



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

RESISTÊNCIA BIOLÓGICA DAS MADEIRAS DE *Pinus caribaea* e *Eucalyptus saligna* SUBMETIDAS À TERMORRETIFICAÇÃO

Artur Queiroz Lana¹

Ananias Francisco Dias Júnior¹

Carlos Rogério Andrade²

Francisco Fernandes Bernardes³

José Brito¹

Natália Dias de Souza⁴

¹ Universidade de São Paulo

² Curso de Engenharia Florestal / Universidade Federal de Goiás

³ Departamento de Ciências Florestais / Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" / Universidade de São Paulo

⁴ Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

RESISTÊNCIA BIOLÓGICA DAS MADEIRAS DE *Pinus caribaea* e *Eucalyptus saligna* SUBMETIDAS À TERMORRETIFICAÇÃO

Resumo: Este trabalho teve por objetivo avaliar madeiras de *Pinus caribaea* e *Eucalyptus saligna* termorretificadas em diferentes temperaturas quanto à sua resistência ao ataque de fungos e cupins de madeira seca. Para isso foram abatidos vinte indivíduos de cada espécie onde, a partir das toras, confeccionaram-se os corpos de provas para os ensaios. O processo de termorretificação foi realizado para cada espécie em estufa elétrica saturada em nitrogênio, partindo da temperatura de 100 °C, até atingir cada uma das temperaturas finais de termorretificação (120 °C, 140 °C, 160 °C e 180 °C). Foram realizados ensaios de resistência à fungos de podridão branca, podridão parda, podridão mole e resistência à cupins de madeira seca. Os melhores resultados de resistência ao apodrecimento da madeira de *Pinus caribaea* para as termorretificações foram as conduzidas sob temperaturas de 160 °C e 180 °C. A madeira de *Eucalyptus saligna* apresentou aumento à resistência aos fungos apodrecedores a medida que se elevou a temperatura de termorretificação. Não foram observadas acréscimo de resistência ao ataque de cupins nas madeiras das espécies avaliadas.

Palavras-chave: cupins de madeira seca, fungos apodrecedores, método preservativo.

BIOLOGICAL RESISTANCE OF THE WOODS OF *Pinus caribaea* AND *Eucalyptus saligna* TREATED THERMALLY

Abstract: The objective of this research was to evaluate wood of *Pinus caribaea* and *Eucalyptus saligna* heat treated in different temperatures as to their resistance to the attack of fungi and termites of dry wood. For this, twenty trees of each species were felled, where the samples were made for the tests. The heat treatment was carried out in a nitrogen-saturated electric oven, starting at a temperature of 100 °C, until reaching the final process temperatures (120 °C, 140 °C, 160 °C and 180 °C). Resistance tests were performed on fungi of white rot and brown rot, resistance to mold fungi and resistance to dry wood termites. The best results were for the rotting resistance of *Pinus caribaea* wood for the processes conducted under temperatures of 160 °C and 180 °C. *Eucalyptus saligna* wood showed increased resistance to rotting fungi as the heat treatment temperature was increased. No increase in resistance to termite attack was observed in the wood of the evaluated species.

Keywords: dry wood termites, rotting fungi, preservative method.

1. INTRODUÇÃO

A madeira sendo um material orgânico está sujeita ao ataque de diversos agentes biológicos, incluindo fungos, cupins, insetos, bactérias, organismos marinhos e etc. Estes espécimes reconhecem os polímeros naturais da parede celular como fonte de alimento, possuindo inclusive, sistemas enzimáticos específicos capazes de metabolizá-los em unidade digeríveis.

Quando a madeira é exposta sob condições adversas ou ao contato com o solo, é preciso utilizar espécies de alta durabilidade natural ou tratada com produtos

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

químicos preservantes, tornando-a mais resistente ao ataque de xilófagos e aumentando consideravelmente, sua vida útil (VIVIAN et al., 2015). Dado que as madeiras naturalmente mais duráveis são provenientes de florestas tropicais, a utilização de espécies de florestas plantadas e passíveis de tratamento preservantes tornam-se alternativas promissoras.

