

Resistência da madeira de tauari modificada termicamente ao ataque de cupins em ensaios de laboratório

Paulo Henrique dos Santos Silveiras¹; Anna Clara Oliveira Rupf¹; Kamily da Silva Pereira¹; Saulo José da Costa Lima¹; Fernando Wallase Carvalho Andrade²; Djeison Cesar Batista¹

¹Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais (PPGCFL), Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Jerônimo Monteiro/ES, Brasil; ²Instituto de Biodiversidade e Florestas (IBEF), Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA), Santarém/PA, Brasil – djeison.batista@ufes.br

Resumo: O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da modificação térmica na resistência da madeira de tauari ao ataque de cupins. A madeira foi modificada termicamente a 180, 190, 200 e 210 °C, em escala laboratorial, em sistema aberto. Parte do material não foi tratado, correspondendo ao Controle. Foram realizados ensaios laboratoriais de alimentação forçada com os cupins *Nasutitermes corniger* (arborícola) e *Cryptotermes brevis* (madeira seca), em que foram avaliadas a perda de massa (%), as notas de desgaste e a mortalidade (%). O efeito da modificação térmica foi nulo na resistência à biodeterioração causada por ambas espécies de cupins. Esse efeito também já havia sido reportado na literatura para outras espécies de folhosas modificadas termicamente. Recomendam-se a realização de um ensaio de preferência alimentar com o cupim *N. corniger*, bem como a modificação térmica da madeira de tauari em sistema fechado.

Palavras-chave: *Couratari* sp., *Cryptotermes brevis*, *Nasutitermes corniger*. Modificação térmica.

Resistance of thermally modified tauari wood against the attack of termites in laboratory tests

Abstract: The objective of this work was to evaluate the effect of thermal modification on the resistance of tauari wood to termite attack. The wood was thermally modified at 180, 190, 200, and 210 °C, on a laboratory scale, in an open system. Part of the material was not treated, corresponding to the Control. Non-choice feeding laboratory tests were carried out with the termites *Nasutirmes corniger* (arboreal) and *Cryptotermes brevis* (dry wood), in which mass loss (%), visual damage rating, and mortality (%) were evaluated. The effect of thermal modification was null on the resistance to biodeterioration caused by both species of termites. This effect has also been reported in the literature for other thermally modified hardwood species. It is recommended to carry out a choice feeding test with the termite *N. corniger*.

Keywords: *Couratari* sp., *Cryptotermes brevis*, *Nasutitermes corniger*. Thermal modification.

1. INTRODUÇÃO

As espécies do gênero *Couratari*, conhecidas como tauari, possuem considerável distribuição na Floresta Amazônica e ampla gama de aplicações, desde caixotaria até instrumentos musicais (IPT, 2024). Historicamente, a madeira de tauari tem baixo valor comercial, por causa da sua classificação como “madeira branca”, culturalmente associada à baixa durabilidade natural. Contudo, ao longo dos anos, a madeira de tauari vem sendo comercializada em maior volume (ANDRADE, 2021).

Para as “madeiras brancas” tropicais, a modificação térmica pode ser uma boa alternativa aos processos tradicionais de preservação, por não empregar produtos químicos biocidas ou tóxicos. Além disso, o processo agrega benefícios à madeira, como aumento da estabilidade dimensional e da resistência à biodeterioração (principalmente contra fungos), redução da higroscopicidade, e escurecimento (HILL, 2011; SANDBERG; KUTNAR, 2015).

