



# Resistência mecânica e composição química de madeiras amazônicas deterioradas em ensaios de campo

Mechanical resistance and chemical characterization of Amazonian deteriorated woods in field tests

Lédio Batista<sup>1</sup>, Diego Martins Stangerlin<sup>1</sup>, Rafael Rodolfo de Melo<sup>2</sup>, Adilson Pacheco de Souza<sup>1</sup>, Eldalisley dos Santos Silva<sup>1</sup> e Elisangela Pariz<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Mato Grosso. Instituto de Ciência Agronômicas e Florestais. Sinop, Mato Grosso, Brasil. lediospn@gmail.com, stangerlin@ufmt.br, adilsonpacheco@cpd.ufmt.br, eldalislely@gmail.com, epariz@ufmt.br

<sup>2</sup> Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Centro de Ciências Agrárias. Departamento de Ciências Agronômicas e Florestais. Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil.

\* Autor de correspondência. rafael.melo@ufersa.edu.br

## RESUMO

Neste estudo objetivou-se avaliar a resistência mecânica e a composição química das madeiras de *Trattinnickia rhoifolia* (amescla), *Parkia pendula* (angelim), *Erismia uncinatum* (cedro), *Apuleia leiocarpa* (garapeira) e *Mezilaurus itauba* (itaúba) expostas à deterioração em ensaios de campo. Para tanto, amostras de madeira foram parcialmente enterradas em ambientes de campo aberto e floresta, sendo expostas à deterioração durante 360 dias. Os testes foram realizados na cidade de Sinop, estado de Mato Grosso, Região Centro Oeste do Brasil. A cada 60 dias realizou-se a caracterização das madeiras deterioradas por meio de ensaios de flexão estática, para obtenção dos módulos de elasticidade e de ruptura, e de dureza Rockwell. A caracterização química (teores de extrativos, cinzas, lignina, holocelulose e solubilidade em hidróxido de sódio) das madeiras foi realizada antes e depois da exposição aos ensaios de deterioração. As madeiras de itaúba e garapeira apresentaram menores alterações na resistência mecânica e na composição química, em comparação às demais espécies, indicando uma maior durabilidade natural.

**PALAVRAS CHAVE:** durabilidade natural, qualidade da madeira, flexão estática, dureza Rockwell, química da madeira.

## ABSTRACT

This study aimed to evaluate the mechanical strength and chemical composition of *Trattinnickia rhoifolia* (amescla), *Parkia pendula* (angelim), *Erismia uncinatum* (cedro), *Apuleia leiocarpa* (garapeira) and *Mezilaurus itauba* (itaúba) exposed to deterioration in field tests. To achieve this, wood samples were partially buried in outdoor and forest canopy, being exposed to deterioration for 360 days. The tests were carried out in the city of Sinop, state of Mato Grosso, Middle West of Brazil. Every 60 days, deteriorated wood was mechanically evaluated by the static bending tests, to obtain the modulus of elasticity and rupture, and hardness Rockwell. The chemical composition (extractives, ash, lignin, holocellulose and solubility in sodium hydroxide) were evaluated before and after the exposure to deterioration tests. Itaúba and garapeira wood presented lower change in mechanical resistance and chemical composition, in comparison to the other species, indicating a greater natural durability.

**KEYWORDS:** natural durability, wood quality, static bending, hardness Rockwell, wood chemistry.

## INTRODUÇÃO

A madeira quando empregada em ambientes externos, tanto para fins estruturais quanto não-estruturais, está sujeita a ação do intemperismo natural e de organismos xilófagos que causam importantes modificações nas propriedades tecnológicas (Trevisan, Tieppo e Carvalho, 2008; Cademartori, Missio, Mattos e Gatto, 2015; Pilocelli *et al.*, 2015).

A capacidade da madeira em resistir à ação desses agentes de deterioração é denominada de durabilidade natural. A durabilidade natural da madeira pode ser influenciada pelo ambiente e período de exposição (Melo *et al.*, 2010; Ribeiro *et al.*, 2014), bem como pelas propriedades intrínsecas da madeira, como por exemplo a massa específica e a composição química (Paes *et al.*, 2007; Carneiro, Emmert, Sternadt, Mendes e Almeida, 2009).

A caracterização da durabilidade natural da madeira pode ser avaliada por meio da exposição de amostras em ensaios de campo ou de laboratório. Os ensaios de campo, com amostras de madeira em contato direto com o solo, são mais fidedignos nos resultados obtidos (Brischke e Rolf-Kiel, 2010), tendo em vista que a madeira fica sujeita à deterioração pela ação dos agentes bióticos (fungos, térmitas, brocas e bactérias) e abióticos (radiação solar, precipitação pluviométrica e umidade).

O processo de deterioração resulta em alterações químicas e mecânicas da madeira em serviço, as quais influenciam diretamente em sua vida útil. As madeiras mais suscetíveis à deterioração apresentam menor tempo de vida útil em serviço. Nesse sentido, o conhecimento da durabilidade natural em conjunto com a composição química e a resistência mecânica auxilia na definição do correto emprego de uma madeira em condições de serviço.

No setor madeireiro brasileiro, o estado de Mato Grosso é um dos principais responsáveis pela exploração de madeiras amazônicas para produção de múltiplos produtos serrados. Esse processo se dá principalmente por meio de Planos de Manejo Florestais Sustentáveis, autorizado e supervisionado pela Secretaria Estadual de Meio Ambiente. Os produtos originados são

comercializados no mercado interno, principalmente nos estados do sul e sudeste do Brasil, e externo. As madeiras de *Trattinnickia rhoifolia* Willd. (amescla), *Erismia uncinatum* Warm. (cedro), *Parkia pendula* (Willd.) Benth. ex Walp. (angelim), *Apuleia leiocarpa* (Vogel) J.F. Macbr. (garapeira) e *Mezilaurus itauba* (Meissn.) Taub. (itaúba) destacam-se por serem as mais comercializadas na região norte de Mato Grosso, principal pólo madeireiro do estado, sendo empregadas tanto para fins estruturais como não-estruturais na construção civil (Melo *et al.*, 2015).

