi observado que, enquanto a madeira testemunha teve nota zero, significando falha com ruptura total dos corpos de prova, a termorretificação fez com que a madeira passasse a receber nota 4,0, mesmo que isso ainda significasse ataque intenso do cupim.

Tabela 18 – Notas médias do desgaste observado nas amostras submetidas ao ataque de *Nasutitermes corniger*, ensaio de preferência alimentar

Tratamento	T1 (TR)	T2 (TR EX SE)	T3 (TR CO)	T4 (TR EX CO)	T5 (TE IP)	T6 (TE)
<i>P. taeda</i>						
Média	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CV	-	-	-	-	-	-
<i>C. citriodora</i>						
Média	4,0	0,00	0,00	0,00	8,6	0,00
CV	-	-	-	-	10,40	-

CV = Coeficiente de variação

Figura 38 – Notas médias do desgaste observado nas amostras submetidas ao ataque de *Nasutitermes corniger*, ensaio de preferência alimentar

Nas amostras de *Corymbia citriodora*, impregnadas com os extrativos, foi observada uma forte redução na capacidade de ação dos insetos, fazendo com que a nota de desgaste aumentasse significativamente, para a condição de um desgaste apenas superficial.

Mesmo considerando que a concentração de extrativos nas amostras impregnadas foi maior do que a concentração de extrativos nas amostras termorretificadas, o resultado do ensaio de preferência alimentar reforça a importância dos extrativos de *Corymbia citriodora* na redução da capacidade de ataque dos cupins de solo.

Importante ser lembrado que a impregnação da madeira com extrativos também reduziu o percentual de perda de massa de madeira atacada pelos insetos, em comparação à testemunha.

Com tais tendências e mesmo considerando a concentração de extrativos que foi adicionada nas amostras destinadas aos ensaios com cupins de solo, concluiu-se que existe um importante fator inibitório desses componentes, resultantes da termorretificação, em relação à ação do cupim *Nasutitermes corniger*. Isto conduz à sugestão para que seja dada especial atenção à ação dos extrativos em pesquisas que possam ser futuramente propostas sobre o tema.

Figura 39 – Corpos de prova, no ensaio de preferência alimentar com *Nasutitermes corniger*

6 CONCLUSÕES

A análise dos resultados obtidos no presente estudo permitiu concluir que as modificações na madeira, decorrentes do processo de termorretificação, tornam o material mais resistente ao ataque dos cupins xilófagos, tanto em relação aos cupins de madeira seca (*Cryptotermes brevis*), como em relação ao cupim de solo (*Nasutitermes corniger*).

Visando facilitar o entendimento, as conclusões são inicialmente apresentadas de acordo com o tipo de ensaio, embasando as conclusões gerais.

6.1 *Cryptotermes brevis*

- Foi constatado efeito benéfico da termorretificação para as duas espécies, com a madeira termorretificada apresentando menores perdas de massa e desgastes, e maior mortalidade dos insetos;
- O efeito da termorretificação foi mais acentuado para o *Pinus taeda*, pelo fato da sua madeira original ter exibido suscetibilidade muito maior ao ataque, comparativamente ao *Corymbia citriodora*;
- A remoção dos extrativos, isoladamente, não implicou no aumento da intensidade da ação dos cupins. O ataque mais intenso foi verificado nas amostras extraídas e com maior teor de umidade, proporcionado pela umidificação decorrente do condicionamento;
- A impregnação da madeira natural com os extratos gerados na termorretificação teve um efeito positivo, aumentando a resistência biológica do material e comprovando o efeito inibitório desses extrativos aos cupins;
- Foram constatadas correlações significativas entre os parâmetros analisados no ensaio, no sentido de que, à medida que aumentou a perda de massa das madeiras também ocorreu o aumento da nota de desgaste e a redução da mortalidade dos insetos, comprovando a consistência do ensaio.

6.2 *Nasutitermes corniger* - Alimentação forçada

- Apesar da leve tendência do *Pinus taeda* apresentar menor resistência, o *Nasutitermes corniger* agiu de forma bastante intensa nas duas espécies de madeira. Isto indica uma menor seletividade desse cupim, comparativamente ao *Cryptotermes brevis*;
- Foi observado efeito benéfico da termorretificação, em ambas as espécies de madeira, indicado pela redução acentuada na perda de massa do material tratado, comparativamente ao original. Esse efeito não foi claramente identificado quando se analisa a nota do desgaste e a sobrevivência dos insetos;
- Houve incremento na perda de massa, quando realizada a remoção dos extrativos, sobretudo, para o *Pinus taeda*. A impregnação com extrativos, por outro lado, trouxe uma contribuição significativa para a redução da perda de massa, destacando a importância desses componentes para a proteção da madeira contra o *Nasutitermes corniger*;
- O efeito do condicionamento higroscópico foi pouco expressivo, provavelmente mascarado pela umidade proveniente do substrato usado no ensaio;
- Não foram constatadas correlações entre os parâmetros analisados no ensaio.