Para cupins, tem sido reportado que a modificação térmica possui efeito nulo (PESSOA, 2002; BATISTA, 2012; BRITO *et al.*, 2018; ESTEVES *et al.*, 2021) e, em alguns casos, a madeira modificada termicamente pode se tornar mais susceptível (SHI *et al.*, 2007). Entretanto, a literatura também indica o aumento da resistência ao ataque de cupins, por causa da alteração da composição química da madeira causada pelo processo (LIMA, 2019).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da modificação térmica em sistema aberto na resistência da madeira de tauari ao ataque de cupins.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Seleção do material

Foi utilizado o mesmo material de um estudo anterior (ANDRADE, 2021), que analisou a madeira de tauari (*Couratari* sp., família Lecythidaceae) oriunda de plano de manejo florestal da Floresta Nacional dos Tapajós, em Santarém, Pará. Cento e cinquenta amostras de 50 x 50 x 150 mm (tangencial x radial x longitudinal) foram obtidas de peças radiais isentas de defeitos e divididas igualmente em cinco lotes, conforme os tratamentos estudados: controle e quatro temperaturas de modificação térmica. As amostras foram previamente condicionadas a 21 °C e 65% de umidade

relativa do ar (URA) até atingirem o equilíbrio com o ambiente (~12% de umidade de equilíbrio). Os teores de extrativos totais (etanol:tolueno, 1:2) e de cinzas do controle foram de 5,25% e 0,63%, respectivamente.

2.2 Modificação térmica

A modificação térmica foi realizada em uma estufa elétrica laboratorial (FANEM, modelo 315 SE, São Paulo), sob pressão atmosférica (sistema aberto, não pressurizado), em quatro temperaturas finais (180, 190, 200 e 210 °C). O programa de modificação térmica foi realizado em quatro etapas, com base em Severo e Calonego (2011): i) secagem a 100 °C por 24 h, seguida de pesagem em balança semianalítica digital (0,01 g); ii) aquecimento a uma taxa de 1,3 °C.min⁻¹ até a temperatura final (180, 190, 200 ou 210 °C); iii) manutenção da temperatura final por 150 min.; iv) resfriamento até 40 °C, pelo desligamento do equipamento, seguido de nova pesagem das amostras. A perda de massa corrigida foi de 2,69%, 3,40%, 5,56% e 8,33%, respectivamente para 180, 190, 200 e 210 °C.

2.3 Ensaio com cupins arborícolas

O ensaio de alimentação forçada com o cupim arborícola *Nasutitermes corniger* foi realizado conforme a norma E1-16 (AWPA, 2016), em que foram utilizados insetos coletados de uma colônia em Jerônimo Monteiro – ES. A colônia foi removida de uma goiabeira, transportada para o laboratório e acondicionada conforme descrito por Brito *et al.* (2022).

Foram testados cinco corpos de prova por tratamento (25 x 25 x 6 mm) (radial x tangencial x longitudinal), além de *Pinus* sp. (referência). Os corpos de prova foram secos em estufa a 103 ± 5 °C por 24 h, e posteriormente pesados em balança analítica (0,001 g) para registro da massa anidra inicial (M1).

O ensaio foi realizado em frascos de vidro (600 mL) preparados com 150 g de areia peneirada, lavada e esterilizada, colocando-se um corpo de prova por frasco e cerca de 400 cupins, conforme a proporção de soldados e operários verificada na colônia. O ensaio permaneceu em sala climatizada (26 ± 2 °C) durante 28 dias, no escuro. Ao final, os corpos de prova foram limpos e a massa anidra (M2) foi registrada conforme procedimento anterior.

A perda de massa (PM, %) foi calculada com a expressão $PM = [(M1 - M2)/M1] \cdot 100$. Além da perda de massa, a resistência da madeira foi verificada pela avaliação visual do desgaste (notas de 0 “falha” a 10 “sadio” – AWWA, 2016) aos corpos de prova e pela mortalidade dos cupins (%).

2.4 Ensaio com cupins de madeira seca

O ensaio de alimentação forçada com o cupim de madeira seca *Cryptotermes brevis* foi realizado conforme o método do Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT (1980). Foram testados dez corpos de prova por tratamento, com dimensões de 70 x 23 x 6 mm (longitudinal x radial x tangencial), unidos aos pares com fita adesiva e dispostos em placas de Petri. Sobre cada par, foi fixado com parafina um recipiente de policloreto de polivinila (PVC), com 35 mm de diâmetro e 40 mm de altura. Foram inseridos 40 cupins em cada recipiente, sendo 39 operários e um soldado. O ensaio foi mantido em sala climatizada ($27 \pm 2^\circ\text{C}$ e $65 \pm 5\%$ de umidade relativa), no escuro, durante 45 dias.