Neste sentido, alguns métodos preventivos com princípio de incorporar produtos químicos ou biológicos à madeira têm sido propostos. O intuito desses tratamentos tem como base a preservação da parede celular da madeira sem modificar a sua natureza intrínseca. O problema é que, ao longo da história, obstáculos como toxicidade e agressividade ao ambiente e as formas de vida, dificuldade de impregnação em certas madeiras e perda por lixiviação dos preservativos foram observados.

Os tratamentos térmicos constituem uma alternativa a ser considerada em processos de preservação de madeiras. Exemplo disso, é que na Europa, comercialmente a aplicação de calor é uma prática que visa melhorar a estabilidade dimensional e aumentar a resistência biológica (ALÉN et al., 2002; ROUSSET et al., 2004; METSÄ-KORTELAINE et al., 2005). Em escala laboratorial, a termorretificação é realizada em estufa elétrica, na qual a madeira é submetida ao ar aquecido com temperaturas entre 100 °C e 200 °C durante um período que varia de duas a vinte e quatro horas, para que ocorra a degradação das hemiceluloses e a condensação dos componentes em um polímero complexo e modificado (BRITO et al., 2006; BRITO et al., 2008; GARCIA et al., 2012).

É importante ressaltar que a termorretificação é um processo em que um produto intermediário entre a madeira e o carvão vegetal é obtido, em que o material apresenta algumas vantagens comparativas quando comparado ao original: uma diminuição na higroscopicidade, estabilização dimensional, e um aumento da resistência biológica a decadência (BRITO, 1992; PINCELLI et al., 2002; PALERMO et al., 2015).

A madeira termorretificada é menos higroscópica e apresenta melhora na estabilidade dimensional devido à degradação das hemiceluloses, à ruptura dos grupos hidroxílicos livres da região amorfa da celulose e à reticulação dos polímeros durante o tratamento (WEILAND e GUYONNET, 2003; ROUSSET et al., 2004; WIKBERG; MAUNU, 2004). A termorretificação altera ainda a composição química, promovendo a indisponibilidade de hemiceluloses (alimentos) aos fungos e menor teor de umidade de equilíbrio (fator de crescimento aos organismos), além disso promove a criação de novas moléculas livres que atuam como fungicidas e inseticidas, além de reticular a rede de lignina dificultando o reconhecimento do substrato pelos organismos xilófagos, como fungos e cupins (WEILAND e GUYONNET, 2003).

Dessa forma, este estudo teve por objetivo avaliar madeiras de *Eucalyptus saligna* e *Pinus caribaea* termorretificadas em diferentes temperaturas quanto à sua resistência ao ataque de fungos e cupins de madeira seca.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O material utilizado para o estudo foi proveniente de plantios de *Pinus caribaea* e *Eucalyptus saligna*, respectivamente com 25 e 20 anos de idade, coletado aleatoriamente das áreas comerciais das Empresas Duratex situada no município de Agudos-SP e da Empresa Eucatex localizada em Salto-SP.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Para o experimento, foram abatidas vinte árvores de cada espécie, onde dessas, selecionou-se toras com quatro metros de comprimento e diâmetro mínimo de 25 cm. Em seguida, as toras foram desdobradas em pranchas com dimensões de 400 x 40 x 7 cm e encaminhadas para os Laboratórios Integrados de Química, Celulose e Energia da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Universidade de São Paulo (LQCE/ESALQ/USP). As pranchas foram gradeadas em local coberto para secagem natural por um período de quatro meses. Passado esse tempo, as tábuas foram reprocessadas em amostras de 60 cm de comprimento por 20 cm de largura e 5 cm de espessura, levadas para câmara climática até atingirem umidade de equilíbrio de 15% para a condução dos ensaios subsequentes.

2.1 Termorretificação da madeira

As madeiras das espécies foram inicialmente submetidas à secagem em estufa com circulação de ar por vinte e quatro horas em cada temperatura seguinte: 60 °C, 80 °C e 100 °C. Ao final deste processo as amostras apresentaram entre 3 e 4% de umidade. Foram descartadas as amostras com defeitos visuais após a secagem, não ultrapassando 10% de todo o material.