6.3 *Nasutitermes corniger* - Preferência alimentar

- Nenhum dos tratamentos avaliados foi eficiente para prevenir a degradação pelos cupins, com o *Pinus taeda* apresentando maior suscetibilidade em comparação com o *Corymbia citriodora*;
- No caso do *Corymbia citriodora*, constatou-se que a madeira termorretificada, após a remoção de seus extrativos, apresentou condições mais favoráveis à ação dos cupins. Já a impregnação da madeira com extrativos causou aumento na nota de desgaste. A soma desses resultados reforça a importância de tais compostos na inibição da ação do *Nasutitermes corniger*;
- Não foram constatadas correlações entre os parâmetros analisados no ensaio.

6.4 Conclusões gerais

- A menor resistência natural do *Pinus taeda* à degradação biológica se refletiu nos ensaios de resistência ao ataque de cupins, com a madeira de *Corymbia citriodora* apresentando melhor performance em todos os tratamentos avaliados;
- Os extrativos gerados pelo processo de termorretificação tem efeito inibitório e contribuem para aumentar a resistência da madeira, em relação à degradação por cupins;
- O teor de umidade da madeira tem efeito importante na resistência ao ataque de cupins e a maior disponibilidade de água implica em menor resistência biológica ao cupim de madeira seca;
- A madeira termorretificada é mais resistente ao ataque de cupins de madeira seca, em comparação à testemunha, e essa resistência é decorrente da interação entre a menor higroscopicidade, provocada pela modificação química do material, e a presença dos extrativos gerados durante o processo de termorretificação;
- O efeito da termorretificação não é suficiente para indicar o uso da madeira termotratada em contato direto com o solo, por causa da suscetibilidade aos cupins subterrâneos.

REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM D – 3345: standard method for laboratory evaluation of the wood and other cellulosic materials for resistance to termite. In: _____ **Annual book of ASTM standard**. Philadelphia, 2008. 3 p.

BECKER, G.; TAUSCH, A.; FINK, S.; KROWAS, I. Decay resistance and durability of higro-thermally treated European hardwoods. In: INTERNATIONAL UNION OF FOREST RESEARCH ORGANIZATIONS, DIVISION 5, FOREST PRODUCTS, 2012, Lisboa, **Proceedings...** Lisboa: IUFRO, 2012. p. 134.

BERTI FILHO, E. **Cupins ou térmitas**. Piracicaba: IPEF; SIF, 1993. 56 p. (Manual de Pragas em Florestas, 3).

BOONSTRA, M.J.; TJEERDSMA, B. Chemical analysis of heat treated softwoods. **Holz als Roh-und Werkstoff**, Berlin, v. 64, n. 3, p. 204-211, 2006.

BRITO, J.O.; SILVA, F.G.; LEÃO, M.M.; ALMEIDA, G. Chemical composition changes in eucalyptus and pinus woods submitted to heat treatment. **Bioresource Technology**, New York, v. 99, p. 8545-8548, 2008.

BRITO, J.O.; GARCIA, J.N.; BORTOLETTO JÚNIOR, G.; PESSOA, A.M.C.; SILVA, P.H.M. Densidade básica e retratibilidade da madeira de *Eucalyptus grandis*, submetida a diferentes temperaturas de termorretificação. **Revista Cerne**, Lavras, v. 12, n. 2, p. 182-188, 2006.

BRITO, J.O. Estudo preliminar de retificação térmica da madeira de eucalipto. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7., 1993, Curitiba. **Anais...** Curitiba: SBS; SBEF, 1993. p. 774.

CALONEGO, F.W. **Efeito da termorretificação nas propriedades físicas, mecânicas e na resistência a fungos deterioradores de madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden**. 2009. 149 p. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2009.

CLAUSEN, C.A. Biodeterioration of wood. In: FOREST PRODUCTS LABORATORY. **Wood handbook: wood as an engineering material**. Madison: USDA, Forest Service, Forest Products Laboratory, 2010. p. 1-16.

