

## ÓLEOS NATURAIS NO TRATAMENTO PRESERVATIVO DE CINCO ESPÉCIES DE MADEIRAS AMAZÔNICAS<sup>1</sup>

### NATURAL OILS IN THE PRESERVATIVE TREATMENT OF FIVE AMAZON WOOD SPECIES<sup>1</sup>

Neila Cristina de Lima FERNANDES <sup>2,5</sup>; Josimar Batista FERREIRA <sup>2</sup>; Mara Lúcia Agostini VALLE <sup>3</sup>; Moisés Silveira LOBÃO <sup>2</sup>; Willian Ferreira ALVES <sup>4</sup>; Luan de Oliveira NASCIMENTO <sup>4</sup>; Júlio de Souza MARQUES <sup>2</sup>

**RESUMO** - O presente trabalho objetivou avaliar a utilização de óleos naturais de açaí, buriti, dendê, murmuru e patoá como preservantes das madeiras de *Aspidosperma macrocarpon*, *Couratari oblongifolia*, *Guarea kunthiana*, *Parkia multijuga* e *Simarouba amara*. Foram escolhidas estas espécies por serem amplamente utilizadas na região da Amazônia e apresentarem ataques de agentes xilófagos. Com a crescente demanda por utilização de madeiras preservadas é de extrema importância a bioprospecção por alternativas menos agressivas ambientalmente, dessa forma, foram selecionadas espécies de palmeiras para extração de óleos. De cada madeira utilizou-se 60 amostras medindo 2,0 cm x 2,0 cm x 3,0 cm (faces radial, tangencial e longitudinal), sendo 10 amostras para cada tratamento e testemunha, que foram submetidas a condições de campo. Durante nove meses, as amostras foram periodicamente verificadas. Considerando-se o percentual de perda de massa, a madeira de *Aspidosperma macrocarpon* apresentou menor perda e a madeira de *Parkia multijuga* foi a que mais perdeu massa. Os óleos naturais conferiram melhoria pouco significativa contra incidência de fungos manchadores e emboloradores em algumas madeiras analisadas. No geral os óleos de açaí, murmuru e patoá apresentaram eficácia no tratamento preservativo das espécies dessas madeiras amazônicas.

Palavras-chave: Óleo de palmeiras; Fungos xilófagos; Perda de massa.

**ABSTRACT** - The present work aimed to evaluate the use of natural oils of açaí berries, buriti palm, palm oil, murmuru palm and patoá as preservatives of *Aspidosperma macrocarpon*, *Couratari oblongifolia*, *Guarea kunthiana*, *Parkia multijuga* and *Simarouba amara* wood from the Amazon Forest, Acre region. These species widely used in this region present attacks by xylophagous agents. The selection of these species for extraction of palm oils was very important, given the growing demand for preserved wood and bioprospecting for environmentally less aggressive alternatives. From each wood, 60 samples measuring 2.0 cm x 2.0 cm x 3.0 cm (radial, tangential, longitudinal faces) were used, with 10 for each treatment and control, submitted to field conditions. For nine months, the samples were periodically checked. Considering the percentage of mass loss, the wood of *Aspidosperma macrocarpon* presented the lowest loss, and the wood of *Parkia multijuga* lost the most mass. Natural oils provided insignificant improvement against the incidence of staining and molding fungi in some analyzed woods. In general, açaí, murmuru and patoá oils were effective in the preservative treatment of these Amazonian wood species.

Keywords: Palm oils; Xylophagus agents; Mass loss.

<sup>1</sup> Recebido para análise em 13.11.2023. Aceito para publicação em 13.03.2024. Publicado em 10.5.2024.

<sup>2</sup> Universidade Federal do Acre, Centro de Ciências Biológicas e da Natureza, Rodovia BR 364, km 04, 69920-900, Rio Branco, AC, Brasil.

<sup>3</sup> Universidade Federal do Sul da Bahia, Centro de Formação em Ciências Agroflorestais, Rodovia Ilhéus-Itabuna, km 22, 45600-970, Ilhéus, BA, Brasil.

<sup>4</sup> Universidade Federal do Acre, Centro Multidisciplinar, Estrada da Canela Fina, km 12, Gleba Formoso, 69980-000, Rio Branco, AC, Brasil.

<sup>5</sup> Autor para correspondência: maraagostini@ufsb.edu.br

## 1 INTRODUÇÃO

Nenhuma espécie de madeira é capaz de resistir indefinidamente às intempéries, nem mesmo aquelas de reconhecida durabilidade natural, ou as variações das condições ambientais; ao ataque de microrganismos e à ação do homem (Carvalho et al., 2016), tendo em vista que a madeira é um material com grande variação ao longo do tronco da árvore, sendo considerado um complexo sistema biológico (Vidal et al., 2015).

Com relação à degradação biológica, Souza e Demenighi (2017) afirmam que existe diversidade de agentes biológicos, como fungos, bactérias e insetos, que causam a deterioração da madeira. Segundo Nogueira Júnior et al. (2016) quanto maior o tempo de exposição da madeira a esses agentes, maior o processo de infestação e biodegradação, dado que algumas espécies de fungos atacam a madeira somente na estação chuvosa, algumas somente na estação seca, mas há também aqueles que atacam a madeira em todas as estações (Casavecchia et al., 2016).