O processo de termorretificação consistiu no entabicação das pranchas de madeira em uma estufa com programador de tempo e temperatura. O ambiente interno foi saturado em gás nitrogênio e a temperatura inicial para todos os tratamentos foi de 100 °C e taxa de aquecimento de 0,033 °C min⁻¹. As temperaturas finais definiram os tratamentos, sendo elas: 120 °C, 140 °C, 160 °C e 180 °C. Detalhes relacionados aos programas de termorretificação adotados em cada tratamento são apresentados na Figura 1.

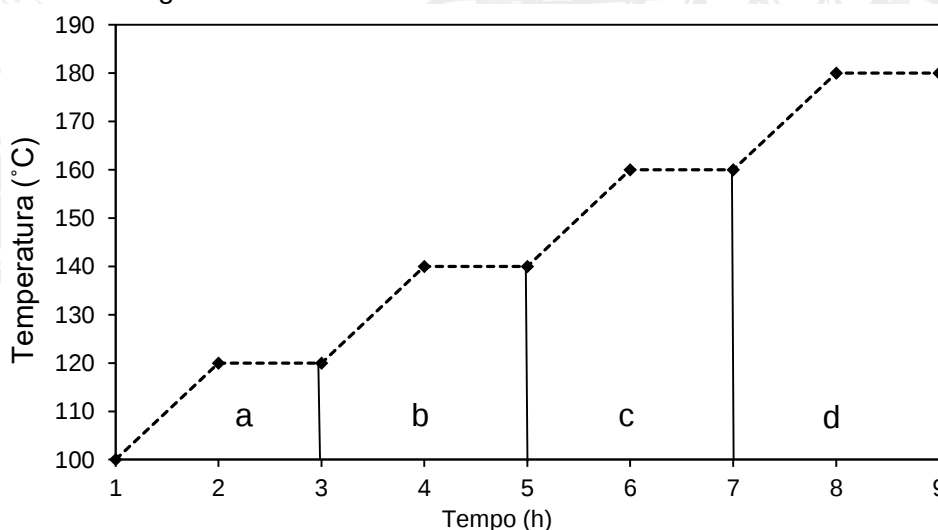


Figura 1 - Programas de termorretificação utilizados (a = 120 °C; a + b = 140 °C; a + b + c = 160 °C; a + b + c + d = 180 °C).

Os tratamentos foram estabelecidos com base em informações adquiridas na literatura e em estudos anteriores realizados pelo LQCE/ESALQ/USP (BRITO et al., 2006, BRITO et al., 2008). Após finalizar a termorretificação a estufa foi desligada para resfriamento natural até 30 °C. O material termorretificado foi novamente acondicionando em câmara climática para estabilização da umidade e continuação dos ensaios propostos.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Dessa forma, para os ensaios de resistência biológica, foram selecionadas dez tábuas de cada espécie as quais designou-se os seguintes tratamentos:

- P0: Madeira de *Pinus* não submetido à termorretificação.
- P120: Madeira de *Pinus* termorretificada à 120 °C.
- P140: Madeira de *Pinus* termorretificada à 140 °C.
- P160: Madeira de *Pinus* termorretificada à 160 °C.
- P180: Madeira de *Pinus* termorretificada à 180 °C.
- E0: Madeira de *Eucalyptus* não submetido à termorretificação.
- E120: Madeira de *Eucalyptus* termorretificada à 120 °C.
- E140: Madeira de *Eucalyptus* termorretificada à 140 °C.
- E160: Madeira de *Eucalyptus* termorretificada à 160 °C.
- E180: Madeira de *Eucalyptus* termorretificada à 180 °C.

2.2 Resistência à fungos de podridão branca e podridão parda

O ensaio foi conduzido com base na norma americana ASTM-D2017 (2005) *Accelerated Laboratory Test of Natural Decay Resistance of Woods*. As amostras foram expostas em culturas puras de fungos causadores de podridão branca ou parda. A partir das tábuas termorretificadas, foram confeccionados corpos de prova com dimensões de 25 x 25 x 9 mm de peso e umidade conhecidos que foram dispostos em frascos contendo solo esterilizado e os seguintes fungos apodrecedores apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Fungos utilizados nos ensaios de resistência biológica.