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

COSTA-LEONARDO, A.M.; NAIS, J. Ocorrência de intercastas naturais em cupins do gênero *Nasutitermes* (Isoptera, Termitidae, Nasutitermitinae). In: ENCONTRO DE BIÓLOGOS DO CRBIO-1 (SP, MT, MS), 11., 2000, São Pedro. **Resumos...** São Pedro: Cidade, 2000. p. 51.

DE MOURA, L.F.; BRITO, J.O.; BORTOLETTO JÚNIOR, G. Efeitos da termorreificação na perda de massa e propriedades mecânicas de *Eucalyptus grandis* e *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. **Floresta**, Curitiba, v. 42, n. 2, p. 305-314, 2012.

DE MOURA, L.F.; BRITO, J.O.; NOLASCO, A.M.; ULIANA, L.R. Efeito da termorreificação sobre as propriedades de usinagem de *Eucalyptus grandis* e *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. In: SIMPÓSIO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA MADEIRA DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO, 1., 2008, Seropédica. **Anais...** Seropédica: UFFRJ, 2008. p. 7-8.

DÉON, G. **Manual de preservação de madeiras em clima tropical**. Sur Marne: Centre Technique Forestier Tropical, 1989. 116 p.

ESTEVES, B.M.; PEREIRA, H.M. Wood modification by heat treatment: a review. **BioResources**, Berlin, v. 4, n. 1, p. 370-404, 2009.

ESTEVES, B.M.; MARQUES, A.V.; DOMINGOS, I.; PEREIRA, H.M. Heat-induced colour changes of pine (*Pinus pinaster*) and eucalypt (*Eucalyptus globulus*) wood. **Wood Science and Technology**, Berlin, v. 42, p. 369-384, 2008.

ESTEVES, B.M.; NUNES, L.; DOMINGOS, I.; PEREIRA, H.M. Differences between heat treated *Pinus pinaster* heartwood and sapwood. In: INTERNATIONAL UNION OF FOREST RESEARCH ORGANIZATIONS, DIVISION 5, FOREST PRODUCTS, 2012, Lisboa. **Proceedings...** Lisboa: IUFRO, 2012. p. 134.

FERREIRA, A.G.; PAES, J.B.; MELO, R.R.; GUEDES, R.S. Consumo das madeira de *Eucalyptus grandis*, *E. pilularis* e *E. saligna* x *E. alba* (híbrido) por cupins xilófagos (*Nasutitermes corniger* Motschulsky), em condições de laboratório. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNIVERSIDADE DE CAMPINA GRANDE, 2004, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: Universidade Federal de Campina Grande, 2004. p. 1-5.

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.

GONÇALVES, F.G.; OLIVEIRA, J.T.S. Resistência ao ataque de cupim de madeira seca (*Cryptotermes brevis*) em seis espécies florestais. **Cerne**, Lavras, v. 12, n. 1, p. 80-83, 2006.

HOMAN, W.; TJEERDSMA, B.; BECKERS, E.; JORISSEN, A. Structural and other properties of modified wood. In: WORLD CONFERENCE ON TIMBER ENGINEERING, 5., 2000, Switzerland. **Proceedings...** Switzerland: CIB-W 18 Meeting 33, 2000. Disponível em: <<http://oregonstate.edu/conferences/wcte2006>>. Acesso em: 23 jan. 2015.

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

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Ensaio acelerado de laboratório da resistência natural ou de madeira preservada ao ataque de térmitas do gênero *Cryptotermes* (Família Kalotermitidae)**. São Paulo, 1980. 25 p. (nº1157 – D/D2 DIMAD).

JANKOWSKY, I.P. **Fundamentos de preservação de madeiras**. Piracicaba: ESALQ, 1990. 12 p. (Documentos Florestais, 11).

JESUS, M.A.; MORAIS, J.W.; ABREU, R.L.S.; CARDIAS, M.F.C. Durabilidade natural de 46 espécies de madeiras amazônicas em contato com o solo em ambiente florestal. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 54, p. 81-91, 1998.

KORKUT, S.; HIZIROGLU, S. Effect of heat treatment on mechanical properties of hazelnut wood (*Corylus colurna* L.). **Material and Design**, Atlanta, v. 30, p. 1853-1858, 2009.

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

LOPES, D.J.V. **Eficácia dos parâmetros do tratamento industrial na tratabilidade e durabilidade de madeiras de eucalipto**. 2014. 97 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2014.

METSÄ-KORTELAJINEN, S.; ANTIKAINEN, T.; VIITANIEMI, P. The water absorption of sapwood and heartwood of Scots pines and Norway spruce heat-treated at 170°C, 190°C, 210°C and 230°C. **Holz als Roh-und Werkstoff**, Berlin, v. 64, n. 3, p. 192-197, 2005.