Como alternativa para o tratamento da madeira contra o ataque de organismos destruidores de madeira, alguns produtos naturais estão sendo utilizados, apresentando resultados promissores (Silva et al., 2017; González-Laredo et al., 2015). No entanto, esta é uma forma de ampliar as possibilidades de exploração de espécies consideradas de baixa resistência natural, permitindo que maior número de espécies seja colocado no mercado sem exigir o uso de produtos sintéticos perigosos ao meio ambiente e minimizando o risco de danos à saúde de pessoas e animais em contato direto com a madeira tratada (Freire et al., 2011).

Na abordagem de uso de recursos naturais para o tratamento de madeiras, esta pesquisa teve como

objetivo avaliar a eficiência dos óleos naturais de *Euterpe precatoria* Mart., *Mauritia flexuosa* L.f., *Elaeis guineensis* Jacq., *Astrocaryum farenae* F. Kahn. & E.Ferreira e *Oenocarpus bataua* Mart. como preservantes das madeiras de *Aspidosperma macrocarpon*, *Couratari oblongifolia*, *Guarea kunthiana*, *Parkia multijuga* e *Simarouba amara* em condições de campo. Além disso, foram realizadas identificação de organismos fúngicos e comparamos a eficiência dos tratamentos em relação ao ganho de umidade e perda de massa, a fim de encontrar aplicações dos óleos como bioagentes de preservação da madeira.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Espécies estudadas

Foram utilizadas cinco espécies de madeira de interesse econômico e elevada utilização no setor moveleiro, como apresentado no Quadro 1. As madeiras nativas foram obtidas em duas marcenarias do município de Cruzeiro do Sul, Acre, Brasil.

As amostras foram levadas para o Laboratório de Anatomia da Madeira (LabMad) da Universidade Federal do Acre – UFAC, em Rio Branco, Acre, para correta identificação das espécies, seguindo normas que especificam os métodos e procedimentos descritos por Coradin e Muniz (1992). A determinação da densidade básica da madeira e teor de umidade foi realizada conforme a NBR71/90 (1994).

Foram confeccionados 300 (trezentos) corpos de prova no total com dimensão de 2x2x3 cm (sentido tangencial, radial e axial), livres de defeitos e ataque de fungos ou insetos, sendo que de cada espécie foram utilizadas 60 amostras, 10 para cada tratamento, incluindo testemunha.

Quadro 1. Relação das espécies estudadas.

Chart 1. List of studied species.

Nome popular	Nome científico
Amarelinho	<i>Aspidosperma macrocarpon</i> Mart. & Zucc.
Tauari	<i>Couratari oblongifolia</i> Ducke & Kunth
Gitó	<i>Guarea kunthiana</i> A.Juss.
Faveira	<i>Parkia multijuga</i> Benth.
Marupá	<i>Simarouba amara</i> Aubl.

## 2.2 Obtenção dos óleos e caracterização físico-química

Os óleos utilizados para os tratamentos dos corpos de prova foram adquiridos junto a uma

cooperativa que comercializa produtos fitocosméticos e óleos vegetais no Estado do Acre, localizada no município de Mâncio Lima, Acre. Foram utilizados cinco óleos de palmeiras, como apresentado no Quadro 2.

Quadro 2. Relação das espécies estudadas.

Chart 2. List of studied species.

Nome popular	Nome científico
Açaí	<i>Euterpe precatoria</i> Mart.
Buriti	<i>Mauritia flexuosa</i> L.f.
Dendê	<i>Elaeis guineensis</i> Jacq.
Murmuru	<i>Astrocaryum farenae</i> F.Kahn. & E.Ferreira
Patoá	<i>Oenocarpus bataua</i> Mart.

As análises físico-químicas dos óleos, em triplicata, foram realizadas no Laboratório de Química da UFAC, campus Cruzeiro do Sul, obtendo-se o índice de acidez, índice de refração, índice de viscosidade e densidade, segundo as normas do Instituto Adolf Lutz (2008).

### Densidade relativa dos óleos

A determinação da densidade foi realizada por picnometria. O picnômetro de 50 mL vazio foi pesado em balança semi-analítica. Após, colocou-se amostra de óleo e pesou-se o conjunto picnômetro mais a amostra de óleo.

Determinou-se a densidade relativa pela Equação 1:

$$d = \frac{m}{v} \quad \text{Equação 1}$$

Em que:

d = densidade relativa, em g.cm<sup>3</sup>;

m = massa do picnômetro vazio, em gramas (g);

v = volume do picnômetro cheio com o óleo, em cm<sup>3</sup>.

### Índice de Viscosidade

O índice de viscosidade foi determinado com auxílio de viscosímetro, no qual se aferiu a viscosidade medida pela velocidade angular da parte móvel separada da parte fixa, pelo líquido. Os óleos de açaí, buriti, dendê e patoá ocorreram a 20 °C e o de murmuru foi aferido a 40 °C.

### Índice de Refração

O índice de refração foi determinado com refratômetro ABBE, ajustado com água destilada à

temperatura de 25 °C para os óleos de açaí, buriti, dendê e patoá e, 40 °C para o óleo de murmuru.

### Índice de Acidez

Para determinação do índice de acidez se pesou 2 g da amostra solubilizada em 50 mL de solução de álcool-éter titulada com hidróxido de sódio 0,1N, acrescentando-se fenolftaleína até a solução ficar rósea.

A partir do volume de titulante, o índice de acidez foi calculado a partir da Equação 2:

$$IA = \frac{v \cdot f \cdot 5,61}{p} \quad \text{Equação 2}$$

Em que:

IA= Índice de acidez

v = n° de mL de solução de hidróxido de sódio 0,1 N gasto na titulação;

f = fator de correção da solução de hidróxido de sódio;

p = n° de g da amostra.