Madeira	Fungo	Tipo de podridão
<i>Pinus caribaea</i>	<i>Gloeophyllum trabeum</i> - ATCC 11539	Parda
	<i>Postia placenta</i> - ATCC 12679	Parda
<i>Eucalyptus saligna</i>	<i>Gloeophyllum trabeum</i> - ATCC 11539	Parda
	<i>Pycnoporus sanguineus</i> - BCCM 30511	Branca

De acordo com a norma ASTM-D2017 (2005), a madeira de folhosa deve ser testada com os três tipos de fungos mencionados, porém o fungo *P. placenta* não se desenvolveu o suficiente nas amostras de *Eucalyptus* após várias tentativas de inoculação e dessa forma, o mesmo não foi utilizado nesta espécie.

Os frascos com as amostras e fungos (Figura 2) foram mantidos em câmara climatizada regulada a 27 °C e umidade relativa de 70 ± 5% por um período de quatorze semanas. Após esse período foram lavadas em água corrente para remoção dos micélios dos fungos, novamente climatizadas e mensuradas suas massas. A avaliação foi feita por meio da determinação percentual da redução da massa em relação à massa inicial devida a atividade do fungo.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

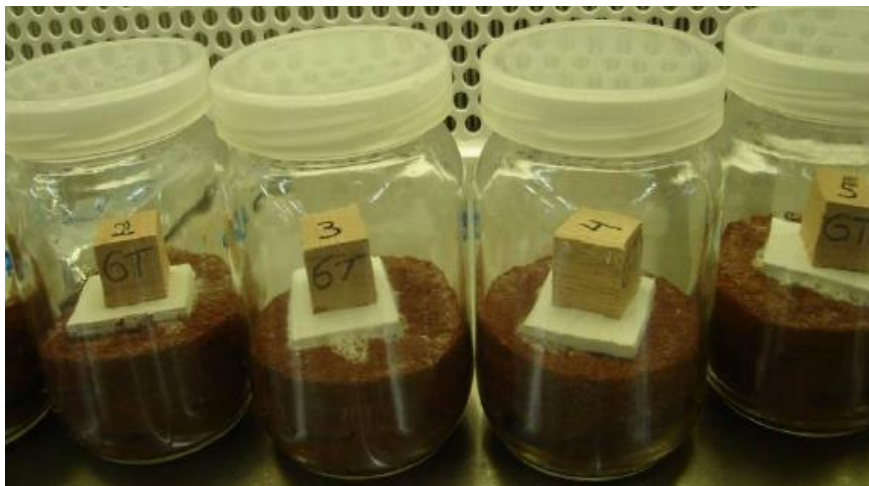


Figura 2. Corpos de prova introduzidos nos frascos sobre a placa suporte (Fonte: LPF/SFB, 2010).

2.3 Resistência à fungos de podridão mole

O ensaio foi conduzido seguindo método do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT, 1980b), nomeado “Ensaio Acelerado de Laboratório para Determinação de Eficiência de Preservativos contra Fungos de Podridão Mole” (1980).

As amostras de dimensões de 30 x 15 x 5 mm, foram expostas à ação da microflora natural existente no solo, causadora da podridão por um período de dezesseis semanas. Após esse período, o material foi novamente climatizado e avaliado em relação à massa inicial.

2.4 Resistência à cupins de madeira seca

O método é baseado nos procedimentos do IPT “Resistência ao Ataque de Cupins de Madeira Seca (IPT, 1980)”: *Cryptotermes brevis* (Família *Kalotermitidae*).

Para este ensaio as amostras foram ajustadas nas dimensões de 70 x 23 x 6 mm e acondicionadas em cilindros de vidro dotados de quarenta cupins, na razão de trinta e nove operários para um soldado. Os cilindros foram mantidos em câmara climática por um período de quarenta e cinco dias.

