






Extratos das folhas de *Corymbia citriodora* na proteção da madeira de *Eucalyptus* sp.*Corymbia citriodora* leaf extracts in the protection of *Eucalyptus* sp.Talita Baldin¹ , Sâmara Magdalene Vieira Nunes¹ , Sílvia Tereza Alves Evaristo¹ ,
Thalles Loiola Dias¹ , Edy Eime Pereira Baraúna¹ ¹Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Agrárias. Avenida Universitária, 39404-547, Montes Claros, MG, Brasil.

e-mail: talita.baldin@hotmail.com, samaramvnunes@hotmail.com, terezaevaristo@hotmail.com, tdiasflorestal@gmail.com

RESUMO

Os extratos vegetais podem ser uma alternativa sustentável no controle de agentes biodeterioradores da madeira diante de suas ricas fontes de químicos bioativos. O objetivo do estudo foi avaliar o desempenho de extratos naturais das folhas de *Corymbia citriodora* obtidos em diferentes metodologias de preparo, como alternativa para a preservação de madeiras de *Eucalyptus* sp. Seis tratamentos foram utilizados: T0 – testemunha, sem tratamento; T1 – CCB (Borato de Cobre Cromatado); T2 – Folhas maceradas manualmente e aquecidas a 100 °C; T3 – Folhas maceradas manualmente e imersas em água; T4 – Folhas trituradas mecanicamente e aquecidas a 100 °C; T5 – Folhas trituradas mecanicamente e imersas em água. A impregnação dos tratamentos na madeira de *Eucalyptus* sp foi realizada em bomba de vácuo e posteriormente os corpos de prova foram parcialmente soterrados em simuladores de campo com solo argiloso de pH 5 (Simulador 1); de textura média com pH 4,5 (Simulador 2); e arenoso com pH 5,1 (Simulador 3), onde permaneceram por 180 dias. Em seguida, foram realizadas as avaliações da perda de massa, desgaste visual, massa específica, ganho de massa, inchamento volumétrico e retenção da solução preservativa. As características do solo no simulador de campo não exerceram influência na perda de massa da madeira, independente do tratamento preservativo. Os valores de massa específica, ganho de massa, inchamento volumétrico e retenção da solução preservativa não apresentaram diferença estatística pelo teste de Tukey a 5% de significância. O Tratamento 1 apresentou resultados de perda de massa de apenas 2,27%. Já os materiais com extratos apresentaram variações: T2 – 7,86%, T3 – 9,93%, T4 – 8,47%, T5 – 18,84. Ao se comparar com os resultados do T0 – 18,83% observa-se que T2, T3 e T4 proporcionaram melhores propriedades contra o fungo da podridão mole. Sendo que a metodologia aplicada ao Tratamento 2 caracterizou-se como a mais promissora para as condições de preservação da madeira no campo.

Palavras-chave: Preservação da madeira; Simulador de campo; Extrativos; Óleo essencial.**ABSTRACT**

Plant extracts can be a sustainable alternative in the control of wood biodeteriorating agents due to their rich sources of bioactive chemicals. The objective of the study was to evaluate the performance of natural extracts from *Corymbia citriodora* obtained in different preparation methodologies, as an alternative for the preservation of *Eucalyptus* sp. Six treatments were used: T0 – control, without treatment; T1 – CCB (Chrome Copper Borate); T2 – Leaves macerated manually and heated to 100 °C; T3 – Leaves macerated manually and immersed in water; T4 – Leaves mechanically crushed and heated to 100 °C; T5 – Mechanically shredded leaves and immersed in water. The impregnation of the treatments in the wood of *Eucalyptus* sp was carried out in a vacuum pump and later the specimens were partially buried in field simulators with clayey soil of pH 5 (Simulator 1); medium texture with pH 4.5 (Simulator 2); and sandy with pH 5.1 (Simulator 3), where they remained for 180 days. Then, mass loss, visual wear, specific mass, mass gain, volumetric swelling and retention of the preservative solution were evaluated. Soil characteristics in the field simulator did not influence wood mass loss, regardless of preservative treatment. The values of specific mass, mass gain, volumetric swelling and retention of the preservative solution