## OBJETIVOS

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a resistência mecânica e a composição química de cinco madeiras amazônicas (*Trattinnickia rhoifolia* - amescla, *Parkia pendula* - angelim, *Erismia uncinatum* - cedro, *Apuleia leiocarpa* - garapeira e *Mezilaurus itauba* - itaúba) expostas a ensaios de deterioração de campo durante 360 dias.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Coleta do material e preparo dos corpos de prova

Para realização desse estudo utilizaram-se seis tábuas, com dimensões de 0,03 m × 0,30 m × 3 m (espessura, largura e comprimento, respectivamente), para cada uma das cinco espécies amazônicas (*Trattinnickia rhoifolia* - amescla, *Parkia pendula* - angelim, *Erismia uncinatum* - cedro, *Apuleia leiocarpa* - garapeira e *Mezilaurus itauba* - itaúba), as quais foram obtidas em diferentes serrarias no município de Sinop, estado Mato Grosso, Brasil.

A partir das tábuas selecionadas foram confeccionados 78 corpos de prova, com dimensões de 2 cm × 2 cm × 30 cm (espessura, largura e comprimento, respectivamente), para cada uma das espécies amazônicas. Desse total, 72 corpos de prova, de cada espécie, foram submetidos aos ensaios de deterioração em campo, enquanto o restante foi utilizado para caracterização inicial da flexão estática e dureza Rockwell (material testemunha, sem exposição aos ensaios de deterioração em campo).

Antecedendo os ensaios de deterioração em campo e a caracterização mecânica inicial, os corpos de prova foram



lixados com lixa de grã nº 200 e submetidos à secagem em estufa de circulação forçada de ar, com temperatura de 60 °C, até obtenção de massa anidra.

Adicionalmente foram confeccionados 10 corpos de prova com dimensões de 2 cm × 2 cm × 10 cm (espessura × largura × comprimento, respectivamente), para cada uma das espécies amazônicas, os quais foram, posteriormente, transformados em serragem de granulometria de 60 mesh para caracterização da composição química inicial.

### Ensaio de deterioração em campo

Os ensaios de deterioração de campo foram realizados em duas áreas experimentais da Universidade Federal de Mato Grosso, Campus Universitário de Sinop, sendo uma de campo aberto e outra de floresta nativa, durante o período de maio de 2014 a maio de 2015, totalizando 360 dias. A região onde foi realizado o estudo apresenta uma caracterização climática com duas estações bem definidas – seca (maio a setembro) e chuvosa (outubro a abril). Segundo a classificação de Köppen, o clima é do tipo tropical de savana, com intensidade pluviométrica próxima aos 2000 mm anuais (Souza *et al.*, 2013).

Em cada ambiente, os corpos de prova foram distribuídos em cinco blocos casualizados, contendo em seis linhas cada um, sendo alocados, aleatoriamente, 36 corpos de prova por bloco. Os blocos e as suas linhas foram distanciados 30 cm e 15 cm entre si, respectivamente, por sua vez os corpos de prova foram enterrados parcialmente, aproximadamente 15 cm, estando equidistantes 5 cm uns dos outros.

A cada 60 dias, seis corpos de prova, de cada ambiente e espécie amazônica, foram retirados dos ensaios de deterioração em campo para avaliação da perda de massa e resistência mecânica. Na última amostragem (após 360 dias), os corpos de prova também foram avaliados quanto às alterações na composição química.

Em cada amostragem, os corpos de prova foram limpos superficialmente para retirada de solo aderido e posteriormente submetidos à secagem em estufa de

circulação forçada de ar, com temperatura de 60 °C, até obtenção de massa anidra.

### Perda de massa e de resistência mecânica das madeiras

A perda de massa das madeiras durante o período de exposição aos ensaios de deterioração foi determinada por meio da relação entre a massa seca inicial e final (Equação 1). A resistência mecânica das madeiras foi caracterizada a partir da obtenção da dureza Rockwell e dos módulos de elasticidade e ruptura à flexão estática, conforme procedimentos estabelecidos por Stangerlin, Costa, Pastore e Garlet (2013) e na norma D143 da American Society for Testing and Materials – ASTM (1995), respectivamente.

$$PM = \left( \frac{M_i - M_f}{M_i} \right) \times 100 \quad (\text{Equação 1})$$

Em que:

PM - perda de massa (%)

M<sub>i</sub> - massa inicial (g)

M<sub>f</sub> - massa final (g)

### Composição química das madeiras

As análises químicas foram realizadas em duplicata, sendo determinados os teores de cinzas, extrativos, lignina e solubilidade em hidróxido de sódio a 1%, conforme procedimentos estabelecidos na Norma Brasileira Regulamentadora - NBR 13999, 14853, 7989 e 7990 da Associação Brasileira de Normas Técnicas [ABNT] (2003); (2010a); (2010b); (2010c), respectivamente.

Com relação ao teor de holocelulose, o mesmo foi definido como sendo a diferença entre a composição química total (100%) e a composição da fração não-carboidrato (somatório entre os teores de extrativos, lignina e cinzas).

### Análise estatística

O delineamento estatístico utilizado foi o delineamento em blocos casualizados. Para análise dos resultados foram estabelecidas correlações de Pearson entre as alterações nas

propriedades mecânicas de dureza Rockwell e dos módulos de elasticidade e ruptura à flexão estática em função das perdas de massa devido à exposição aos ensaios de deterioração.