Ao término do ensaio foi registrada a porcentagem da mortalidade de cupins e atribuídas notas para o desgaste produzido pelos mesmos. A avaliação foi feita comparativamente com amostras de madeiras de *Pinus elliottii* susceptíveis ao ataque por cupins (Testemunha). As notas variam de zero a quatro, sendo: 0 = nenhum desgaste, 1= desgaste superficial, 2= desgaste moderado, 3= desgaste acentuado e 4= desgaste profundo.

2.5. Análise dos dados

Os dados obtidos foram analisados por meio de estatística não paramétrica de Kruskal Wallis ao nível de 5% de significância e quando detectado diferenças, foi aplicado o teste de Mann Whitney para comparações múltiplas das médias. O delineamento considerou cinco tratamentos referentes as temperaturas de termorretrificações em cada espécie (*Pinus* e *Eucalyptus*) e dez repetições por ensaio realizado.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados para perda de massa das amostras submetidas aos ensaios de podridão branca e podridão parda são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Perda percentual de massa (%) após ensaio de resistência biológica aos fungos.

Tratamento	Fungo causador	
	<i>Gloeophyllum tabeum</i> ¹	<i>Postia placenta</i> ¹
P0	45,24 ^{bA} (20,44)	21,42 ^{bB} (19,20)
P120	54,85 ^{aA} (12,29)	23,37 ^{Bb} (15,11)
P140	59,15 ^{aA} (5,01)	28,35 ^{aB} (21,45)
P160	23,21 ^{cA} (19,94)	9,16 ^{cB} (12,05)
P180	17,56 ^{cA} (10,98)	6,98 ^{cB} (8,54)
Tratamento	<i>Gloeophyllum tabeum</i> ¹	<i>Pycnoporus sanguineus</i> ²
E0	9,78 ^{aB} (11,94)	32,76 ^{aA} (16,77)
E120	0,73 ^{bB} (2,26)	35,49 ^{aA} (14,81)
E140	1,42 ^{bB} (2,64)	23,61 ^{bA} (17,93)
E160	1,33 ^{bB} (2,27)	27,71 ^{bA} (18,05)
E180	1,34 ^{bB} (1,67)	9,46 ^{cA} (10,11)

¹Fungo causador da podridão parda, ²Fungo causador da podridão branca. Valores seguidos pela mesma letra não diferem entre si considerando uma mesma espécie de madeira ($p > 0,05$). Letras minúsculas comparam valores entre colunas e letras maiúsculas comparam valores entre linhas. Valores entre parênteses correspondem aos desvios padrões médios.

Para *Pinus caribaea*, observa-se que a perda de massa ocasionada pelo agente biológico da podridão parda, se mostrou superior para as madeiras termorretificadas em temperaturas de 120 °C e 140 °C. Houve decréscimo de massa (%) à medida que aumentou a temperatura de termorretificação (160 °C e 180 °C). As amostras não termorretificadas apresentaram valores intermediários entre as duas situações observadas. Já as madeiras de *Eucalyptus saligna*, para este mesmo tipo de podridão, obtiveram resultados bastante inferiores aos obtidos para a madeira de *Pinus caribaea*. A maior perda de massa detectada foi para o tratamento E0 (sem termorretificação).

Com relação à resistência ao fungo causado da podridão branca, do ponto de vista quantitativo absoluto, as madeiras de *Eucalyptus saligna* mostraram-se mais susceptíveis ao ataque. Observou-se maiores valores de perda de massa para as madeiras não termorretificadas (32,76%) e tratamento E120 (35,49%) diminuindo até a maior temperatura de termorretificação (180 °C), tendo esta, perda de massa de 9,46%. Esse aumento de susceptibilidade (da maior à menor perda de massa) corresponde a ordem de 73,34%. As madeiras de *Pinus caribaea* quando em contato com os referidos fungos, apresentaram comportamento semelhante, porém a maior perda de massa detectada foi para amostras termorretificadas à 140 °C (28,35%) e o menor valor para amostras termorretificadas a 180 °C (6,98%). Neste caso, o aumento de susceptibilidade foi maior, de 75,38%.