### 2.3 Preparo e aplicação das soluções preservantes

O preparo dos tratamentos preservativos se fez no Laboratório de Anatomia da Madeira (LabMad) da Universidade Federal do Acre – UFAC, em Rio Branco, Acre. A aplicação das soluções preservantes se deu por método de pincelamento, submetendo as amostras a três demãos, utilizando-se 50 ml de óleo por tratamento. Em cada uma das cinco espécies de madeira foram realizados os tratamentos devidamente descritos no Quadro 3.

Quadro 3. Descrição dos tratamentos.

Chart 3. List of studied species.

Descrição dos tratamentos	Tratamentos
Testemunha	T 0
Óleo de açaí	T 1
Óleo de buriti	T 2
Óleo de dendê	T 3
Óleo de murmuru	T 4
Óleo de patoá	T 5

## 2.4 Ensaio de campo

O ensaio de campo foi realizado no Parque Zoobotânico da Universidade Federal do Acre, município de Rio Branco, Acre, área de sub-bosque, adaptando metodologia utilizada por Salla (2005). Para isso, no local do ensaio, os corpos de prova foram colocados sobre plataformas a 1,30 m do solo (Figura 1) para exposição das madeiras às intempéries por período de nove meses, entre os meses de maio a janeiro.

O município de Rio Branco é caracterizado por sua vegetação natural composta basicamente por floresta tropical aberta. As temperaturas mínimas são próximas de 20 °C e máximas de 30 °C. O clima

do local é classificado como tropical úmido, com chuvas bem distribuídas durante o ano, com ausência de estação seca. Os índices pluviométricos médios de 1.950 mm/ano. As temperaturas médias anuais são de 26 °C com 83% de umidade relativa do ar (Acrebioclima, 2023).

O uso de plataformas para exposição das madeiras se deu em virtude de evitar contato das amostras diretamente com o solo e consequentemente a fungos apodrecedores e térmitas, uma vez que são madeiras utilizadas principalmente para movelaria, sobre as plataformas estariam expostas principalmente a fungos manchadores e emboloradores.



Figura 1. Distribuição das plataformas instaladas em ambiente de sub-bosque do Parque Zoobotânico da UFAC com as amostras de madeiras.

Figure 1. Distribution of platforms installed in the understory environment of the UFAC Zoo botanical Park with wood samples.

## 2.5 Avaliação da eficiência dos preservantes

### Ganho de umidade

Para determinação do ganho de umidade, as amostras foram secas em estufas até sua estabilização de peso, em seguida se aplicaram os tratamentos de pincelamento dos óleos sobre as amostras de madeira e colocadas no campo. O ganho de umidade da madeira em relação ao tempo de exposição ao ambiente, foi avaliado pela Equação 3:

$$GU(\%) = \frac{P_f - p_i}{p_i} \times 100 \quad \text{Equação 3}$$

Em que:

GU = ganho de umidade, em porcentagem (%);

Pi= peso inicial seco, antes da exposição ao ambiente, dado em gramas (g);

Pf= peso final, após a exposição ao ambiente, dado em gramas (g).

### Perda de Massa

Com vistas a avaliar a eficiência dos preservativos utilizados, a perda de massa foi determinada a partir dos valores de  $M_i$  e  $M_f$  por corpo de prova. Após determinar a perda de massa individual de cada corpo de prova, calculou-se a perda de massa média dos tratamentos ( $PM$ ), conforme a Equação 4.

$$PM(\%) = \frac{M_i - M_f}{M_i} \times 100 \quad \text{Equação 4}$$

Em que:

PM= perda de massa, em porcentagem (%);

$M_i$ = massa inicial, absolutamente seca antes da exposição a intempéries, em gramas (g);

$M_f$ = massa final, absolutamente seca após exposição a intempéries, em gramas (g);

Depois de obtida a PM, cada tratamento foi classificado quanto a resistência ao ataque de organismos fúngicos, segundo os critérios estabelecidos da ASTM D-2017, conforme mostrado na Tabela 1.

Tabela 1. Classes de resistência ao ataque de fungos.

Table 1. Classes of resistance to fungus attack.

Classe de resistência	Perda de massa (%)
Altamente Resistente	0-10
Resistente	11-24
Moderadamente resistente	25-44
Não-resistente	>45

Fonte: ASTM D-2017.

Source: ASTM D-2017.

## 2.6 Eficiência quanto a incidência de fungos

Para avaliação preliminar da incidência de fungos, os corpos de prova foram limpos com escova de cerdas macias, para a retirada de possíveis micélios. Em seguida examinou-se devidamente a

superfície superior e inferior de cada amostra, atribuindo-lhes notas de acordo com o grau de manchamento da superfície (Tabela 2). E, para aferir possível superficialidade das manchas, as amostras foram lixadas.

Tabela 2. Descrição e notas atribuídas às amostras de madeira.

Table 2. Description and grades assigned to wood samples.

Descrição quanto à incidência de fungos	Nota
Sem manchas	1
Até 25% da superfície com manchas	2
26% a 75% da superfície com manchas	3
76% a 95% da superfície com manchas	4
>96% da superfície com manchas (completamente manchada)	5

Fonte: Elaborada pela autora com dados extraídos de Freire et. al (2011).

Source: Prepared by the author with data extracted from Freire et. al (2011).

## 2.7 Análise estatística

Neste experimento, foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado (DIC) com 10 repetições para cada tratamento, objetivando analisar a perda de massa em madeiras de *Aspidosperma macrocarpon*, *Couratari oblongifolia*, *Guarea kunthiana*, *Parkia multijuga* e *Simarouba amara*. Para preservar as madeiras, foram utilizados óleos naturais de palmeiras açai, buriti, dendê, murmuru e patoá como tratamentos, além do grupo controle (sem tratamento).