MODES, K.S. **Efeito da retificação térmica nas propriedades físico-mecânicas e biológica das madeiras de *Pinus taeda* e *Eucalyptus grandis***. 2010. 100 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.

MORAIS, S.A.L. de; NASCIMENTO, E.A. do; MELO, D.C. de. Análise da madeira de *Pinus oocarpa*. Parte I – estudo dos constituintes macromoleculares e extrativos voláteis. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 3, p. 145-155, 2005.

OLIVEIRA, A.M.F.; LELIS, A.T. de; LEPAGE, E.S.; CARBALLERA LOPEZ, G.A.; SAMPAIO OLIVEIRA, L.C. de; CAÑEDO, M.D.; MILANO, S. Agentes destruidores da madeira. In: LEPAGE, E.S. **Manual de preservação de madeiras**. São Paulo: IPT, 1986. v. 1, p. 99-278.

OLIVEIRA, J.T.S. **Caracterização da madeira de eucalipto para a construção civil**. 1997. 2 v. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

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

PANSHIN, A.J.; DE ZEEUW, C. **Textbook of wood technology**. 4th ed. New York: McGraw Hill, 1980. 722 p.

PESSOA, A.M.C.; BERTI FILHO, E.; BRITO, J.O. Avaliação da madeira termorretificada de *Eucalyptus grandis*, submetida ao ataque de cupim de madeira seca, *Cryptotermes brevis*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 72, p. 11-16, 2006.

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

PONCSÁK, S.; KOCAEFE, D.; BOUAZARA, M.; PICHETTE, A. Effect of high temperature treatment on the mechanical properties of birch (*Betula papyrifera*). **Wood Science Technology**, Berlin, v. 40, p. 647-663, 2006.

RAPP, A.O. Review on heat treatments of wood. In: SPECIAL SEMINAR: ENVIRONMENTAL OPTIMISATION OF WOOD PROTECTION, 2001, Antibes. **Proceedings...** Antibes: COST ACTION E 22, 2001. 68 p.

RICHARSON, B.A. **Wood preservation**. 2nd ed. New York: E & FN Spon, 1993. 239 p.

ROUSSET, P.; PERRÉ, P.; GIRARD, P. Modification of mass transfer properties in poplar wood (*P. robusta*) by thermal treatment at high temperature. **Holz als Roh-und Werkstoff**, Berlin, v. 62, n. 2, p. 113-119, 2004.

SCHAFFER, E.L. Effect of pyrolytic temperatures on the longitudinal strength of dry Douglas fir. **Journal of Testing and Evaluation**, West Conshohocken, v. 1, n. 4, p. 319-329, 1973.

SCHEFFRAHN, R.H.; SU, N.Y. **West Indian powder post drywood termite**. 1999. Disponível em: <http://creatures.ifas.ufl.edu/urban/termites/west_indian_drywood_termite.htm>. Acesso em: 23 jan. 2015.

SHEBANI, A.N.; REENEN, A.J.; MEINCKEN, J. The effect of wood extractives on the thermal stability of different wood species. **Thermochimica Acta**, Amsterdam, v. 471, p. 43-50, 2008.

SILVA, M.R. da. **Efeito do tratamento térmico nas propriedades químicas, físicas e mecânicas em elementos estruturais de *Eucalyptus citriodora* e *Pinus taeda***. 2012. 223 p. Tese (Doutorado em Estruturas de Madeira) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012.

SILVA, M.R. da; MACHADO, G.O. de; GOMES JUNIOR, C.C. Efeito do tratamento térmico nas propriedades mecânicas de *Pinus elliottii*. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRA E ESTRUTURAS DE MADEIRA, 11., 2008, Londrina. **Anais...** Londrina: UEL; EBRAMEM, 2008. p. 25-29.

SYRJÄNEN, T. Production and classification of heat treated wood in Finland. In: SPECIAL SEMINAR: ENVIRONMENTAL OPTIMISATION OF WOOD PROTECTION, 2001, Antibes. **Review on heat treatments of wood: proceedings...** Antibes: Cost Action E 22, 2001. p. 11-20.

TAKESHITA, S. **Redução na higroscopicidade e na movimentação dimensional da madeira de folhosas submetida a tratamentos térmicos**. 2011. 106 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

TAPPI STANDARD METHODS. **Teor de extrativo em água quente:** T 207 cm-88. Atlanta: TAPPI Press, 1988. 5 p.