## RESULTADOS

As madeiras apresentaram uma baixa perda de massa nos primeiros 120 dias de exposição aos ensaios de deterioração em campo, sendo os valores próximos a 2%, independente do ambiente (Fig. 1A e 1B). As madeiras de garapeira e itaúba apresentaram alta resistência natural, com valores finais de perda de massa entre 2,44% a 2,84% e 2,23% a 2,30%, respectivamente. A partir desse período inicial, houve um aumento considerável na deterioração, com as

madeiras avaliadas apresentando valores variando entre 16,95% a 38,73%.

Ao analisar a composição química das madeiras antes e após a deterioração nos ensaios em campo, pode-se observar que as madeiras de amescla, angelim-saia e cedrinho apresentaram resultados semelhantes, com redução dos teores de holocelulose e aumento dos teores de lignina (Tabela 1). Esse resultado pode indicar uma maior deterioração das madeiras pela ação biológica, como no caso de cupins e fungos apodrecedores que deterioram enzimaticamente celulose e polioses, em comparação à oxidação da lignina pela ação das intempéries – intemperismo natural (Stangerlin *et al.*, 2013).

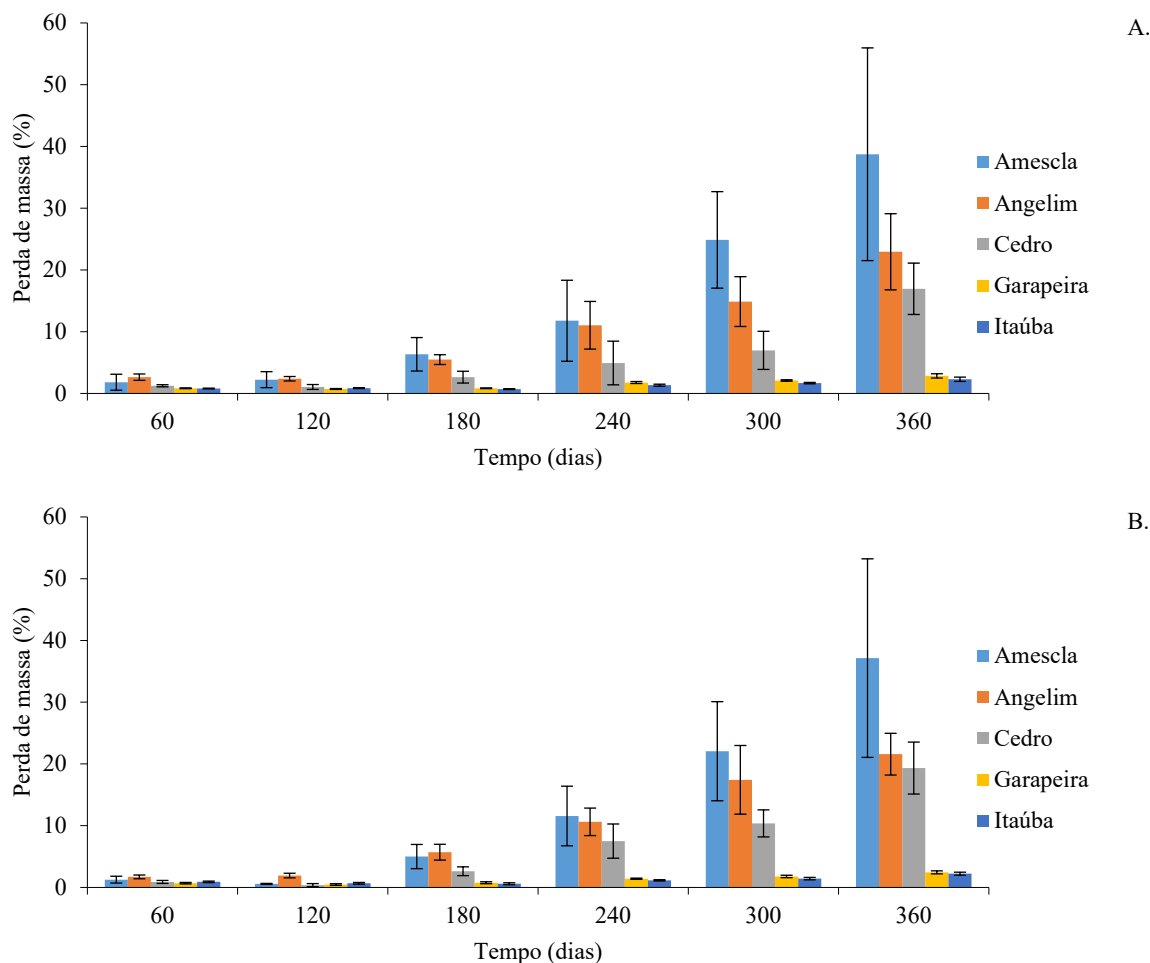


FIGURA 1. Perda de massa média observada para cada dia de coleta das cinco madeiras amazônicas expostas aos ensaios de deterioração em ambiente de campo aberto (A) e floresta (B).



TABELA 1. Propriedades químicas das madeiras sadias e deterioradas em ensaios de campo.