Para analisar os dados, foi realizada análise de variância para verificar a existência de diferenças significativas entre os tratamentos. Havendo diferenças significativas, foi aplicado o teste de Tukey para comparar os pares de médias para determinar quais tratamentos apresentaram diferenças significativas entre si. Os dados foram

analisados utilizando o software estatístico SISVAR com nível de significância de 5%.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Propriedades físicas das madeiras

As espécies foram para o campo com teor de umidade semelhantes. A densidade básica das madeiras, assim como o teor de umidade podem ser vistos na Tabela 3.

### 3.2 Propriedades físico-químicas dos óleos

Na Tabela 4 encontram-se os resultados das propriedades físico-químicas dos óleos de açai, buriti, dendê, murmuru e patoá.

Tabela 3. Densidade básica e teor de umidade das espécies estudadas.

Table 3. Basic density and moisture content of the studied species.

Espécie	Densidade básica (g.cm <sup>3</sup> )	Teor de Umidade (%)
<i>Aspidosperma macrocarpon</i>	0,57	14,60
<i>Couratari oblongifolia</i>	0,46	14,85
<i>Guarea kunthiana</i>	0,43	14,99
<i>Parkia multijuga</i>	0,41	14,80
<i>Simarouba amara</i>	0,36	11,99

Tabela 4. Resultados dos parâmetros físico-químicos dos óleos analisados.

Table 4. Results of the physicochemical parameters of the analyzed oils.

PARÂMETROS	ÓLEOS (médias)				
	Açaí	Buriti	Dendê	Murmuru	Patoá
Índice de Acidez (mg.KOH.g <sup>-1</sup> )	0,220	3,390	1,990	1,770	0,250
Índice de Refração	1,467	1,467	1,456	1,455	1,468
Índice de Viscosidade (mm <sup>2</sup> .s <sup>-1</sup> )	2,300	2,000	2,200	2,500	2,500
Densidade (g.mL <sup>-1</sup> )	0,911	0,909	0,911	0,890	0,911

Os parâmetros físico-químicos dos óleos de açaí, murmuru e patoá estão de acordo com Abreu et al (2014) e Alves et al (2015). De acordo com Ribeiro e Seravalli (2004) valor alto de índice de acidez está relacionado ao estado de conservação do óleo, da qualidade do óleo, o grau de pureza do óleo, processamento e com as condições de conservação.

A acidez dos óleos estudados se mostrou abaixo do estabelecido pela ANVISA (Brasil, 2005) que determina para óleos prensados a frio e não refinados o máximo de 4,0 mg.KOH.g<sup>-1</sup>. Observa-se que o óleo com maior índice de acidez é o de buriti e o óleo de açaí possui o menor valor. Os valores indicam que os óleos estavam pouco oxidados, pois, conforme Oliveira et al. (2014) altos valores de acidez indicam um elevado grau de oxidação, tendo em vista que o índice de acidez é um importante parâmetro de avaliação do estado de conservação de óleos.

Os índices de refração (IR) dos referidos óleos são semelhantes e por vezes iguais aos encontrados por Souza (2014) em que o índice de refração para o açaí, buriti, murmuru e patoá foi de 1,467; 1,466; 1,454 e 1,467 respectivamente. O índice de refração do dendê está em conformidade ao valor estabelecido para óleo de dendê bruto, que deve apresentar IR entre 1,454 e 1,456 (Brasil, 2005). Este índice é característico para cada tipo de óleo e está relacionado com o grau de saturação das ligações, podendo ser afetado por outros fatores como: teor de ácidos graxos livres, oxidação e tratamento térmico (Alves, 2015). O índice de refração é essencial para apontar o nível de conservação e qualidade do óleo (Brasil, 2005). Sugerindo que os óleos aqui estudados são de boa qualidade.

Os valores das viscosidades foram diferentes e de menor viscosidade para os óleos de buriti, dendê e açaí, respectivamente em ordem crescente, mas iguais e de maior viscosidade para murmuru e patoá. Para Chiarello e Todt (2019) o índice de

viscosidade é importante porque o óleo deve ser viscoso o suficiente para gerar uma película protetora; além de apresentarem estabilidade maior quanto sua oxidação (Muller, 1978).

De acordo com Brasil (2005) o valor da densidade de um óleo é utilizado em cálculos de viscosidade, servindo de parâmetro para identificar e caracterizar substâncias. A densidade do óleo de dendê aqui aferida (0,9110) possui valor superior ao estabelecido que deve apresentar densidade entre 0,891 e 0,899 (Brasil, 2005). Já a densidade dos demais óleos em pouco se difere de Souza (2014) entendendo que a presença de impurezas pouco influenciou na densidade.

### 3.3 Ganho de umidade das madeiras

Decorridos 273 dias em campo, os valores médios de ganho de umidade das espécies estudadas, foi variável: *Aspidosperma macrocarpon* (24,92%), *Couratari oblongifolia* (36,80%), *Guarea kunthiana* (26,49%), *Parkia multijuga* (37,78%) e *Simarouba amara* (51,52%).