Estas variações para as perdas de massa são explicadas pelas diferenças estruturais e de constituição química das madeiras, que ocorrem entre espécies e



entre árvores de mesma espécie (ALVES et al., 2006; SILVA et al., 2005). Tal fato pode ocasionar alterações nas propriedades físicas e de durabilidade natural das mesmas decorrentes da exposição à temperatura das termorretificações. Assim, uma mesma espécie pode não ocupar o mesmo nível de resistência à deterioração, principalmente quando diferentes tipos de fungos degradadores são utilizados (ASTM D-2017, 1994; MBURU et al., 2007).

Os resultados apresentados na Figura 3, considerando a mesma espécie, demonstram que os menores valores médios de perda de massa (%) foram obtidos para as madeiras termorretificadas sob maiores temperaturas.

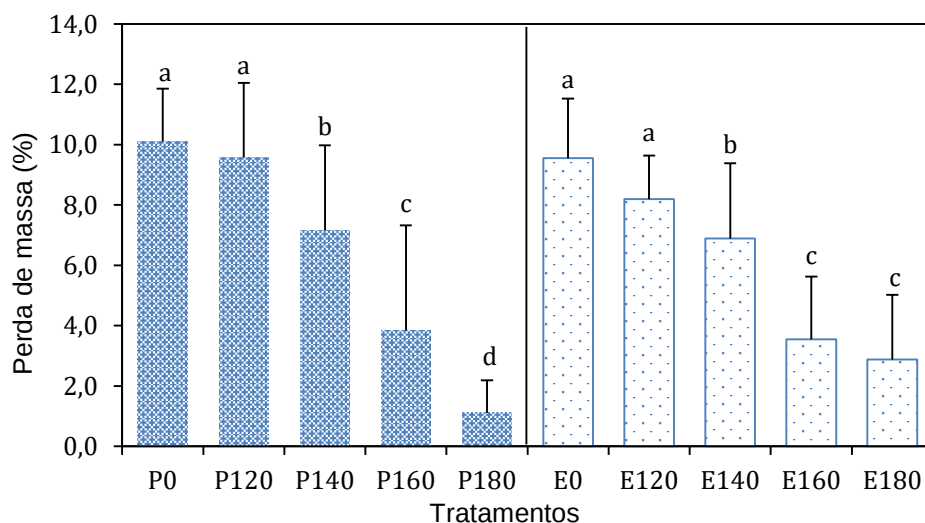


Figura 3. Perda de massa da madeira após ensaio de resistência biológica aos fungos causadores de podridão mole. Valores seguidos pela mesma letra não diferem entre si considerando uma mesma espécie ($p > 0,05$).

Os aumentos da perda de massa das madeiras termorretificadas em temperaturas inferiores possivelmente estão associadas ao fato do desenvolvimento fúngico ter sido estimulado pelos compostos resultantes da decomposição das hemiceluloses e remoção de extrativos o que favoreceria o desenvolvimento micelial (PULS et al., 1985; DOI et al., 2005; BRITO et al., 2006; ROCHA, 2011).

Rocha (2011) afirma que é possível ao elevar a temperatura haja a condensação, degradação ou lixiviação de monômeros e açúcares resultantes da degradação parcial das hemiceluloses, tornando-os indisponíveis para ação fúngica, resultando em perda de massa de menor magnitude. O mesmo foi observado por Doi et al. (2005) quando relataram que no material vaporizado e seco em temperatura de 120°C ocorreu a liberação de açúcares de baixo peso molecular, aumentando a susceptibilidade da madeira, enquanto que no material tratado a 130 °C houve indisponibilização desses açúcares para utilização dos fungos.

Com base na Tabela 3, foi observado para madeira de *Pinus caribaea* um desgaste rápido e severo (nota 4), porém não significativo entre os tratamentos realizados, inclusive com relação a testemunha (*Pinus elliotti*). Todavia, a mortalidade foi maior para os tratamentos P0, P120 e P140 e menor para as amostras pertencentes ao tratamento P180 (maior temperatura de termorretificação - 180 °C).

Tabela 3. Valores médios para o ensaio de resistência a cupins de madeira seca.