THRONE, B.L. Differences in nest architecture between the Neotropical arboreal termites *Nasutitermes corniger* and *Nasutitermes ephratae* (Isoptera: Termitidae). **Psyche**, Cambridge, v. 87, n. 3, p. 235-243, 1980.

VASCONCELLOS, A. **Estrutura e dinâmica de ninhos policálicos de uma espécie de *Nasutitermes* (Isoptera: Termitidae) em Mata Atlântica e no meio urbano de João Pessoa, Paraíba, Brasil.** 1999. 84 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 1999.

VERNOIS, M. **Heat treatment of wood in France:** state of the art. Paris: Centre Technique du Bois et de l'Ameublement, 2001. 6 p.

VIDAL, J.M. **Aplicação de um quaternário amoniacal visando melhorar o desempenho da madeira tratada com octaborato de sódio.** 2011. 81 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

WAHL, P.; SIMONAH, S.P.; PAKARINEN, T.; SILVENNOINEN, R. Effect of heat-treatment on scattering of laser light from wood grains. **Holz als Roh-und Werkstoff**, Berlin, v. 62, n. 5, p. 343-345, 2004.

WASKETT, P.; SELMES, R.E. **Opportunities for UK grown timber:** wood modification state of the art review. London: Building Research Establishment, 2001. 83 p. (Project, 203-343).

WEILAND, J.J.; GUYONNET, R. Study of chemical modifications and fungi degradation of thermally modified wood using DRIFT spectroscopy. **Holz als Roh-und Werkstoff**, Berlin, v. 61, n. 2, p. 216-220, 2003.

WIKBERG, H.; MAUNU, S.L. Characterization of thermally modified hard – and softwoods by ¹³C CPMAS NMR. **Carbohydrate Polymers**, Worcester, v. 58, p. 461-466, 2004.

ANEXOS

Figura 40 – Gráfico de termorretificação da madeira de *Corymbia citriodora* a 200°C

Figura 41 – Gráfico de termorretificação da madeira de *Pinus taeda* a 200°C

Tabela 19 – Massas determinadas no condicionamento higroscópico dos corpos de prova

Amostra	Massa (g)							
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
	<i>C. citriodora</i> com extrativos		<i>C. citriodora</i> sem extrativos		<i>P. taeda</i> com extrativos		<i>P. taeda</i> sem extrativos	
1	10,68	10,82	9,80	10,15	5,14	5,27	5,53	5,77
2	10,61	10,77	10,51	10,86	5,58	5,68	5,95	6,23
3	10,85	11,02	10,11	10,40	5,48	5,62	5,44	5,67
4	11,06	11,17	10,19	10,51	5,12	5,26	5,59	5,81
5	10,95	11,05	10,41	10,65	5,42	5,57	5,44	5,64
6	10,84	10,98	10,10	10,43	5,89	6,07	5,19	5,42
7	11,02	11,10	10,44	10,75	5,12	5,26	5,45	5,64
8	10,70	10,80	10,34	10,67	5,80	5,93	5,26	5,46
9	10,15	10,24	10,73	11,11	5,47	5,65	5,68	5,87
10	10,81	10,94	10,20	10,66	5,95	6,16	6,07	6,30
11	10,24	10,36	11,01	11,50	5,77	5,96	5,46	5,67
12	10,99	11,09	9,97	10,44	5,34	5,48	5,08	5,29

Tabela 20 – Massa dos corpos de prova durante a secagem – *Corymbia citriodora*

Amostra	Massa da madeira (g) X Tempo de secagem (h) - Madeira testemunha							
	0	58	74	103	109	113	139	155
1	14,10	12,23	12,01	11,93	11,82	11,78	11,72	11,71
2	13,55	11,92	11,70	11,63	11,52	11,48	11,42	11,41
3	13,64	11,90	11,67	11,59	11,48	11,44	11,38	11,38
4	13,79	12,00	11,78	11,70	11,58	11,55	11,48	11,47
5	13,91	12,20	11,95	11,86	11,75	11,71	11,65	11,64
6	13,70	12,01	11,78	11,69	11,59	11,55	11,48	11,47
7	13,70	12,00	11,77	11,68	11,57	11,53	11,47	11,45
8	13,67	11,90	11,67	11,58	11,48	11,44	11,38	11,37
9	13,81	12,07	11,83	11,75	11,64	11,58	11,51	11,50
10	13,70	12,02	11,79	11,70	11,59	11,55	11,48	11,47
Amostra	Massa da madeira (g) X Tempo de secagem (h) - Madeira termorretificada							
	0	58	74	103	109	113	139	155
1	13,15	9,90	9,66	9,59	9,50	9,46	9,42	9,42
2	13,69	10,63	10,36	10,28	10,18	10,14	10,09	10,09
3	12,54	10,29	10,01	9,94	9,82	9,79	9,73	9,73
4	13,49	10,37	10,06	9,98	9,87	9,83	9,79	9,79
5	13,61	10,50	10,19	10,11	10,00	9,97	9,92	9,92
6	13,68	10,28	9,97	9,89	9,78	9,75	9,70	9,70
7	13,76	10,63	10,33	10,24	10,14	10,10	10,05	10,05
8	13,63	10,50	10,20	10,12	10,02	9,98	9,93	9,93
9	13,26	10,86	10,51	10,41	10,32	10,28	10,24	10,25
10	13,07	10,37	10,10	10,02	9,92	9,89	9,83	9,84