Dentre as espécies florestais estudadas, *A. macrocarpon* apresentou menor ganho de umidade com valor de 24,92%, ao passo que *S. amara*, com 51,52%, obteve o maior ganho. Consoante Mendes e Alves (1988), esses microrganismos colonizam a madeira com teor de umidade superior a 20%, uma vez que fungos xilófilos precisam de condições de temperatura e umidade adequadas para desenvolvimento. Quando a madeira obtém teor de umidade acima do descrito, torna-se ideal aos fungos manchadores e emboloradores e demais organismos (Oliveira et al., 2005).

### 3.4 Perda de massa das madeiras

Após o período de avaliação das amostras expostas em local de sub-bosque, verificou-se o percentual de perda de massa das madeiras estudadas (Tabela 5).

Tabela 5. Perda de massa de madeira das espécies *Aspidosperma macrocarpon*, *Couratari oblongifolia*, *Guarea kunthiana*, *Parkia multijuga* e *Simarouba amara* sem tratamento (T0) e após tratamento preservativo utilizando óleos naturais de palmeiras de açaí (T1), buriti (T2), dendê (T3), murmuru (T4) e patoá (T5).

Table 5. Weight loss of *Aspidosperma macrocarpon*, *Couratari oblongifolia*, *Guarea kunthiana*, *Parkia multijuga* e *Simarouba amara* untreated woods and after preservative treatment using natural palm oils from açai berries, buriti, palm oil, murmuru and patoá.

TRATAMENTO	PERDA DE MASSA (%) DAS ESPÉCIES DE MADEIRAS				
	<i>Aspidosperma macrocarpon</i>	<i>Couratari oblongifolia</i>	<i>Guarea kunthiana</i>	<i>Parkia multijuga</i>	<i>Simarouba amara</i>
T0	7,06 c	10,48 c	7,94 c	9,01 b	10,33 c
T1	0,94 a	6,05 b	4,31 ab	6,80 b	6,33 ab
T2	0,74 a	6,27 b	10,10 c	13,02 c	3,69 a
T3	0,75 a	6,58 b	7,00 bc	13,02 c	4,80 ab
T4	1,02 a	3,12 a	2,06 a	8,71 b	2,68 a
T5	1,92 b	4,41 ab	4,53 ab	2,41 a	7,12 ab

Médias com letras diferentes nas colunas indicam diferença estatística pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância ( $p < 0,05$ ).

Means with different letters in the columns indicate statistical difference using the Tukey test, at a 5% significance level ( $p < 0,05$ ).

Os resultados da perda de massa em amostras da madeira *Aspidosperma macrocarpon* após a aplicação de diferentes óleos naturais como tratamento preservativo mostram que todos os óleos utilizados foram eficazes em reduzir a perda de massa em comparação com o grupo de controle (T0), que apresentou a maior perda de massa (7,06%), seguido do tratamento T5 que apresentou maior perda de massa dentre os óleos testados (1,92%) diferindo estatisticamente dos demais. Os tratamentos, T2 (0,74%), T3 (0,75%), T1 (0,94%) e T4 (1,02%), apresentaram resultados similares e não diferenciaram estatisticamente entre si. Estes resultados sugerem que os óleos de açaí, buriti, dendê e murmuru podem ser eficazes na preservação da madeira de *A. macrocarpon*.

Os resultados da perda de massa da madeira de *Couratari oblongifolia* indicam que houve variação significativa na perda de massa entre os tratamentos e a testemunha. Os tratamentos T4 (3,12%) e T5 (4,41%) apresentaram menor perda de massa e não diferiram estatisticamente entre si. Os tratamentos T1 (6,05%), T2 (6,27%) e T3 (6,58%) são estatisticamente semelhantes, apresentando maior perda de massa quando comparados aos tratados com óleos, diferindo estatisticamente da testemunha T0 (10,48%) e T4. Estes resultados sugerem que os óleos de murmuru e patoá podem ser mais eficazes na preservação da madeira de *C. oblongifolia*.

Os resultados da perda de massa de madeira da espécie *Guarea kunthiana* mostram que os tratamentos T1 (4,31%), T4 (2,06%) e T5 (4,53%) apresentaram menores perdas de massa, não diferindo estatisticamente entre si, indicando efeito preservativo eficaz desses óleos na madeira. Já os tratamentos T3 (7,00%) e T2 (10,10%) apresentaram maior perda de massa, sendo estatisticamente semelhantes a T0 (7,94%). Os resultados sugerem que os óleos de açaí, murmuru e patoá apresentam potencial como tratamentos preservativos para a madeira da espécie *G. kunthiana*.

Na verificação de perda de massa de madeira da espécie *Parkia multijuga* após os tratamentos preservativos observou-se que o tratamento T5 apresentou menor perda de massa (2,41%), sendo significativamente diferente dos demais tratamentos. Os tratamentos T1 (6,80%) e T4 (8,71%) apresentaram perda de massa estatisticamente semelhante a T0 (9,01%) e os tratamentos T2 e T3 apresentaram maior perda de massa, ambas com 13,02%. Por conseguinte, os resultados indicam que o tratamento preservativo com óleos naturais pode não ser uma opção viável para aumentar a durabilidade da madeira de *Parkia multijuga*. O óleo natural de patoá se destacou como o mais eficaz, apresentando a menor perda de massa. Os óleos naturais de açaí e murmuru também apresentaram bons resultados, com perdas de massa



abaixo de 10%, mas se assemelharam à testemunha sem tratamento. Já os óleos naturais de buriti e dendê apresentaram perdas de massa mais elevadas, indicando uma menor eficácia como tratamento preservativo para essa espécie de madeira. E, é importante ressaltar que os corpos de prova da madeira de *P. multijuga* foram as únicas atacadas por térmitas durante o experimento, podendo assim, servir de justificativa para que seja a espécie que mais perdeu massa durante o experimento.

Na Tabela 5 observa-se também os resultados da perda de massa de madeira da espécie *Simarouba amara* que, após tratamento preservativo, verificou-se que os tratamentos T2 (3,69%) e T4 (2,68%) apresentaram menor perda de massa, mas não diferiram estatisticamente dos tratamentos T1 (6,33%), T3 (4,80%) e T5 (7,12%). A testemunha (T0) apresentou perda de massa de 10,33%, diferindo estatisticamente dos demais tratamentos. Estes resultados indicam que os óleos de açaí, buriti, dendê, murmuru e patoá podem ser utilizados como preservantes para a madeira da espécie *S. amara*, com destaque para os óleos de buriti e murmuru, que apresentaram menores perdas de massa.

Por fim, é importante, destacar que a perda de massa é um indicativo da degradação da madeira e, quanto menor for esse valor, maior será a eficácia do tratamento preservativo utilizado. Os resultados apresentados na Tabela 5 indicam que os óleos naturais de açaí, buriti, dendê, murmuru e patoá têm potencial para serem utilizados como agentes preservativos de madeiras. Entretanto, é necessário levar em consideração outros fatores, como a disponibilidade e o custo dos óleos, além da sua eficácia em prazo maior que o deste estudo.

### 3.5 Eficiência das soluções preservativas

Após a avaliação dos fungos isolados, foram identificados quatro fungos pertencentes aos seguintes gêneros: *Aspergillus*, *Lassiodiplodia*, *Penicillium* e *Trichoderma*.

A espécie florestal mais atacada foi *Parkia multijuga*, observando presença de três espécies de fungos. As outras quatro espécies florestais *Aspidosperma macrocarpon*, *Couratari oblongifolia*, *Guarea kunthiana* e *Simarouba amara* apresentaram presença de dois fungos em cada.

Todas as espécies florestais foram colonizadas por fungos, dentre eles, o *Trichoderma harzianum* colonizou nas madeiras de *P. multijuga* e *S. amara*. O fungo *Aspergillus* sp. colonizou nas espécies florestais *A. macrocarpon*, *C. oblongifolia*, *P. multijuga* e *S. amara*. O fungo *Penicillium* sp. colonizou em *A. macrocarpon*, *C. oblongifolia* e *G. kunthiana*, o fungo *Lassiodiplodia* sp. colonizou

nos corpos de provas das espécies *G. kunthiana* e *P. multijuga*.

No presente trabalho visualizou-se macroscopicamente nas espécies florestais estudadas, manchas e aspectos pulverulentos nos corpos de prova, comprovando presença de *Aspergillus* sp., *Lassiodiplodia* sp., *Penicillium* sp., *Trichoderma harzianum*, classificados por Mesquita et al. (2006) como fungos emboloradores e manchadores. Conforme Mesquita, Lima e Trugilho (2006), o fungo *Trichoderma harzianum* é maior responsável por ocasionar bolores nas madeiras.

Na avaliação do percentual de manchamento, foi verificada devidamente a superfície superior e inferior de cada amostra, atribuindo-lhes notas de acordo com o grau de manchamento da superfície e, para aferir a possível superficialidade das manchas, as amostras foram lixadas. Feito isso, nova análise foi realizada atribuindo notas para cada corpo de prova, conforme Freire et. al (2011).

Todos os tratamentos causaram mudança na coloração dos corpos de prova, mas independente do tratamento, os corpos-de-prova das espécies apresentaram 25% a 95% de sua superfície manchada, não existindo nenhuma amostra que tivesse a superfície totalmente manchada ou sem presença de manchas. Sendo assim, foram atribuídas notas às amostras de madeira após o lixamento, resultando em: *Aspidosperma macrocarpon* apresentou menor percentual de manchamento com até 25% da superfície com manchas (nota 2), *Couratari oblongifolia* e *Guarea kunthiana* apresentaram de 26% a 75% da superfície com manchas (nota 3) e *Parkia multijuga* e *Simarouba amara* apresentaram maior percentual de manchamento com 76% a 95% da superfície com manchas (nota 4).

Quanto à superficialidade de manchamento, a madeira *Aspidosperma macrocarpon* apresentou manchamento superficial pouco evidente após o lixamento, ao passo que as madeiras *Guarea kunthiana* e *Parkia multijuga* colonizadas pelo fungo *Lassiodiplodia* sp., após lixamento dos corpos de prova mostraram manchamento mais profundo, aparecendo ainda nítidas.

Durante a exposição dos corpos de prova a intempéries, a espécie *Guarea kunthiana* foi atacada por cupins e uma intervenção para contenção destes foi adotada, para evitar perdas significativas de amostras.

## 4 CONCLUSÃO

Pode-se concluir que o tratamento preservativo de madeiras com óleos naturais de açaí, buriti, dendê, murmuru e patoá apresentou eficiência na

redução de perda de massa das espécies estudadas, mas com melhoria pouco significativa contra incidência de fungos manchadores e emboloradores.

Considerando-se o percentual de perda de massa, a madeira de *Aspidosperma macrocarpon* apresentou menor perda e a madeira de *Parkia multijuga* foi a que mais perdeu massa. Os óleos naturais de açai, murmuru e patoá foram os mais efetivos na redução da perda de massa das espécies de madeiras amazônicas estudadas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, M.G.P.; FERREIRA, J.B.; NEVES, Y.Y.B.; ARAUJO, M.L.; SOUZA, R.B. Efeito Fungitóxico de Óleos Essenciais de Palmeiras Amazônicas sobre *Colletotrichum* sp. **Enciclopédia Biosfera**, v.10, n. 19, 2014.

ACREBIOCLIMA. **Grupo de estudos e serviços ambientais**. 2023. Disponível em: <http://www.acrebioclima.pro.br/>. Acesso em: 26 jan. 2023.

ALVES, W.F.; SOUZA M.C.; ALMEIDA, A.N.S.; OLIVEIRA, S.S. de, RIBEIRO, I.L.R. Características físico-químicas de óleos essenciais de plantas da região do Vale do Juruá, **Enciclopédia Biosfera**, v.11, n. 22, p. 534, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **Ensaio físico e mecânico de madeiras - método brasileiro**. MB-26/1940. Rio de Janeiro, 1940. 16 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 7190**: Projeto de estruturas de madeira. Rio de Janeiro, 1997. 107 p.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA. Resolução RDC nº 270, de 22 de setembro de 2005. Regulamento técnico para óleos vegetais, gorduras vegetais e creme vegetal. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 23 set. 2005.

CABALOVÁ, I.; CESEK, B.; MIKALA, O.; GOJNÝ, J.; KACIK, F.; TRIBULOVÁ, T. The influence of selected efficient compounds of essential oils for paper protection. **Journal of cultural heritage**, v. 37, p. 148-154, 2019.

CARVALHO, D.E.; MARTINS, A.P.M.; SANTINI, E.J.; FREITAS, L.S.D.; TALGATTI, M.; SUSIN, F. Natural durability of *Eucalyptus dunnii* Maiden, *Eucalyptus robusta* Sm., *Eucalyptus tereticornis* Sm. and *Hovenia dulcis* Thunb. wood in field and forest environment. **Revista Árvore**, v. 40, n. 2, p. 363-370, 2016.

CASAVECCHIA, B.H.; SOUZA, A.P.; STANGERLIN, D.M.; MELO, R.R. Potential fungal attack for wood in Mato Grosso state, Brazil. **Nativa**, v. 4, n. 3, p. 156-161, 2016.

CHIARELLO, T.G.; TODT, P. Viscosidade Dos Óleos Lubrificantes. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**. v. 1, p. 5-22, 2019.

CORADIN, V.T.R.; MUNIZ, G.I.B. **Normas e procedimentos em estudos de anatomia da madeira: I – Angiospermae, II – Gimnospermae**. Brasília: IBAMA, DIRPED, LPF. 19 p. (Série Técnica, 15), 1992.

CPTEC/INPE. **Climatologia de temperatura média e umidade relativa**. Disponível em: <http://clima1.cptec.inpe.br/monitoramentobrasil/pt>. Acesso: 12 jan. 2023.

DALLWITZ, M.J.; PAINE, T.A.; ZURCHER, E.J. **Princípios de chaves interativas**. 2000. Disponível em: <http://delta-intkey.com>. Acesso: 20 abr. 2023.

DORVAL, A.; PERES FILHO, O.; MARQUES, E.N. Levantamento de *Scolytidae* (Coleoptera) em plantações de *Eucalyptus spp.* em Cuiabá, Estado de Mato Grosso. **Ciência Florestal**, v. 14, n.1, p. 47-58, 2004.

DURLO, M.A.; MARCHIORI, J.N.C. **Tecnologia da Madeira: retratibilidade**. Santa Maria: CEPEF/FATEC, 33 p. (Série Técnica 10), 1992.

FREIRE, A.P.F.; PEREIRA, K.R.M.; BASSO, S.L.; SILVA, H.A. Utilização do Óleo - Resina de Copaíba (*Copaifera paupera*) no Tratamento Preservativo da Espécie Samaúma (*Ceiba pentandra*). **Amazônia: Ciência & Desenvolvimento**, v. 7, n. 13, 2011.

GATTO, D.A.; SANTINI, E.J.; HASELEIN, C.R.; DURLO, M.A. Qualidade da madeira serrada na região da quarta colônia de imigração italiana do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, v. 14, n. 1, p. 223-233, 2004.

GONÇALEZ, J.C. **Caracterisation technologique de quatre especes peu connues de la forêt Amazonienne: anatomie, chimie, couleur, propriétés physiques et mécaniques**. Nancy, 1993. 445 f. Thèse (Doctorat en Sciences Forestières) - Ecole Nationale dun Génie Rural, des Eaux et des Forêts, Nancy, France, 1993.

- GONZAGA, A.L. **Madeira: uso e conservação**. Brasília: IPHAN / MONUMENTA. 246 p.: il.; 28cm. – (Cadernos Técnicos; 6), 2006.
- GONZÁLEZ-LAREDO, R.F.; ROSALES-CASTRO, M.; ROCHA-GUZMÁN, N.E.; GALLEGOS-INFANTE, J.A.; MORENO-JIMÉNEZ, M.R.; KARCHESY, J.J. Preservación de la madera usando productos naturales. **Madera y Bosques**, v. 21, n. especial, p. 63-76, 2015.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz**. Métodos químicos e físicos para análise de alimentos. São Paulo: ANVISA, 2008.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - IPT **Manual de identificação das principais madeiras comerciais brasileiras**. São Paulo: IPT, 1983. 241p. (publicação IPT n. 1226)
- JÄRVINEN, J.; ILGIN, H.E.; KARJALAINEN, M. Wood Preservation Practices and Future Outlook: Perspectives of Experts from Finland. **Forest**, v.13; n. 1044, 2022.
- MARCATI, C.R. **Estudo da anatomia e das propriedades tecnológicas da madeira do angico-vermelho (*Piptadenia peregrina* Benth)**. 1992. 94 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1992.
- MELO, J.E.; CORADIN, V.R.; MENDES, J.C. Classes de densidade para madeiras da Amazônia brasileira. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6., 1990, Campos do Jordão. **Anais...** São Paulo: SBS/SBEF, 1990. v. 3, p. 695-705.
- MELO, J.E.; SIQUEIRA, M.J. Correlação entre propriedades físicas e mecânicas de madeiras da Amazônia. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, 4., 1992, São Carlos. **Anais...** São Carlos: USP/EESC/SET, 1992. p. 67-76.
- MENDES, A.S.; ALVES, M.V.S. **A degradação da madeira e sua preservação**. Brasília: Instituto brasileiro de desenvolvimento florestal/Laboratório de produtos florestais, 1988. 57 p.
- MESQUITA, J.B.; LIMA, J.T.; TRUGILHO, P.F. Micobiota associada à madeira serrada de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden durante a secagem ao ar livre. **Ciência Florestal**, v. 16, n. 1, p. 45-50. 2006.
- MULLER, H.G. **Introducción a la reología de los alimentos**. Zaragoza: Editora Acribia, 1978. 174 p.
- NOCK, H.P.; RICHTER, H.G.; BURGER, L.M. **Tecnologia da madeira**. Curitiba: Departamento de Engenharia e Tecnologia Rurais, Universidade Federal do Paraná, 1975, 216 p.
- NOGUEIRA JÚNIOR, F.C.; SOARES, M.J.N.; LISI, C.S.; RIBEIRO, A. Avaliação qualitativa das cercas de madeiras em propriedades rurais na Caatinga do Vale do São Francisco-Bahia. Uma estratégia para o manejo e conservação. **Gaia Scientia**, v. 10, n. 4, p. 516-540 2016.
- OLIVEIRA, A.M.F.; LELIS, A.T. de; LEPAGE, E.S.; LOPEZ, G.A.C.; OLIVEIRA, L.C. de S.; CAÑEDO, M.D.; MILANO, S. Agentes destruidores da madeira. In: OLIVEIRA, J.T.S.; SOUZA, L.C.; DELLA LUCIA, R.M.; SOUZA JUNIOR, W.P. Influência dos extrativos na resistência ao apodrecimento de seis espécies de Madeira. **Revista Árvore**, v. 29, n. 5, p. 819-826, 2005.
- OLIVEIRA, J.P.; ANTUNES, P.W.P.; PINOTTI, L.M.; CASSINI, S.T.A. Caracterização físico-química de resíduos oleosos do saneamento e dos óleos e graxas extraídos visando a conversão em Biocombustíveis. **Química Nova**, v. 37, n. 4, p. 597-602, 2014.
- ONUORAH, E.O. The wood preservative potential of heartwood extracts of *Milicia excelsa* and *Erythrophloeum suaveolens*. **Bioresource Technology**, v. 75, 171-173, 2000.
- PANSHIN, A.J.; ZEEUW, C. **Textbook of wood technology, structure, identification, properties, and uses of the commercial woods of the United States and Canada**. New York: McGraw-Hill, 1980. 722 p.
- PAZOS, G.M.B. Caracterización tecnológica de veinte especies maderables de la Selva Lacandona. **Madera y Bosques**, v. 1, n. 1, p. 9-38. 1995.
- PIMENTEL GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. Piracicaba: Nobel, 2000. 477 p.
- RIBEIRO, E.P.; SERAVALLI, E.A.G. **Química de alimentos**. São Paulo: Edgard Blüchler, Instituto Mauá de Tecnologia, 2004. 184 p.

SALLA, F. **Relação entre as propriedades físicas e organolépticas de diferentes espécies de madeira e o uso de cavidades preexistentes pela fauna.** 2005. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Acre, Rio Branco.

SANTOS, C.E.; CANDATEN, L.; SILVA, P.R.B.; TREVISAN, R. Madeira preservada com CCA: profundidade, potencial deletério, toxicidade dos resíduos e tecnologias de recuperação. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente (RAMA)**, v. 15, n. 1, 2022.

SHULTZ, T.P.; NICHOLAS, D.D.; PRESTON, A.F. A brief review of the past, present and future of wood preservation. **Pest Management Science**, v. 63, n. 8, p. 784-788, 2007.

SILVA, D.T.; HERRERA, R.; BATISTA, B.F.; HEINZMANN, B.M.; LABIDI, J. Physicochemical characterization of leaf extracts from *Ocotea lancifolia* and its effect against wood-rot fungi. **International Biodeterioration & Biodegradation**, v. 117, p. 158-170, 2017.

SOUZA, R.B. **Efeito fungitóxico de óleos fixos de palmáceas no controle de *Colletotrichum gloeosporioides* isolados do fruto do mamão.** 1997. 169 f. Dissertação (Mestrado em Ciência, Inovação e Tecnologia para a Amazônia) - Universidade Federal do Acre, Rio Branco, 2014.

SOUZA, R.V.; DEMENIGHI, A.L. Tratamentos preservantes naturais de madeiras de floresta plantada para a construção civil. **MIX Sustentável**, v. 3, n. 1, p. 84-92, 2017.

VIDAL, J. M.; EVANGELISTA, W.V.; SILVA, J.C.; JANKOWSKY, I.P. Preservação de madeiras no Brasil: histórico, cenário atual e tendências. **Ciência Florestal**, v. 25, n. 1, p. 257-271, 2015.