Madeira	Cz (%)	Et (%)	Lg (%)	Hc (%)	NaOH (%)
Amescla – Sd	0,58	2,94	25,17	71,30	7,95
Amescla – Ca	0,58	5,49	28,06	65,87	18,92
Amescla – Fl	0,55	6,04	29,19	64,22	18,65
Angelim – Sd	0,39	4,31	27,93	67,39	6,30
Angelim – Ca	0,63	4,81	33,77	60,79	17,26
Angelim – Fl	0,45	5,83	33,76	59,96	16,31
Cedro – Sd	0,76	3,79	30,72	64,73	5,36
Cedro – Ca	0,71	4,42	32,53	62,33	14,86
Cedro – Fl	0,63	5,05	33,00	61,32	16,09
Garapeira – Sd	1,37	13,48	24,17	60,98	12,98
Garapeira – Ca	1,45	12,09	24,32	62,14	20,19
Garapeira – Fl	1,08	12,56	24,39	60,97	19,75
Itaúba – Sd	0,55	10,99	35,59	52,87	13,66
Itaúba – Ca	0,50	9,28	36,42	53,81	15,77
Itaúba – Fl	0,50	9,73	36,17	53,60	16,04

Sd - sadia; Ca - deteriorada em campo aberto; Fl - deteriorada em floresta; Cz - teor de cinzas; Et - teor de extrativos; Lg - teor de lignina; Hc - teor de holocelulose; NaOH - solubilidade em hidróxido de sódio a 1%.

Para as madeiras de garapeira e itaúba verifica-se que os teores de holocelulose e lignina tiveram um acréscimo e decréscimo, respectivamente. Entretanto, deve-se ressaltar que os valores desses constituintes apresentaram variação de aproximadamente 1% entre as avaliações iniciais e finais, indicando a resistência natural dessas madeiras à deterioração.

Nas figuras 2A e 2B pode-se observar que as durezas Rockwell das madeiras de amescla, angelim e cedro apresentaram expressiva redução a partir de 60 dias de exposição aos ensaios de deterioração.

Em relação aos ensaios de flexão estática, as madeiras de amescla, angelim e cedro apresentaram os menores valores de resistência mecânica durante o período de exposição aos ensaios de campo, considerando os valores dos módulos de elasticidade (Fig. 3A e 3B) e ruptura (Fig. 4A e 4B).

As médias das perdas dos módulos de elasticidade foram de 78,06%, 57,81%, 52,71%, 16,54% e 11,46% para as madeiras de amescla, angelim, cedro, itaúba e garapeira, respectivamente. Por sua vez, as médias das perdas dos módulos de ruptura foram de 81,72%, 75,53%, 75,23%, 15,97% e 10,45% para as madeiras de angelim, amescla, cedro, itaúba e garapeira, respectivamente.

Na tabela 2 pode-se destacar que para todas as madeiras, independente do ambiente de deterioração, as correlações de Pearson entre os módulos de elasticidade e ruptura com as perdas de massa foram significativas a 1% e 5% de probabilidade de erro. Por sua vez, as correlações de Pearson entre as durezas Rockwell e a perda de massa foram estatisticamente significativas apenas para as madeiras de garapeira e itaúba.

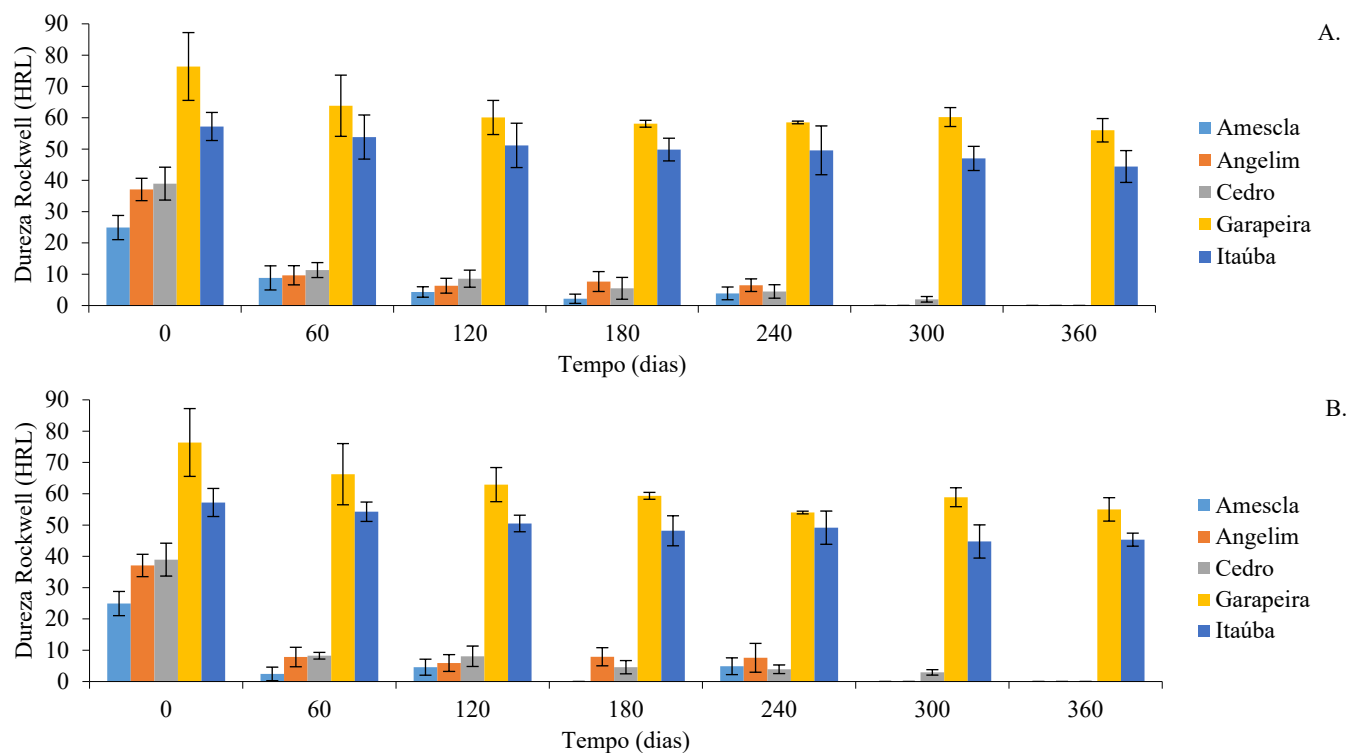


FIGURA 2. Dureza Rockwell das cinco madeiras amazônicas expostas aos ensaios de deterioração em ambiente de campo aberto (A) e floresta (B).