Tabela 21 – Massa dos corpos de prova durante a secagem - *Pinus taeda*

Amostra	Massa da madeira (g) X Tempo de secagem (h) - Madeira testemunha							
	0	58	74	103	109	113	139	155
1	12,30	5,52	5,39	5,36	5,33	5,31	5,31	5,33
2	12,31	5,56	5,38	5,35	5,32	5,30	5,29	5,31
3	12,09	5,66	5,52	5,48	5,46	5,43	5,43	5,45
4	11,00	5,51	5,38	5,34	5,32	5,30	5,29	5,31
5	12,11	5,71	5,54	5,50	5,47	5,45	5,44	5,47
6	12,13	6,03	5,83	5,78	5,76	5,74	5,72	5,75
7	12,97	5,84	5,67	5,62	5,60	5,58	5,57	5,59
8	10,64	5,54	5,41	5,36	5,34	5,32	5,31	5,34
9	13,28	5,73	5,53	5,48	5,46	5,44	5,43	5,46
10	11,20	5,67	5,52	5,47	5,45	5,43	5,42	5,44
Amostra	Massa da madeira (g) X Tempo de secagem (h) - Madeira termorretificada							
	0	58	74	103	109	113	139	155
1	11,17	5,38	5,28	5,25	5,22	5,20	5,20	5,22
2	11,77	5,90	5,73	5,69	5,67	5,65	5,64	5,66
3	11,07	5,39	5,22	5,19	5,17	5,14	5,14	5,16
4	11,78	5,65	5,36	5,33	5,31	5,28	5,28	5,30
5	12,25	5,66	5,22	5,19	5,16	5,14	5,14	5,16
6	11,31	5,19	4,98	4,95	4,93	4,91	4,91	4,93
7	11,84	5,67	5,23	5,19	5,17	5,15	5,14	5,17
8	11,70	5,29	5,07	5,04	5,01	5,00	4,99	5,01
9	12,03	5,69	5,46	5,42	5,39	5,37	5,36	5,39
10	11,70	5,97	5,84	5,80	5,78	5,75	5,75	5,77

Tabela 22 – Impregnação preliminar com água destilada

Repetição	<i>C. citriodora</i>			<i>P. taeda</i>		
	Massa inicial (g)	Massa final (g)	Retenção (g/cm ³)	Massa inicial (g)	Massa final (g)	Retenção (g/cm ³)
Corpos de prova para ensaio com cupins de madeira seca						
1	11,86	12,34	0,037	5,45	7,56	0,033
2	11,52	11,99	0,037	5,60	7,56	0,031
3	11,51	12,00	0,038	5,45	7,52	0,032
4	11,59	12,10	0,040	5,60	7,71	0,033
5	11,78	12,25	0,037	5,91	8,23	0,036
6	11,49	12,01	0,040	5,59	7,81	0,035
7	11,67	12,11	0,034	5,59	7,55	0,031
8	11,59	12,09	0,039	5,61	7,93	0,036
9	11,74	12,25	0,040	5,89	8,17	0,035
10	11,78	12,26	0,037	5,81	8,51	0,042
Corpos de prova para ensaio com cupins de solo						
1	4,68	4,85	0,080	1,98	2,69	0,040
2	4,67	4,81	0,066	1,84	2,44	0,034
3	4,72	4,88	0,076	2,01	2,66	0,037
4	4,75	4,88	0,061	1,90	2,46	0,032
5	4,57	4,72	0,071	1,95	2,52	0,032
6	4,77	4,90	0,061	1,94	2,52	0,033
7	4,70	4,83	0,061	2,01	2,63	0,035
8	4,57	4,73	0,076	2,01	2,54	0,030
9	4,57	4,72	0,071	2,00	2,67	0,038
10	4,65	4,79	0,066	1,94	2,50	0,032