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Tratamento	Desgaste das amostras	Mortalidade média dos cupins (%)
P0	4,0 ^{ns}	33,33 ^a (8,61)
P120	4,0 ^{ns}	33,33 ^a (3,76)
P140	4,0 ^{ns}	33,33 ^a (10,78)
P160	4,0 ^{ns}	28,33 ^b (10,33)
P180	4,0 ^{ns}	22,91 ^c (7,97)
Testemunha	4,0 ^{ns}	26,66 ^b (6,11)
E0	3,0 ^b	41,66 ^a (10,33)
E120	3,2 ^b	23,75 ^d (8,48)
E140	3,0 ^b	27,50 ^c (8,51)
E160	3,5 ^b	34,58 ^b (2,92)
E180	3,8 ^b	22,92 ^d (12,49)
Testemunha	4,0 ^a	26,67 ^c (6,11)

Valores seguidos pela mesma letra não diferem entre si considerando madeira de uma mesma espécie ($p > 0,05$). Valores entre parênteses correspondem aos desvios padrões médios. ns= valores não significativos a 95% de probabilidade.

Contudo, no experimento em que se utilizaram madeiras termorretificadas de *Eucalyptus saligna*, houve o maior desgaste para as amostras testemunhas em relação aos demais tratamentos. A mortalidade, neste caso foi superior para amostras não termorretificadas, seguida pelo tratamento E160, E120, E180 e por último, os tratamentos E120 e testemunha.

Rocha (2011) relatada a alta susceptibilidade de madeira do gênero *Eucalyptus* quando na presença de cupins de madeira seca. Além disso, Silva et al. (2005) salientam que este comportamento é ocasionado pela presença de pequena quantidade e/ou do tipo de extrativos não eficazes para combater o ataque do agente na madeira estudada. Outras espécies, no entanto, apresentam notas de desgaste bem abaixo da encontrada nesta pesquisa. Isto é demonstrado no trabalho de Gonçalves e Oliveira (2006) ao reportarem que as madeiras *Schizolobium parahyba*, *Toonia ciliata*, *Tachigardia myrmecophylla*, *Goupia glabra*, *Cedrela fissilis* e *Caryocar brasiliense* apresentaram notas de desgaste médias de 2,78; 1,94; 1,33; 0,45; 0,28 e 0,22; respectivamente, após 45 dias de exposição aos insetos.

Deste modo, considerando especificamente cada espécie, as amostras de madeira receberam notas elevadas, sendo que a nota média foi 4 para de *Pinus caribaea* e naquela de *Eucalyptus saligna*, a média foi 3,3. Brito et al. (2008) não observaram resultado diferente em sua pesquisa, uma vez que notificaram nota média de desgaste de 2,44 e índice médio de mortalidade dos cupins de 14,6% quando a madeira de *Eucalyptus grandis* foi termorretificada a 120 °C, não diferenciando, porém, da testemunha.

4. CONCLUSÕES

Os melhores resultados de resistência ao apodrecimento da madeira de *Pinus caribaea* para as termorretificações conduzidas sob temperaturas de 160 °C e 180 °C.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

A madeira de *Eucalyptus saligna* apresentou aumento à resistência aos fungos *Gloeophyllum trabeum*, *Pycnoporus sanguineus* e aos fungos da podridão mole à medida que se aumentou a temperatura de termorretificação.

Não se constatou aumento à resistência ao ataque de cupins nas madeiras das espécies avaliadas, inclusive foi observado redução da resistência em madeiras termorretificadas sob temperatura de 180 °C.

O processo de termorretificação pode ser utilizado como método preservativo em madeiras, recomendando estudos posteriores que abordem as propriedades físicas de acordo com a destinação ou uso dado a cada espécie.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES, ao CNPQ e ao IPEF pelo apoio as pesquisas e pela concessão de bolsas.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALÉN, R.; KOTILAINEN, R.; ZAMAN, A. Thermochemical behavior of Norway spruce (*Picea abies*) at 180-225°C. Wood Science and Technology, Berlin, v.36, n.2, p.163-171, 2002.