A perda de massa e a taxa de mortalidade foram obtidas da mesma forma que no ensaio com o cupim arborícola. A resistência da madeira também foi analisada pela avaliação visual do desgaste (notas 0 “nenhum desgaste” a 4 “desgaste profundo”, (IPT, 1980).

2.5 Análises estatísticas

Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado e o nível de significância adotado foi de até 5% de probabilidade para todos os testes. O efeito dos tratamentos nos dados de perda de massa foi verificado pela análise de variância (ANOVA), com a verificação prévia da homogeneidade das variâncias e, nos casos em que se aceitou a hipótese nula (Teste de Bartlett, $p > 0,05$), procedeu-se a ANOVA. Nos casos da hipótese alternativa, realizou-se o teste H de Kruskal-Wallis.

Os dados discretos das notas de desgaste foram analisados pelo teste não paramétrico H de Kruskal-Wallis. Nos casos em que se rejeitou a hipótese nula, os escores médios foram diferenciados pelo teste de Bonferroni.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 *Cupins arborícolas*

A perda de massa média do *Pinus* sp. (referência) foi de 17,84% (coeficiente de variação= 35,74%), em que o mínimo e o máximo foram de 10,14% e 24,76%, respectivamente. A mortalidade média foi de 97% (coeficiente de variação= 5,46%), em que o mínimo e o máximo foram de 88% e 100%, respectivamente.

A madeira do gênero *Couratari* é considerada suscetível ao ataque de cupins, de maneira geral (CIRAD, 2017; IPT, 2023). O controle obteve uma baixa média de perda massa (2,67%, Tabela 1), com classificação de “ataque leve”, em que houve mortalidade total dos cupins, o que indica resistência da madeira de tauari, contrariando a literatura.

Tabela 1. Sumário dos resultados do ensaio com o cupim arborícola *N. corniger*.

Trata- mento	Perda de massa		Avaliação visual do desgaste				Mortalidade (%)
	Média (%)	Escore médio	Mí- nimo	Mé- dia	Máx- imo	Escore médio	
Controle	2,67 (10,03)	8,0	9,0	9,0	9,0	14,0	100
180 °C	3,23 (43,79)	13,2	9,0	9,2	10,0	16,2	100
190 °C	4,56 (36,71)	17,4	9,0	9,0	9,0	14,0	100
200 °C	3,33 (27,21)	13,2	8,0	8,8	9,0	11,8	100
210 °C	4,05 (69,42)	13,2	7,0	8,2	9,0	9,0	100
Teste de Bartlett	14,72*	-	-	-	-	-	-
Teste H	-	4,11 ^{ns}	-	-	-	6,73 ^{ns}	-

Coeficiente de variação (%) entre parênteses. ns e *: não significativo e significativo ao nível de 5% de probabilidade, respectivamente.

Conforme os resultados de perda de massa e notas de desgaste (Tabela 1), não houve diferença significativa entre os tratamentos. Isso significa que o efeito da modificação térmica, incluindo as diferentes temperaturas testadas (de 180 a 210 °C), foi nulo. As médias das notas de desgaste variaram entre 8 e 9, classificando o ataque dos cupins em “ataque moderado” (3-10% da área atacada) e “ataque leve” (3% da área atacada), respectivamente (AWPA, 2016).

O efeito nulo da modificação térmica também foi reportado para *Khaya ivorensis*, em que a temperatura de 180 °C não diferiu do controle após o ataque de *N. corniger*. Por outro lado, no mesmo trabalho, foi observado efeito positivo da modificação térmica a 200 °C, em que o ataque dos cupins causou menor perda de massa, o que pode estar associado ao teor de cinzas, bem como a um menor teor de holocelulose (LIMA, 2019). Como o teor de cinzas da madeira de tauari foi menor que 1%, não foi possível apontar esse fator como preponderante para a discussão da resistência à biodeterioração.

3.2 Cupins de madeira seca

A baixa perda massa do controle (0,28%, Tabela 2) foi contrária ao verificado na literatura, que relata que a madeira de tauari possui suscetibilidade ao ataque de cupins, incluindo como motivo a baixa quantidade de extrativos (LASKOWSKA *et al.*, 2021).

Tabela 2 – Resultados do ensaio com o cupim de madeira seca *Cryptotermes brevis*

Tratamento	Perda de massa		Avaliação visual do desgaste				Mortalidade (%)
	Média (%)	Escore médio	Mínimo	Média	Máximo	Escore médio	
Controle	0,28 (62,5)	24,0	1	1,5	2	19,5	52,0 (15,35)
180 °C	1,33 (220,3)	29,6	1	2,3	3	34,6	47,0 (33,51)
190 °C	2,42 (290,2)	21,5	1	1,8	2	26,1	49,5 (22,97)
200 °C	0,31 (43,5)	27,3	1	1,9	2	28,3	59,0 (10,63)
210 °C	0,43 (118,4)	25,2	1	1,5	3	19,0	56,5 (21,12)
Teste de Bartlett	129,90*	-	-	-	-	-	-
Teste H	-	1,79 ^{ns}	-	-	-	10,08 ^{ns}	-

Coefficiente de variação (%) entre parênteses. ns e *: não significativo e significativo ao nível de 5% de probabilidade, respectivamente.

Contudo, a madeira de tauari deste trabalho teve um teor de extrativos totais expressivo (5,35%), contrariando a literatura. Isso indica a necessidade de mais

investigações sobre qualidade dos extrativos da madeira dessa espécie, e não apenas a quantidade.

Poderia se sugerir baixo vigor da colônia, contudo, a taxa de mortalidade não foi de 100% em nenhum dos tratamentos (Tabela 2). O método solicita que a quantidade de orifícios nos corpos de prova seja registrada, os quais não foram verificados em nenhum tratamento.

Da mesma forma que no ensaio com os cupins arborícolas (Tabela 1), não houve diferença significativa da perda de massa e das notas de desgaste entre os tratamentos, implicando que o efeito da modificação térmica foi nulo. Considerando-se o ensaio de perda de massa, os coeficientes de variação foram altos, da mesma forma que no ensaio com o cupim arborícola, indicando elevada amplitude entre os resultados dos corpos de prova. Em contraponto, alguns trabalhos com *Khaya ivorensis* (LIMA, 2019), *Eucalyptus grandis* e *Tectona grandis* (BRITO *et al.*, 2022) relataram melhora na durabilidade contra o ataque de *C. brevis* após a modificação térmica.

Como discutido, os resultados da durabilidade da madeira de tauari contra o ataque de cupins contrariaram o que se encontra relatado na literatura. Foi estudado um material durável, o que pode ter impedido a verificação do efeito da modificação térmica na madeira. Um dos limitantes deste trabalho foi a impossibilidade da identificação da espécie no gênero *Couratari*. Assim, levanta-se como objetivo de pesquisa para trabalhos futuros a investigação da durabilidade das principais espécies comerciais desse gênero botânico.

4. CONCLUSÃO

- O efeito da modificação térmica foi nulo em relação à biodeterioração causada pelos cupins *Nasutitermes corniger* (arborícola) e *Cryptotermes brevis* (madeira seca).
- Para o cupim arborícola, sugere-se a repetição do ensaio com o método de preferência alimentar. Sugere-se a realização de ensaios com outras espécies de cupins, por exemplo, de hábito subterrâneo.
- Recomenda-se a modificação térmica da madeira de tauari em sistema fechado, para se verificar o efeito contra o ataque de cupins.

5. REFERÊNCIAS

AWPA - AMERICAN WOOD PROTECTION ASSOCIATION. **E1-16**: Laboratory methods for evaluating the termite resistance of wood-based materials: choice and no-choice tests. Birmingham: AWPA Standards, 2016.

ANDRADE, F. W. C. **Eficiência de métodos não destrutivos para classificação e predição de propriedades de madeira modificada termicamente**. 2021. Tese (Doutorado) — Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2021.

BATISTA, D. C. **Modificação térmica da madeira de *Eucalyptus grandis* em escala industrial pelo processo brasileiro VAP Holzsysteme®**. 2012. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) — Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

BRITO, A. F.; CALONEGO, F.W.; BOND, B.H.; SEVERO, E.T.D. Color changes, EMC and biological resistance of thermally modified yellow poplar. **Wood and Fiber Science**, v. 50, n. 4, p. 439–446, 2018.

BRITO, T. M.; FERREIRA, G.; SILVA, J.G.M. da; MENDONÇA, A.R. de; FANTUZZI NETO, H.; PAES, J.B.; BATISTA, D.C. Resistance to biodeterioration of thermally modified *Eucalyptus grandis* and *Tectona grandis* short-rotation wood. **Wood Material Science & Engineering**, v. 18, n. 1, p. 3–10, 2022.

CIRAD - CENTRE DE COOPÉRATION INTERNATIONALE EN RECHERCHE AGRONOMIQUE POUR LE DÉVELOPPEMENT. 2017. **Tauari**. Disponível em: <<https://tropix.cirad.fr/FichiersComplementaires/EN/America/TAUARI.pdf>>. Acesso em: 16 maio. 2024.

ESTEVES, B.; FERREIRA, H.; VIANA, H.; FERREIRA, J.; DOMINGOS, I.; CRUZ-LOPES, L.; JONES, D.; NUNES, L. Termite resistance, chemical and mechanical characterization of *Paulownia tomentosa* wood before and after heat treatment. **Forests**, v. 12, n. 1114, p. 1–15, 2021.

HILL, C. A. S. Wood modification: an update. **BioResources**, v. 6, n. 2, p. 918–919, 2011.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **IPT/DIMAD D – 2**: Ensaio acelerado de laboratório da resistência natural ou madeira preservada ao ataque de térmitas do gênero *Cryptotermes*. São Paulo: IPT/DIMAD, 1980.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Tauari**. 2024. Disponível em: <<https://madeiras.ipt.br/tauari/>>. Acesso em: 28 jan. 2024.

LASKOWSKA, A.; MARCHWICKA, M.; TRZASKA, A.; BORUSZEWSKI, P. Surface and physical features of thermo-mechanically modified Iroko and Tauari wood for flooring application. **Coatings**, v.11, n.12, p.1-19, 2021.

LIMA, A. C. B. **Efeito da modificação térmica nas propriedades da madeira de mogno africano (*Khaya ivorensis* A. Chev.)**. 2019. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) — Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2019.

PESSOA, A. M. DAS C. **Termorreificação da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden (Myrtaceae) submetida ao cupim de madeira seca, *Cryptotermes brevis* (Walker, 1853) (Isoptera: Kalotermitidae) para teste de resistência**. 2002. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) — Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

SANDBERG, D.; KUTNAR, A. Recent development of thermal wood treatments: relationship between modification processing, product properties, and the associated environmental impacts. *In*: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON WOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY. **Anais [...]**.Tokyo: International Association of Wood Products Societies, 2015. p. 55-59.

SEVERO, E. T. D.; CALONEGO, F. W. **Processo de modificação térmica, por irradiação de calor, para a melhora da estabilidade dimensional e da durabilidade biológica de madeira sólida**. Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI). Brasil, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), 1 mar. 2011. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/109048>>. Acesso em: 5 jun. 2023

SHI, J. L.; KOCAEFE, D.; AMBURGEY, T.; ZHANG, J. A comparative study on brown-rot fungus decay and subterranean termite resistance of thermally-modified and ACQ-C-treated wood. **Holz Roh Werkst**, v. 65, p. 353–358, 2007.