Tabela 23 – Perda de massa da madeira – *Cryptotermes brevis*

Repetição	<i>P. taeda</i>					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
	%					
1	0,18	0,46	1,70	8,21	0,67	17,88
2	0,20	0,51	1,66	8,20	0,70	18,00
3	0,19	0,47	1,76	7,90	0,68	18,50

Repetição	<i>C. citriodora</i>					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
	%					
1	0,05	0,15	0,05	1,29	0,13	3,00
2	0,07	0,16	0,05	1,30	0,15	3,50
3	0,10	0,15	0,08	1,32	0,14	3,20

Tabela 24 – Análise de variância – perda de massa da madeira – *Cryptotermes brevis* – *Pinus taeda*

CV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	5	1200,54435	240,10887	11490,61 **
Resíduo	12	0,25075	0,02090	
Total	17	1200,79510		

** significativo em nível de 1% de probabilidade ($p \leq 0,01$)

Média Geral = 10,08%; Coeficiente de Variação = 1,43%; Dados transformados

Tabela 25 – Análise de variância – perda de massa da madeira – *Cryptotermes brevis* – *Corymbia citriodora*

CV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	5	198,84351	39,76870	841,6836 **
Resíduo	12	0,56699	0,04725	
Total	17	199,41050		

** significativo em nível de 1% de probabilidade ($p \leq 0,01$)

Média Geral = 4,04%; Coeficiente de Variação = 5,38%; Dados transformados

Tabela 26 – Notas do desgaste nas madeiras – *Cryptotermes brevis*

Repetição	<i>P. taeda</i>					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
	Nota					
1	0,00	0,00	1,00	2,00	0,00	3,00
2	0,00	0,00	2,00	1,00	0,00	3,00
3	0,00	0,00	1,00	2,00	1,00	3,00

Repetição	<i>C. citriodora</i>					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
	Nota					
1	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	2,00
2	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	2,00
3	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	2,00

Tabela 27 – Mortalidade de cupins – *Cryptotermes brevis*

Repetição	<i>P. taeda</i>					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
	%					
1	95,00	97,50	82,50	57,50	87,50	12,50
2	96,00	97,00	81,90	57,80	86,40	13,00
3	94,00	96,80	83,00	56,30	88,00	11,90

Repetição	<i>C. citriodora</i>					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
	%					
1	87,50	82,50	74,00	70,00	82,50	10,00
2	85,00	84,00	74,00	69,00	93,00	11,00
3	83,00	85,00	75,00	72,00	92,50	10,50

Tabela 28 – Análise de variância – mortalidade de cupins – *Cryptotermes brevis* – *Pinus taeda*

CV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	5	7429,57451	1485,91490	2752,6671 **
Resíduo	12	6,47771	0,53981	
Total	17	7436,05222		

** significativo em nível de 1% de probabilidade ($p \leq 0,01$)

Média Geral = 60,25%; Coeficiente de Variação = 1,25%; Dados transformados

Tabela 29 – Análise de variância – mortalidade de cupins – *Cryptotermes brevis* – *Corymbia citriodora*

CV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	5	5573,00129	1114,60026	200,6389 **
Resíduo	12	66,66306	5,55525	
Total	17	639,66435		

** significativo em nível de 1% de probabilidade ($p \leq 0,01$)

Média Geral = 57,75%; Coeficiente de Variação = 4,15%; Dados transformados

Tabela 30 – Perda de massa da madeira – alimentação forçada – *Nasutitermes corniger*

Repetição	<i>P. taeda</i>					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
	%					
1	0,58	17,11	4,95	10,86	1,49	22,93
2	1,65	10,32	1,60	7,82	0,01	23,83
3	0,68	11,26	6,91	23,93	1,98	24,14
4	1,20	11,84	4,09	20,00	1,56	21,74
5	0,57	10,76	2,22	8,00	0,50	22,11

Repetição	<i>C. citriodora</i>					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
	%					
1	2,29	0,78	1,40	3,44	1,30	22,41
2	2,19	3,18	1,96	4,83	1,52	22,91
3	3,20	3,50	1,08	4,78	1,08	20,66
4	3,28	4,67	1,71	2,14	1,07	20,35
5	1,94	3,83	1,20	3,24	0,89	20,40

Tabela 31 – Análise de variância – perda de massa – alimentação forçada – *Nasutitermes corniger* – *Pinus taeda*

CV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	5	2280,17150	456,03430	42,8892 **
Resíduo	12	255,18805	10,63284	
Total	17	2535,35955		