ALVES, M.V.S.; COSTA, A.F.; ESPIG, D.S.; VALE, A.T. Resistência natural de seis espécies de madeiras da região amazônica a fungos apodrecedores em ensaios de laboratório. Ciência Florestal, Santa Maria, v. 16, n. 1, p. 17-26, 2006.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM D 2017. Standard test method for accelerated laboratory test of natural decay resistance of wood. Philadelphia, 2005. 5p.

BRITO, J.O. Estudo das influências da temperatura, taxa de aquecimento e densidade da madeira de *Eucalyptus maculata* e *Eucalyptus citriodora* sobre os resíduos sólidos da pirólise. Piracicaba. Tese (Livre Docência) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1992.

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, London, v. 99, p. 8545-8548, 2008.

BRITO, J.O.; GARCIA, J.N.; BORTOLETTO JR, G. Densidade básica e retratibilidade da madeira de *Eucalyptus grandis* submetida a diferentes temperaturas de termorretificação. Cerne, Lavras, v.12, n.2, p.182-188, 2006.

DOI, S. et al. Changes of decay and termite durabilities of Japanese larch (*Larix leptolepis*) wood due to high-temperature kiln drying processes. Journal of Wood Science, Tokyo, v. 1, p. 526-530, 2005.

GARCIA, R.A.; CARVALHO, A.M.; LATORRACA, J.V.F.; MATOS, J.L.M.; SANTOS, W.A.; SILVA, R.F.M. Nondestructive evaluation of heat-treated *Eucalyptus grandis* Hill

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

ex Maiden wood using stress wave method. Wood Science and Technology, v. 46, n. 1, p. 41-52, 2012.

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.

INSTITUTO BRASILEIRO DE DESENVOLVIMENTO FLORESTAL/LABORATÓRIO DE PRODUTOS FLORESTAIS – IBDF/LPF. Madeiras da Amazônia, Características e utilização. Estação Experimental de Curuá-Una, v. 2, p. 30-32, 1988.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS (IPT). Métodos de ensaio e análise de preservação de madeira: ensaio acelerado de laboratório da resistência natural ou de madeira preservada ao ataque de térmitas do gênero *Cryptotermes* (Fam. *Kalotermitidae*). São Paulo, 1980.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS/DIMAD (IPT/DIMAD). Ensaio acelerado de laboratório para a determinação da eficiência de preservativos contra fungos da podridão-mole. São Paulo, 1980b.

MBURU, F.; DUMARÇAY, S.; HUBER, F.; PETRISSANS, M.; GÉRARDIN. Evaluation of thermally modified *Grevillea robusta* heartwood as an alternative to shortage of wood resource in Kenya: characterisation of physicochemical properties and improvement of bio-resistance. Bioresource Technology, London, v. 98, n. 18, p. 3478-3486, 2007.

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.

PALERMO, G.P.M.; LATORRACA, J.V.F.; MOURA, L.F.; NOLASCO, A.M.; CARVALHO, A.M.; GARCIA, R.A. Surface roughness of heat treated *Eucalyptus grandis* wood. Madera y Tecnología, Santiago, v. 16, n. 1, p. 03-12, 2015.

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

PULS, J.; POUTANEN, K.; KÖRNER, HU.; VIIKARI, L. Biotechnical utilization of wood carbohydrates after steaming pretreatment. Applied Microbiology and Biotechnology, Berlin, v. 22, p. 416-423, 1985.

ROCHA, C.D. Efeito da vaporização na madeira de *Eucalyptus grandis* sobre as suas propriedades químicas e resistência natural a fungos e cupins. Dissertação de Mestrado em Ciência Florestal. 121p. Botucatu-SP, 2011.

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.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

SILVA, J. C.; MATOS, J.L.M.; OLIVEIRA, J.T.S.; EVANGELISTA, W.V. Influência da idade e da posição ao longo do tronco na composição química da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden. Revista Árvore, Viçosa, v. 29, n. 3, p. 455-460, 2005.

VIVIAN, M.A.; SANTINI, E.J.; MODES, K.S.; GARLET, A.; MORAIS, W.W.C. Resistência biológica da madeira tratada de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus cloeziana* a fungos apodrecedores em ensaios de laboratório. Ciência Florestal, Santa Maria, v. 25, n. 1, p. 175-183, 2015.

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

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

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO