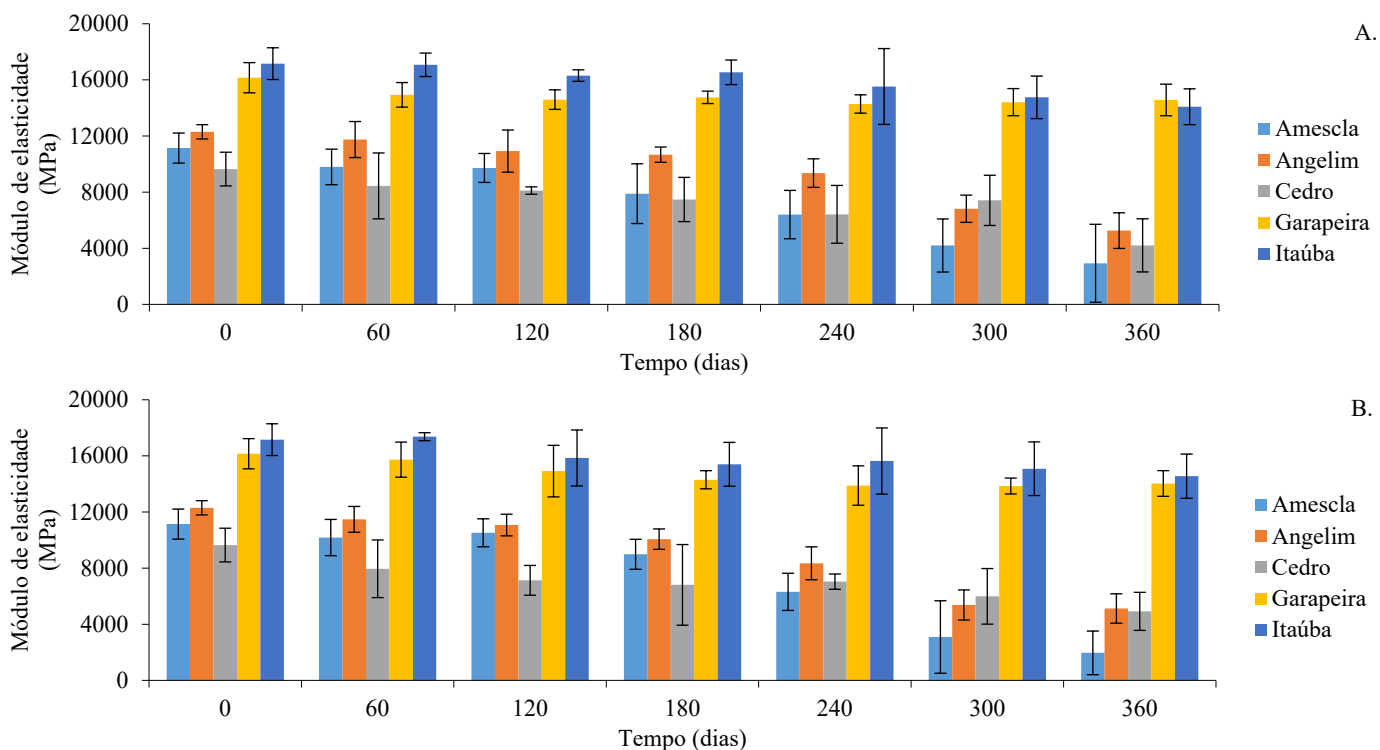


FIGURA 3. Módulo de elasticidade das cinco madeiras amazônicas expostas aos ensaios de deterioração em ambiente de campo aberto (A) e floresta (B).