** significativo em nível de 1% de probabilidade ($p \leq 0,01$)

Média Geral = 15,41%; Coeficiente de Variação = 21,15 %; Dados transformados

Tabela 32 – Análise de variância – perda de massa – alimentação forçada – *Nasutitermes corniger* – *Corymbia citriodora*

CV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	5	1564,60541	312,92108	129,7131 **
Resíduo	12	57,89783	2,41241	
Total	17	1622,50324		

** significativo em nível de 1% de probabilidade ($p \leq 0,01$)

Média Geral = 11,79%; Coeficiente de Variação = 13,17%; Dados transformados

Tabela 33 – Notas por tipo de ataque na madeira – alimentação forçada – *Nasutitermes corniger*

Repetição	<i>P. taeda</i>					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
	Nota					
1	10,00	9,00	9,00	10,00	10,00	7,00
2	10,00	9,00	10,00	10,00	10,00	7,00
3	10,00	9,00	9,00	10,00	10,00	7,00
4	10,00	9,00	10,00	10,00	10,00	7,00
5	10,00	9,00	9,00	10,00	10,00	7,00
Repetição	<i>C. citriodora</i>					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
	Nota					
1	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	7,00
2	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	7,00
3	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	7,00
4	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	7,00
5	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	7,00

Tabela 34 – Tempo final de sobrevivência dos cupins – alimentação forçada – *Nasutitermes corniger*

Repetição	<i>P. taeda</i>					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
	Dias					
1	15,00	27,00	18,00	27,00	21,00	20,00
2	14,00	25,00	29,00	27,00	17,00	25,00
3	15,00	25,00	18,00	29,00	17,00	25,00
4	17,00	27,00	25,00	27,00	17,00	20,00
5	23,00	25,00	25,00	27,00	18,00	20,00
Repetição	<i>C. citriodora</i>					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
	Dias					
1	20,00	18,00	13,00	21,00	18,00	20,00
2	20,00	18,00	14,00	22,00	18,00	20,00
3	17,00	18,00	14,00	20,00	18,00	22,00
4	17,00	18,00	14,00	20,00	18,00	18,00
5	20,00	20,00	20,00	18,00	20,00	22,00

Tabela 35 – Análise de variância – sobrevivência de cupins – alimentação forçada – *Nasutitermes corniger* – *Pinus taeda*

CV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	5	5,13737	1,02747	10,6186 **
Resíduo	12	2,32229	0,09676	
Total	17	7,45966		

** significativo em nível de 1% de probabilidade ($p \leq 0,01$)

Média Geral = 4,68%; Coeficiente de Variação = 6,64%; Dados transformados

Tabela 36 – Análise de variância – sobrevivência de cupins – alimentação forçada – *Nasutitermes corniger* – *Corymbia citriodora*

CV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	5	1,38407	0,27681	6,9070 **
Resíduo	12	0,96185	0,04008	
Total	17	2,34592		

** significativo em nível de 1% de probabilidade ($p \leq 0,01$)

Média Geral = 4,30%; Coeficiente de Variação = 5,66%; Dados transformados

Tabela 37 – Perda de massa da madeira – preferência alimentar – *Nasutitermes corniger*

Repetição	<i>P. taeda</i>					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
	%					
1	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
2	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
3	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
4	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
5	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Repetição	<i>C. citriodora</i>					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
	%					
1	42,17	84,83	42,93	100,00	5,39	64,30
2	53,79	69,12	28,57	89,78	7,88	67,69
3	37,00	68,60	68,97	97,97	17,26	70,24
4	31,07	100,00	68,24	87,02	8,07	65,79
5	47,84	100,00	36,51	100,00	6,39	66,81

Tabela 38 – Análise de variância – perda de massa – preferência alimentar – *Nasutitermes corniger* – *Corymbia citriodora*

CV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	5	24370.6161	4874.1232	39,98 **
Resíduo	24	2925.7539	121.9064	
Total	29			

** significativo em nível de 1% de probabilidade ($p \leq 0,01$)

Média Geral = 57,81%; Coeficiente de Variação = 19,10%

Tabela 39 – Notas por tipo de ataque na madeira – preferência alimentar – *Nasutitermes corniger*

Repetição	<i>P. taeda</i>					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
	%					
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Repetição	<i>C. citriodora</i>					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
	%					
1	4,00	0,00	0,00	0,00	9,00	0,00
2	4,00	0,00	0,00	0,00	9,00	0,00
3	4,0,0	0,00	0,00	0,00	7,00	0,00
4	4,0,0	0,00	0,00	0,00	9,00	0,00
5	4,0,0	0,00	0,00	0,00	9,00	0,00