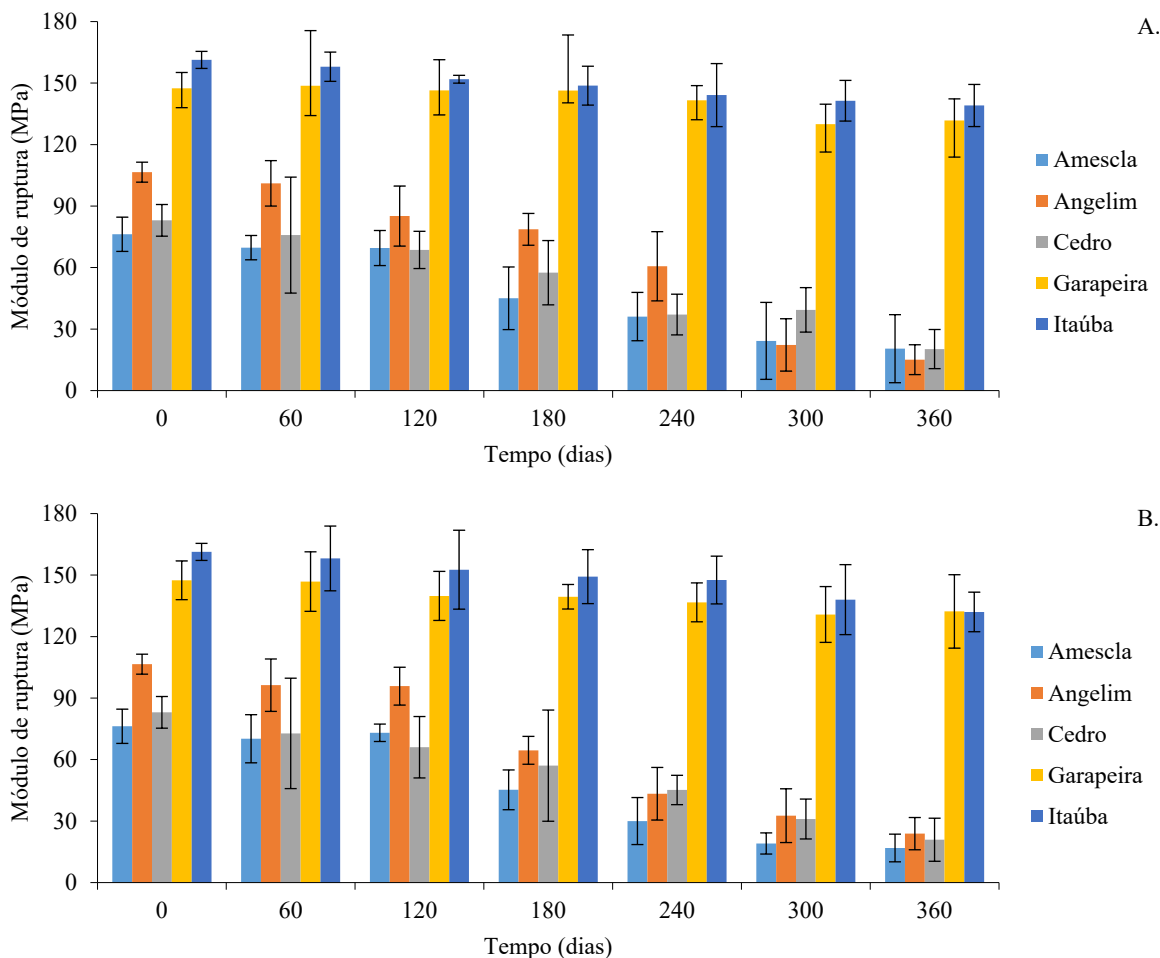


FIGURA 4. Módulo de ruptura das cinco madeiras amazônicas expostas aos ensaios de deterioração em ambiente de campo aberto (A) e floresta (B).

TABELA 2. Correlações de Pearson entre a dureza Rockwell (HRL), os módulos de elasticidade (MOE) e ruptura (MOR) à flexão estática e a perda de massa (PM) das cinco madeiras amazônicas expostas aos ensaios de deterioração em ambiente de campo aberto e floresta.

Parâmetros – Ambiente	Amescla	Angelim	Cedro	Garapeira	Itaúba
HRL x PM – Campo	- 0,60 <sup>NS</sup>	- 0,66 <sup>NS</sup>	- 0,57 <sup>NS</sup>	- 0,72*	- 0,94**
MOE x PM – Campo	- 0,96**	- 0,98**	- 0,93**	- 0,72*	- 0,95**
MOR x PM – Campo	- 0,89**	- 0,96**	- 0,89**	- 0,88**	- 0,91**
HRL x PM – Floresta	- 0,46 <sup>NS</sup>	- 0,64 <sup>NS</sup>	- 0,54 <sup>NS</sup>	- 0,80*	- 0,79*
MOE x PM – Floresta	- 0,96**	- 0,99**	- 0,83*	- 0,80*	- 0,80*
MOR x PM – Floresta	- 0,88**	- 0,96**	- 0,94**	- 0,87**	- 0,91**

<sup>NS</sup> - não significativo; \* - significativo a 5% de probabilidade de erro; \*\* - significativo a 1% de probabilidade de erro.

## DISCUSSÃO

Os primeiros 120 dias de exposição das madeiras aos ensaios em campo coincidiram com a estação seca no estado de Mato Grosso, a qual ocorre entre os meses de abril a setembro (Souza *et al.*, 2013). De acordo com Casavecchia, Souza, Stangerlin e Melo (2016), durante a estação seca a madeira é menos suscetível a deterioração biológica. Por outro lado, durante a estação chuvosa (entre outubro a março) o solo torna-se mais úmido, de modo a favorecer a atividade biológica dos organismos xilófagos (Ribeiro *et al.*, 2014).

A maior resistência natural das madeiras de garapeira e itaúba pode estar relacionada aos teores iniciais de extrativos, sendo esses superiores aos verificados para as demais espécies (Tabela 1). Carneiro *et al.* (2009) relacionaram a resistência natural de 28 madeiras amazônicas ao ataque de fungos apodrecedores com os teores de extrativos, sendo consideradas resistentes as madeiras que possuíam valores de extrativos superiores a 7%, dentre as quais se incluem a garapeira e itaúba.

Outras propriedades químicas que podem ter contribuído positivamente com a resistência à deterioração das madeiras de itaúba e garapeira são os teores de lignina e cinzas, respectivamente. Paes, Medeiros Neto, Lima, Freitas e Diniz (2013) e Shanbhag e Sundarara (2013) relataram que madeiras com elevados teores de cinzas e lignina, respectivamente, apresentam uma maior resistência ao ataque de cupins xilófagos. Esse comportamento pode ser atribuído a uma maior presença de componentes que não são utilizados como fonte de alimento para os organismos xilófagos, dificultando sua propagação.

De acordo com Sarto e Sansigolo (2010) produtos da degradação de polissacarídeos são solúveis em etanol, o que pode justificar o aumento dos teores de extrativos das madeiras de amescla, angelim e cedro, uma vez que este é um dos solventes utilizados para solubilização dos extrativos totais. Em relação às madeiras de garapeira e itaúba, verificou-se uma redução dos teores de extrativos, sendo esse resultado associado à possível lixiviação

superficial desses constituintes pela ação do intemperismo natural (Cademartori *et al.*, 2015).

Nas solubilidades em hidróxido de sódio a 1%, quando se comparam os valores médios antes e após os ensaios de deterioração, verifica-se aumento na ordem de até 65,36%, 62,47%, 57,68%, 35,00% e 14,11% para as madeiras de cedro, angelim, amescla, garapeira e itaúba, respectivamente. O aumento nas solubilidades das madeiras em hidróxido de sódio a 1% está relacionado à solubilização de carboidratos de baixo peso molecular oriundos da fragmentação da celulose e polioses devido à ação dos agentes deterioradores. Li, Huang, Hse e Qin (2011) e Malakani, Khademieslam, Hosseinihashemi e Zeinaly (2014) ao avaliarem madeiras de *Pinus massoniana* e *Fagus orientalis*, respectivamente, deterioradas por fungos apodrecedores também verificaram aumento na solubilidade em hidróxido de sódio a 1%.

Verificou-se perda total de dureza Rockwell a partir de 300 dias para as madeiras de amescla e angelim e aos 360 dias para a madeira de cedro, devido à intensa deterioração (Fig. 2). Resultados similares foram observados por Stangerlin *et al.* (2013) concluindo que o emprego do ensaio de dureza Rockwell possibilita a caracterização da deterioração incipiente em madeiras.

Para as madeiras de garapeira (27,33) e itaúba (21,56) verificam-se maiores valores de dureza Rockwell, desde o período inicial até o final da exposição aos ensaios de deterioração. A maior dureza Rockwell inicial dessas madeiras está associada aos seus teores de extrativos, o que favorece uma maior densidade superficial. Em relação à estabilidade da dureza Rockwell durante o período de exposição aos ensaios de deterioração, esse resultado está associado à resistência natural dessas madeiras.

Em relação aos valores de rigidez e resistência observados para madeiras submetidas aos ensaios de apodrecimento em floresta e campo aberto (Fig. 3 e 4), resultados similares foram observados por Trevisan, Tieppo, Carvalho e Lelis (2007) e Weiler *et al.* (2013), em que madeiras deterioradas em ensaios de campo apresentaram maior redução do módulo de ruptura em





comparação ao módulo de elasticidade, sendo esse parâmetro mais eficaz na caracterização da deterioração.

A deterioração da madeira exposta a campo proporciona a perda de elasticidade do material, reduzindo a sua capacidade de se recuperar de pequenas deformações, de modo a torná-lo mais plástico e menos resistente aos esforços mecânicos (Silveira, Trevisan, Santini, Cancian e Mariano, 2016).

Deve-se destacar que as perdas de dureza Rockwell foram superiores às perdas dos módulos de elasticidade e ruptura à flexão estática, denotando uma maior sensibilidade dos ensaios de dureza. Malanaki *et al.* (2013) também verificaram maiores perdas de resistência mecânica em madeiras avaliadas por meio de ensaios de dureza, no caso Brinell, em comparação aos módulos de ruptura à compressão paralela. Nesse sentido, as maiores perdas de dureza Rockwell estão relacionadas ao fato deste ensaio ser realizado pela aplicação de um esforço mecânico superficial, de modo a possibilitar a caracterização de estágios iniciais de deterioração, seja por ação biológica ou do intemperismo natural (Stangerlin *et al.*, 2013).

Em relação ao ambiente de deterioração, não se verificou distinção entre as perdas de massa e resistência mecânica, bem como alterações na composição química. Diversos estudos (Trevisan *et al.*, 2007; Melo *et al.*, 2010; Silveira *et al.*, 2016) relatam que madeiras em contato com solo de ambiente florestal são mais suscetíveis à deterioração quando comparadas ao solo de ambiente de campo aberto.

A diferença entre os resultados obtidos com aqueles encontrados na literatura pode estar relacionada aos ensaios terem sido realizados em região de clima tropical, com temperaturas médias superiores a 18 °C em todos os meses (Souza *et al.*, 2013). Nessas regiões, as condições ambientais favorecem o pleno desenvolvimento dos microorganismos xilófagos ao longo de todo ano, o que intensifica o processo de biodeterioração (Stangerlin *et al.*, 2013).

## CONCLUSÕES

As madeiras de garapeira e itaúba apresentaram a maior durabilidade natural, devido às menores perdas de massa e

de resistência mecânica, em comparação às demais madeiras.

As madeiras apresentaram alterações na composição química após o período de exposição aos ensaios de campo, sendo as maiores solubilidades em hidróxido de sódio verificadas para as madeiras de angelim, amescla e cedro.

## REFERÊNCIAS

- American Society for Testing and Materials [ASTM] (1994). *ASTM D143: Standard methods of testing small clear specimens of timber*. Philadelphia: ASTM Standards.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas [ABNT] (2003). *NBR 13999: Papel, cartão, pastas celulósicas e madeira - Determinação do resíduo (cinza) após a incineração a 525 °C*. Rio de Janeiro: ABNT.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas [ABNT] (2010a). *NBR 14853: Madeira - Determinação do material solúvel em etanol-tolueno, em diclorometano e em acetona*. Rio de Janeiro: ABNT.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas [ABNT]. (2010b). *NBR 7989: Pastas celulósicas e madeira - Determinação de lignina insolúvel em ácido*. Rio de Janeiro: ABNT.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas [ABNT]. (2010c). *NBR 7990: Madeira - Determinação do material solúvel em hidróxido de sódio a 1%*. Rio de Janeiro: ABNT.
- Brischke, C., & Rolf-Kiel, H. (2016). Durability of european oak (*Quercus* spp.) in ground contact - a case study on fence posts in service. *European Journal of Wood and Wood Products*, 68(2), 129-137. doi: 10.1007/s00107-009-0364-7
- Cademartori, P. H. G., Missio, A. L., Mattos, B. D., & Gatto, D. A. (2015). Natural weathering performance of three fast-growing eucalypt woods. *Maderas. Ciencia y Tecnología*, 17(4), 799-808. doi: 10.4067/S0718-221X2015005000069
- Carneiro, J. S., Emmert, L., Sternadt, G. H., Mendes, J. C., & Almeida, G. F. (2009). Decay susceptibility of Amazon wood species from Brazil against white rot and brown rot decay fungi. *Holzforschung*, 63(6), 767-772. doi: 10.1515/HF.2009.119
- Casavecchia, B. H., Souza, A. P. de, Stangerlin, D. M., & Melo, R. R. de. (2016). Potential fungal attack for wood in Mato Grosso State, Brazil. *Nativa*, 4(3), 156-161. doi: 10.14583/2318-7670.v04n03a07
- Li, G. Y., Huang, L. H., Hse, C. Y., & Qin, T. F. (2011). Chemical compositions, infrared spectroscopy, and X-ray diffractometry study on brown-rotted Woods. *Carbohydrate Polymers*, 85(3), 560-564. doi: 10.1016/j.carbpol.2011.03.014

- Malakani, M., Khademislam, H., Hosseinihashemi, S. K., & Zeinaly, F. (2014). Influence of fungal decay on chemi-mechanical properties of beech wood (*Fagus orientalis*). *Cellulose Chemical Technology*, 48(1-2), 97-103.
- Melo, R. R., Stangerlin, D. M., Santini, E. J., Haselein, C. R., Gatto, D. A., & Susin, F. (2010). Durabilidade natural da madeira de três espécies florestais em ensaios de campo. *Ciência Florestal*, 20(2), 357-365. doi: 10.5902/198050981858
- Melo, R. R., Pastore, K. C., Mascarenhas, A. R. P., Acosta, F. C., Pedrosa, T. D., & Serenini Jr, L. (2015). Vouchers for releasing forestry credit (CLCF) for Sinop, Mato Grosso, Brazil. *Nativa*, 3(1), 36-43. doi: 10.14583/2318-7670.v03n01a06
- Paes, J. B., Medeiros Neto, P. N., Lima, C. R., Freitas, M. F., & Diniz, C. E. F. (2013). Efeitos dos extrativos e cinzas na resistência natural de quatro madeiras a cupins xilófagos. *Cerne*, 19(3), 399-405. doi: 10.1590/S0104-77602013000300006
- Pilocelli, A., Stangerlin, D. M., Pereira, R. L., Gatto, D. A., Calegari, L., Pariz, E., & Susin, F. (2015). Resistência natural das madeiras de cumaru, cedrinho e paricá submetidas a ensaios de deterioração de campo. *Ciência da Madeira*, 6(1), 1-10. doi: 10.12953/2177-6830/rcm.v6n1p1-10
- Ribeiro, M. A., Stangerlin, D. M., Souza, A. P., Cardoso, G. V., Calegari, L., & Gatto, D. A. (2014). Durabilidade natural da madeira de jequitibá em ensaios de deterioração em campo aberto e floresta durante as estações de seca e chuva. *Comunicata Scientiae*, 5(4), 402-411. doi: 10.14295/cs.v5i4.262
- Sarto, C., & Sansigolo, C. A. (2010). Cinética da remoção dos extrativos da madeira de *Eucalyptus grandis* durante polpação Kraft. *Acta Scientiarum Technology*, 32(3), 227-235. doi: 10.4025/actascitechnol.v32i3.4237
- Shanbhag, R. R., & Sundararaj, R. (2013). Physical and chemical properties of some imported woods and their degradation by termites. *Journal of Insect Science*, 13(63), 1-8. doi: 10.1673/031.013.6301
- Silveira, A. G., Trevisan, R., Santini, E. S., Cancian, L. C., & Mariano, L. G. (2016). Deterioração da madeira de acácia-negra em dois ambientes de exposição. *Scientia Agraria Paranaensis*, 15(3), 251-255. doi: 10.18188/1983-1471/sap.v15n3p251-255
- Souza, A. P. de, Mota, L. L. da, Zamadei, T., Martim, C. C., Almeida, F. T. de, & Paulino, J. (2013). Classificação climática e balanço hídrico climatológico no estado de Mato Grosso. *Nativa*, 1(1), 34-43. doi: 10.14583/2318-7670.v01n01a07
- Stangerlin, D. M., Costa, A. F., Pastore, T. C. M., & Garlet, A. (2013). Dureza Rockwell da madeira de três espécies amazônicas submetidas a ensaios de apodrecimento acelerado. *Ciência Rural*, 43(4), 623-630. doi: 10.1590/S0103-84782013005000022
- Trevisan, H., Tieppo, F. M. M., Carvalho, A. G., & Lelis, R. C. C. (2007). Avaliação de propriedades físicas e mecânicas da madeira de cinco espécies florestais em função da deterioração em dois ambientes. *Revista Árvore*, 31(1), 93-101. doi: 10.1590/S0100-67622007000100011
- Trevisan, H., Tieppo, F. M. M., & Carvalho, A. G. (2008). Degradação natural de toras de cinco espécies florestais em dois ambientes. *Floresta*, 38(1), 33-41. doi: 10.5380/rf.v38i1.11025
- Weiler, M., Missio, A. L., Gatto, D. A., & Güths, W. G. (2013). Nondestructive evaluation of wood decayed by xylophagous organisms. *Materials Research*, 16(5), 1203-1213, 2013. doi: 10.1590/S1516-14392013005000102

Manuscrito recebido em 26 de noviembre de 2019

Aceito em 24 de mayo de 2020

Publicado em 9 de julho de 2021

Este documento deve ser citado como:

Batista, L., Stangerlin, D. M., Melo, R. R., Souza, A. P., Silva, E. S., & Pariz, E. (2021). Resistência mecânica e composição química de madeiras amazônicas deterioradas em ensaios de campo. *Madera y Bosques*, 27(1), e2712079. doi: 10.21829/myb.2021.2712079



*Madera y Bosques* pelo Instituto de Ecología, A.C. é distribuída sob uma Licença Internacional Creative Commons Atribuição-NãoComercial ShareAlike 4.0.