showed no statistical difference by Tukey's test at 5% of significance. Treatment 1 presented results of mass loss of only 2.27%. The materials with extracts showed variations: T2 – 7.86%, T3 – 9.93%, T4 – 8.47%, T5 – 18.84. When comparing with the results of T0 – 18.83%, it is observed that T2, T3 and T4 provided better properties against the soft rot fungus. The methodology applied to Treatment 2 was characterized as the most promising for the conditions of wood preservation in the field.

Keywords: Wood preservation; Soil bed assay; Extracts; Essential oil.

1. INTRODUÇÃO

A madeira é um material de origem orgânica e, por isso, dependendo das condições ambientais a que seja submetida, irá sofrer deterioração por agentes biológicos [1]. Em contato direto com a umidade e com o solo, a madeira estará sujeita à rápida degradação causada por fungos e térmitas. Em ambientes externos a ocorrência de bactérias já pode ocorrer na primeira semana de exposição [2]. Nestes casos só há duas possibilidades de contornar tal problemática: ou se utiliza espécies de alta resistência natural, ou se submete a madeira a tratamentos preservativos.

Espécies com elevada resistência natural atualmente são escassas, o que trouxe a luz necessidade da utilização de outras menos duráveis, principalmente as de rápido crescimento provenientes de reflorestamentos, como as do gênero *Eucalyptus*. Por conseguinte, o uso de preservativos se torna indispensável quando se deseja aumentar a vida útil destas madeiras. O emprego de produtos químicos, tais como o CCB (Borato de Cobre Cromatado) por tempo prolongado, além dos impactos ambientais devido a sua toxicidade, implica o surgimento de linhagens mais resistentes. Devido a isto, esforços têm sido direcionados na busca de compostos naturais que possam atuar como agentes preservativos da madeira.

Pesquisas empregando bioativos naturais para a proteção de madeiras, como extratos, decoctos e óleos essenciais, têm sido uma alternativa crescente e amplamente incentivada, face ao seu apelo sustentável e ecológico, frente às soluções tradicionalmente empregadas.

Os óleos essenciais são definidos pela norma ISO 9235:2013 [3], da International Organization for Standardization (ISO/TC54), e pela norma portuguesa NP EN ISSO 9235:2016 [4], do Instituto Português da Qualidade (IPQ-CT5), como sendo líquidos voláteis à temperatura ambiente, extraídos a partir do material vegetal (folhas, caules, cascas, sementes, frutos, raízes e exsudados de plantas), por processos de destilação usando água, vapor, ou a seco, ou por prensagem a frio do epicarpo de citrinos, sendo este processo usado exclusivamente no caso específico de frutos cítricos.

Estudos já demonstraram a eficiência de óleos essenciais obtidos das plantas contra o ataque de fungos, bactérias e insetos biodeterioradores [5, 6, 7, 8, 9, 10]. A investigação de óleos essenciais contra fungos e bolores biodeterioradores desenvolvida por Pánek *et al.* [11] reporta que os componentes químicos originários do fenol, como cimofenol, eugenol e timol têm o maior efeito na proteção. Já o uso de óleos essenciais de *Corymbia citriodora* promoveu inibição do crescimento de fungos apodrecedores da madeira [12].

A espécie *Corymbia citriodora* (Hook.) K.D. Hill & L.A.S. Johnson é um árvore aromática e amplamente cultivada para reflorestamentos. Das folhas são extraídos óleos essenciais utilizados como detergente, aromatizante, sabões e amplamente aplicado nas indústria de perfumaria e fármaco [13, 14]. Comprovada a eficácia dos extratos de folhas de *C. citriodora* como atividade inseticida, antifúngica e antimicrobiana [15, 16, 17] surge o questionamento se este potencial pode ser também estendido à agentes decompositores da madeira.

Adota-se a hipótese de que os preservativos naturais obtidos das folhas de *Corymbia citriodora* apresentem resultados satisfatórios quando comparados com o químico industrial CCB no tratamento de madeiras do gênero *Eucalyptus*. Dessa forma, o uso de soluções naturais de baixa toxidade poderá ser uma alternativa aos tratamentos convencionais, beneficiando à saúde dos operadores e dos usuários, além da vasta contribuição para a sustentabilidade ambiental. Outra premissa adotada nesta pesquisa se refere a metodologia de preparo dos tratamentos por hidrodestilação das folhas, ou extratos aquosos, afim de preservar a madeira por métodos simples, com o uso de equipamentos convencionais e que poderiam ser facilmente replicadas nas condições reais de campo.

Frente ao contexto apresentado, avaliou-se o desempenho de extratos naturais das folhas de *Corymbia citriodora* obtidos em diferentes metodologias de extração, como alternativa para a preservação de madeiras de *Eucalyptus* sp.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Coleta do material, preparo da solução extrativa e do CCB

Foram coletadas folhas de diferentes partes da copa de três árvores adultas de *Corymbia citriodora* (Hook) K.D Hill & LAS. Johnson (Myrtaceae), no campus da UFMG, em Montes Claros, MG (16°68'10" S e 43°84'07" O).

As folhas foram imediatamente acondicionadas em uma caixa térmica e borrifadas com água gelada a 5 °C, objetivando manter a turgescência.

A preparação dos extratos foi por meio da hidrodestilação das folhas, todas as extrações obedeceram a proporção de 1g:15 mL (folha:água) em diferentes metodologias de extração que caracterizam os tratamentos 2, 3 4 e 5. Os Tratamentos 0 e 1 não possuíam em sua composição a referida solução extrativa. Para a preparação do Tratamento 2 – T2 as folhas, foram maceradas manualmente, cobertas com água destilada e extraídas a quente (100 °C) por 30 minutos. O Tratamento 3 – T3 consistiu no uso de amostras trituradas mecanicamente (moinho tipo Willy, 10 mesh) e extraída a frio (temperatura 21 °C) por seis dias. No tratamento 4 – T4 as folhas também foram trituradas em moinho tipo Willey em peneira com granulometria de 10 mesh, estas foram submetidas ao aquecimento a 100 °C em água destilada por 30 minutos. Já para o preparo do Tratamento 5 –T5, as folhas foram maceradas manualmente, imersas em água destilada e a solução conservada em geladeira por seis dias. Todos os extratos foram armazenados em vidrarias e acondicionados em geladeira a temperatura de 2 °C por dois dias até o início da impregnação.

A solução de CCB foi preparada conforme descrito por Baldin *et al.*, [18]. As proporções dos componentes desta solução foram baseadas na norma ABNT NBR 9480 [19] para mourões de madeira preservada para cercas: 2,5% em peso de dicromato de potássio, ácido bórico, sulfato de cobre, ácido acético e água. Adicionou-se em tambor de plástico primeiramente o ácido acético à água para acidificar a solução e em seguida os outros componentes com contínua agitação, até completa dissolução dos sais.

2.2. Impregnação das amostras

Foram utilizadas toras basais de três árvores de *Eucalyptus urograndis* (*E. urophylla* S. T. Blake × *E. grandis* W. Hill) e confeccionados seis corpos de prova de 1,5 × 1,5 × 20 cm (comprimento × largura × altura) para cada tratamento, sem distinção entre cerne e alborno. Um sistema de impregnação a vácuo foi montado e os corpos de prova com teor de umidade de 13% (Teor de umidade de equilíbrio para Montes Claros, MG, conforme LIMA e MENDES [20]) foram tratados com os extratos aquosos obtidos nos tratamentos (T2,T3,T4 e T5) e o preservante CCB (T1). Outras seis amostras foram separadas para compor o T0 – testemunha, sem tratamento.

A impregnação dos tratamentos na madeira em bomba de vácuo utilizou a metodologia descrita pela American Wood Protection Association – AWP A E10-12 [21]. As amostras de madeira foram colocadas em um dessecador e submetidas a um vácuo inicial de 660 mm Hg (26 in Hg) por 30 minutos, para retirar o ar do interior das amostras. Transcorrida essa etapa, a solução contida em um balão volumétrico foi liberada, e então mais duas aplicações de vácuo de 30 min de duração foram realizadas para a impregnação máxima do material. Cada impregnação utilizou aproximadamente 2000 mL da solução extrativa.

Após impregnação da madeira com o CCB e os extratos, os corpos de prova permaneceram em temperatura ambiente (24,2 °C) por 24 horas e então levados à estufa a 103 °C até massa constante, para posterior instalação no simulador de campo.

2.3. Ensaio em simulador acelerado de campo

Os simuladores de campo foram desenvolvidos seguindo as recomendações de Paes *et al.* [22, 23], Medeiros Neto *et al.* [24] e da American Wood Preservers' Association – AWP A-E14 [21]. Os simuladores foram montados em caixas de painel compensado nas dimensões de 60 × 60 × 50 cm (menor dimensão na direção da largura) e revestidos internamente com lona impermeável. Nas duas faces (largura do simulador) foram instalados quatro drenos de 2 cm de diâmetro, com 15 cm da extremidade e a uma altura de 15 cm do fundo para possibilitar a drenagem.

Os primeiros 15 cm das caixas dos simuladores foram preenchidos com cascalho e completados com solos, tendo o horizonte B uma altura de 25 cm e o horizonte A, de 10 cm. Os solos foram coletados em três locais distintos: retirado de uma área do campus universitário da UFMG de Montes Claros-MG, caracterizado como solo argiloso com pH 5 (Simulador 1); da área da Fazenda Experimental da UFMG em Montes Claros, classificado como de textura média com pH 4,5 (Simulador 2); e solo do município de Alagoinha/MG, arenoso com pH 5,1 (Simulador 3). A classificação dos solos foi referenciada pela Embrapa [25]. Os solos foram coletados seguindo o padrão de 0–20 cm de profundidade, respeitando a coleta nos horizontes A e B, a fim de representar as características físico-químicas e biológicas dos solos de cada local. As amostras passaram pelo processo de terra fina seca ao ar (TFSA), que corresponde ao processo de destorroar, peneirar (peneira de mesh 2 mm) e secar, adaptado de Paes *et al.* [23].

Nos simuladores as amostras de madeira foram parcialmente soterradas (2/3 do comprimento), em distribuição aleatória, sendo duas repetições por tratamento, totalizando 12 corpos de prova por simulador. Para manter a umidade do solo próxima da capacidade de campo, os simuladores foram umedecidos quinzenalmente.

As amostras permaneceram nos simuladores de campo por 180 dias e então cuidadosamente retirados, limpos com escova de cerdas macias, para remoção completa de qualquer resíduo de solo e secos em estufa à temperatura de $103 \pm 2^\circ\text{C}$ até massa constante para posterior avaliação da perda de massa e nota de desgaste visual. Comparando com o que foi exposto por CASTRO e GUIMARÃES [26] pode-se afirmar que os principais agentes biodeterioradores da madeira em simuladores de campo são os fungos, especialmente da podridão-mole (classe Ascomycetes e Deuteromycetes).

2.4. Análise dos resultados

Para avaliar a eficiência dos tratamentos contra organismos biodeterioradores após simulador de campo, foram realizadas as avaliações da perda de massa e desgaste visual. Adicionalmente foram mensuradas a massa específica, o ganho de massa, o inchamento volumétrico, e a retenção da solução preservativa. A massa específica dos corpos de prova foi aferida em três condições distintas: aparente ao teor de umidade de equilíbrio de Montes Claros, de 13% ($Map_{13\%}$); após saturação dos corpos de prova com os tratamentos preservativos (Map_{sat}) e ao teor de umidade seco 0% ($Map_{0\%}$) após retirada dos corpos de prova dos simuladores, conforme Equações 1, 2 e 3, respectivamente.

$$Map_{13\%} = \frac{M}{V} \quad (1)$$

Onde: $Map_{13\%}$: Massa específica aparente ao Tor der umidade de 13% (g/cm^3); M: Massa da amostra inicial (g); V: Volume da amostra inicial (cm^3)

$$Map_{sat} = \frac{M_s}{V_s} \quad (2)$$

Onde: Map_{sat} : Massa específica após saturação dos corpos de prova (g/cm^3); M_{ss} : Massa da amostra após saturação (g); V_{ss} : Volume da amostra após saturação (cm^3)

$$Map_{0\%} = \frac{M_{ss}}{V_{ss}} \quad (3)$$

Onde: $Map_{0\%}$: Massa específica ao Tu de 0% (g/cm^3); M: Massa da amostra após simulador e secagem a 0% (g); V_{ss} : Volume da amostra após simulador e secagem a 0% (cm^3).

O ganho de massa das amostras resultante do tratamento preservativo foi determinado por meio da relação entre as massas secas antes e após o tratamento ser realizado (Equação 4).

$$GM = \frac{Mt - Mnt}{Mnt} \times 100 \quad (4)$$

Onde: GM: ganho de massa (%); Mt: massa seca da madeira tratada (g); Mnt: massa seca da madeira não tratada (g).

A resistência à deterioração causada pelos microrganismos subterrâneos foi avaliada em termos de perda de massa dos corpos de prova (Equação 5, Tabela 1), e pela análise visual do ataque (desgaste), conforme Tabela 2.

$$PM = \left(\frac{mi - mf}{mi} \right) \times 100 \quad (5)$$

Em que: PM = Perda de massa, em %; mi = Massa inicial seca a 103°C (após tratamentos e antes de colocar no simulador), em g; mf = Massa final seca a 103°C (após a retirada do simulador), em g.

Com base nos resultados, classificou-se o material ensaiado de acordo com os intervalos de perda de massa média apresentados na Tabela 1.

O inchamento volumétrico (ΔV) dos corpos de prova foi determinado com a aferição do volume úmido (V_{sat}) após saturação em bomba de vácuo e do volume no estado seco (V_{seco}) em estufa a 103°C , antes da

Tabela 1: Classe de resistência dos corpos de prova de madeira a microrganismos deterioradores, após simulador de campo, adaptada da norma ASTM D 2017 [27].

| CLASSES DE RESISTÊNCIA | PERDA DE MASSA (%) | MASSA RESIDUAL (%) |
|---------------------------|--------------------|--------------------|
| Muito Resistente (MR) | 0–10 | 90–100 |
| Resistente (R) | 11–24 | 76–89 |
| Resistência Moderada (RM) | 25–44 | 56–75 |
| Não Resistente (NR) | ≥45 | ≤55 |

Tabela 2: Desgaste provocado pelos microrganismos do solo nos corpos de prova, após simulador de campo. Adaptado da norma ASTM D 3345 [28].

| TIPO DE DESGASTE | NOTA |
|---|------|
| Sadio, permitindo escarificações superficiais | 10 |
| Ataque superficial | 9 |
| Ataque moderado, havendo penetração | 7 |
| Ataque intensivo | 4 |
| Falha, havendo ruptura dos corpos de prova | 0 |

instalação em simulador de campo. As medições de volume no comprimento, largura e na espessura dos corpos de prova foram realizadas com auxílio de um paquímetro de precisão (Equação 6).

$$\Delta V = \left(\frac{V_{sat} - V_{seco}}{V_{seco}} \right) \times 100 \quad (6)$$

Para determinar a retenção da solução preservativa nos corpos de prova após a finalização de cada tratamento foi utilizada a Equação 7.

$$R = \left(\frac{M1 - M2}{V} \right) \times 100 \quad (7)$$

Onde: R: Retenção (g/cm³); M1: massa inicial após secagem dos corpos de prova a 103 °C (g); M2: massa final após tratamento preservativo e secagem em estufa a 103 °C (g); V: Volume seco a 0% (cm³).

2.5. Análise estatística

O delineamento experimental utilizado foi do tipo fatorial. Para tanto, foram avaliados os fatores: tratamento para a preservação da madeira (extratos preparados com folhas de *Corymbia citriodora*, sendo: Tratamento 2, tratamento 3, tratamento 4 e tratamento 5; solução comercial CCB – tratamento 1); e simuladores de campo (solo argiloso com pH 5, solo de textura média com pH 4,5 e solo arenoso com pH 5,1).

Na análise estatística os dados da perda de massa em porcentagem foram transformados em arcsen[raiz(perda de massa/100)], sugerido por Steel & Torrie [29]. Essa transformação é necessária para permitir a homogeneidade das variâncias. Para a comparação múltipla de médias utilizou-se o teste de Tukey a 5% de significância processados por intermédio de planilha eletrônica.

3. RESULTADOS

3.1. Deterioração da madeira tratada

Conforme Figura 1, a maior perda de massa ocorreu nos corpos de prova da testemunha (T0) e no tratamento com as folhas de *Corymbia citriodora* trituradas mecanicamente e imersas em água (T5). Estes tratamentos, inclusive, são classificados como resistentes de acordo com a classe de resistência (Tabela 3). A madeira tratada com CCB (T1) apresentou menor perda de massa e classificação como muito resistente. Enquanto os tratamentos T2, T3 e T4 não diferiram nem da maior, nem da menor perda de massa e se enquadram como muito resistentes (Figura 1).

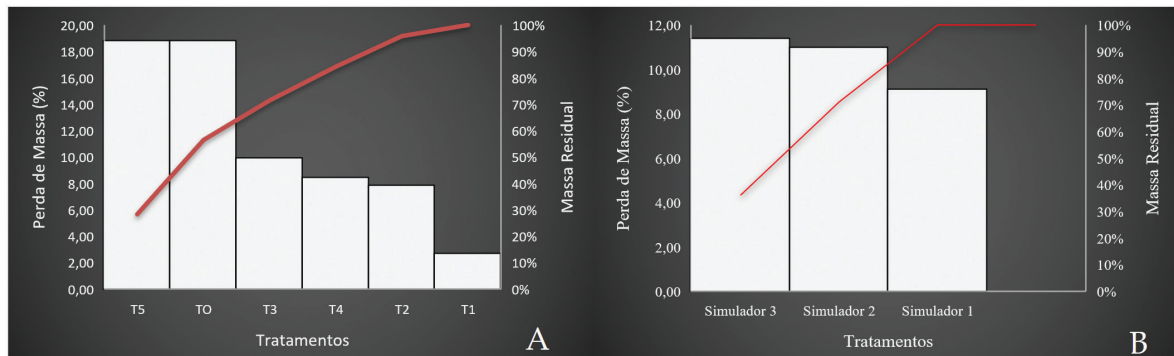


Figura 1: Perda de massa da madeira conforme o tratamento aplicado (A). Perda de massa da madeira nos três simuladores de campo utilizados: Simulador 1 (solo argiloso de pH 5, simulador 2 (solo de textura média com pH 4,5 e simulador 3 arenoso com pH 5,1 (B).

Tabela 3: Classe de resistência e desgaste visual dos corpos de prova da madeira a microrganismos deterioradores, após simulador de campo.

| TRATAMENTO | CLASSE DE RESISTÊNCIA | DESGASTE VISUAL |
|------------|-----------------------|-----------------|
| T0 | R | 9 |
| T1 | MR | 10 |
| T2 | MR | 9 |
| T3 | MR | 9 |
| T4 | MR | 9 |
| T5 | R | 9 |

O CCB têm sido um produto amplamente empregado na preservação da madeira. Esse composto proporciona elevada proteção contra organismos xilófagos, fato que se evidenciou neste trabalho, visto que se caracterizou como o tratamento que proporcionou menor perda de massa dos corpos de prova. O boro presente em sua composição é considerado como elemento de boa eficiência na proteção da madeira contra fungos apodrecedores e insetos xilófagos, devido sua função inseticida [26, 30].

Os extratos produzidos com as folhas de *Corymbia citriodora* aumentaram a durabilidade da madeira nos tratamentos T2, T3 e T4, como evidenciado na Figura 1A, por meio da comparação de perda de massa com a madeira não tratada (T0). Os ativos químicos presentes podem ser as respostas destes resultados, por exemplo, conforme estudo realizado por ZHANG *et al.* [31] o citrionelol, encontrado em abundância nas folhas apresenta uma concentração superior a 58%, e é muito conhecido por suas propriedades aromáticas, e seu potencial antifúngicas [31], anti-térmita [32, 33], tais benefícios se dá graças ao grupo funcional aldeído, conforme literatura. Para uma efetiva comprovação, os autores sugerem, posteriormente a realização de análises químicas dos extratos por cromatografia.

Os extratos de plantas e óleos essenciais podem ser uma alternativa no controle de agentes biodeterioradores da madeira por causa de suas ricas fontes de produtos químicos bioativos, incluindo monoterpenos, sesquiterpenos e compostos alifáticos. XIE *et al.* [34] encontrou atividade anti-térmita em 42 monoterpenos avaliados.

Os números para a perda de massa em T2 e T4, nos quais o preparo foi por meio do aquecimento das folhas em água, geraram melhores resultados na preservação da madeira. A temperatura ajuda o solvente a remover os principais extratos das folhas de *C. citriodora*, tais como o citrionelol, a citrionelal, e o isopulegol, já comprovados cientificamente por ter atividade biológica, repelente, antimicrobiano e acaricida [35, 36] e que, neste experimento, podem ter ocasionado toxicidade aos fungos e a outros microrganismos deterioradores da madeira.

O emprego de produtos naturais na preservação da madeira foi testado por VIVIAN *et al.* [1]. O óleo de nim, o tanino e o *tall oil* (subproduto da indústria de celulose) conferiram redução no percentual de perda de massa quando aplicado a madeira de *Eucalyptus viminalis*. Os autores ainda complementam que uma alternativa para melhorar a eficácia dos produtos naturais como preservativos é fazer uso de aditivos, com o intuito de aumentar a penetração e fixação do produto na parede celular da madeira.

TALGATTI *et al.* [37] encontraram nos extratos aquosos de madeira, casca e folhas de *Hovenia dulcis* e *Ateleia glazioviana* potencial fungitóxico frente aos fungos representantes da podridão branca e parda, e potencial pesticida frente às térmitas. Corroborando SILVEIRA *et al.* [38] com extrato natural da *Acacia mearnsii*, verificaram redução do crescimento do fungo xilófago *Pycnoporus sanguineus*, conhecido popularmente como orelha-de-pau.

BIANCHINI *et al.* [39], constataram que o óleo essencial extraído das folhas de murteira (*Blepharocalyx salicifolius* (Kunth) O.Berg.) (Myrtaceae), apresentou resultados satisfatórios na inibição de fungos de podridão parda. O autor constatou ainda que o óleo essencial obtido a partir de folhas frescas de *Blepharocalyx salicifolius* apresentou um rendimento de 2,29% e densidade de 0,89 g/mL, considerado como alto rendimento de óleos essenciais.

Em trabalho realizado por BASEGGIO *et al.* [40], os extratos vegetais de eucalipto (*E. citriodora*) e marcela (*Achyrocline satureioides*), na concentração de 20% demonstraram-se eficientes no controle dos patógenos *Alternaria* sp. e *Cladosporium* sp. em sementes de trigo, cv. 'Mirante', além do mais, o extrato de eucalipto mostrou-se promissor no desenvolvimento de plântulas de trigo dessa variedade.

A metodologia de obtenção dos extratos, aliado ao tipo de solvente utilizado afetam, diretamente, a quantidade e a qualidade do produto. A literatura é clara em afirmar que os extratos oriundos de solventes orgânicos têm se mostrado mais promissores quando comparados a extração em água. Para GASPAR [41] os extratos líquidos obtidos em acetona e etanol de *Hypoxis hemerocallidea* apresentaram no geral valores mais elevados de fenóis totais e atividade antioxidante, do que os correspondentes extratos obtidos em água fervente. E segundo LI *et al.* [42], o óleo de canela se mostrou altamente eficaz no tratamento de madeiras quando utilizado em etanol, mas a sua atividade diminuiu quando misturado com água. Nesse sentido, recomenda-se que em estudos futuros as folhas de *C. citriodora* podem ser submetidas a extração com acetona, metanol, hexano ou tolueno, considerando que a solubilização de novos compostos químicos das folhas poderia ser alcançada e, então, sua potencialidade novamente testada.

Embora a maioria dos artigos científicos avaliem as atividades protetoras a partir de óleos essenciais das folhas extraídos com solventes orgânicos em aparelhos robustos de laboratório, deve-se reconhecer que as preparações de uso popular, tais como os extratos aquosos, além da facilidade em replicar nas condições de campo, favorecem a extração de alguns compostos químicos, como os da classe dos terpenóides, que apresentam atividade antimicrobiana [43].

As características do solo no qual as amostras permaneceram em simulador de campo não exerceram influência significativa na perda de massa da madeira (Figura 1B). Isso demonstra que a microfauna presente nos solos, particularmente os fungos da podridão mole, deterioraram por igual os corpos de prova durante o período experimentado. A podridão mole é evidenciada particularmente em condições de alta umidade e em madeiras tratadas, onde o tratamento preservante impede o desenvolvimento de fungos de podridão branca e parda, que causariam a deterioração rápida da madeira. Os solos de simuladores também favorecem o desenvolvimento bacteriano [26].

Os corpos de prova não apresentaram ataques pronunciados (Figura 2, Tabela 3). Através das atribuições das notas do teste de desgaste visual, percebe-se que os corpos de prova com os tratamentos T0, T2, T3, T4 e T5 não apresentaram diferença de desgaste superficial, apenas os materiais em que se aplicou T1 sofreram ação menos destrutiva dos organismos deterioradores da madeira (Figura 2). Entretanto, ressalta-se que este ensaio é subjetivo e, por isso, não deve ser realizado individualmente, sem o respaldo da análise da perda de massa e dos demais aqui retratados, que mostraram a potencialidade dos preservantes naturais, nas condições experimentadas.

No estudo de Paes *et al.* [44] a madeira tratada com óleo de nim e de mamona em diferentes concentrações, em três simuladores de campo (agrícola, floresta e pastagem), apresentou ataque superficial a moderado, para os solos de floresta e pastagem e, moderado a intenso, para o solo agrícola. Fato que os autores associaram às características químicas do solo agrícola, que favorecem o desenvolvimento de fungos.

3.2. Massa específica, ganho de massa, inchamento volumétrico e retenção

A durabilidade da madeira é controlada pelo ambiente de exposição e pelas características do próprio material, como a massa específica, a composição química e anatômica. A elevada massa específica aparente¹³⁹ da madeira utilizada no experimento (média de 0,80 kg/cm³, conforme Tabela 4) contribuiu na redução da deterioração do *Eucalyptus* sp. Cabe destacar que o T5, tratamento com baixo desempenho na preservação, possui o menor valor de massa específica aparente.

Há tendência de aumento na massa específica da madeira após tratamento com a solução preservativa, assim como a massa específica final da madeira é reduzida após seis meses de disposição em simulador de campo. Corroborando que há redução devido a evaporação de compostos e ao ataque de microrganismos

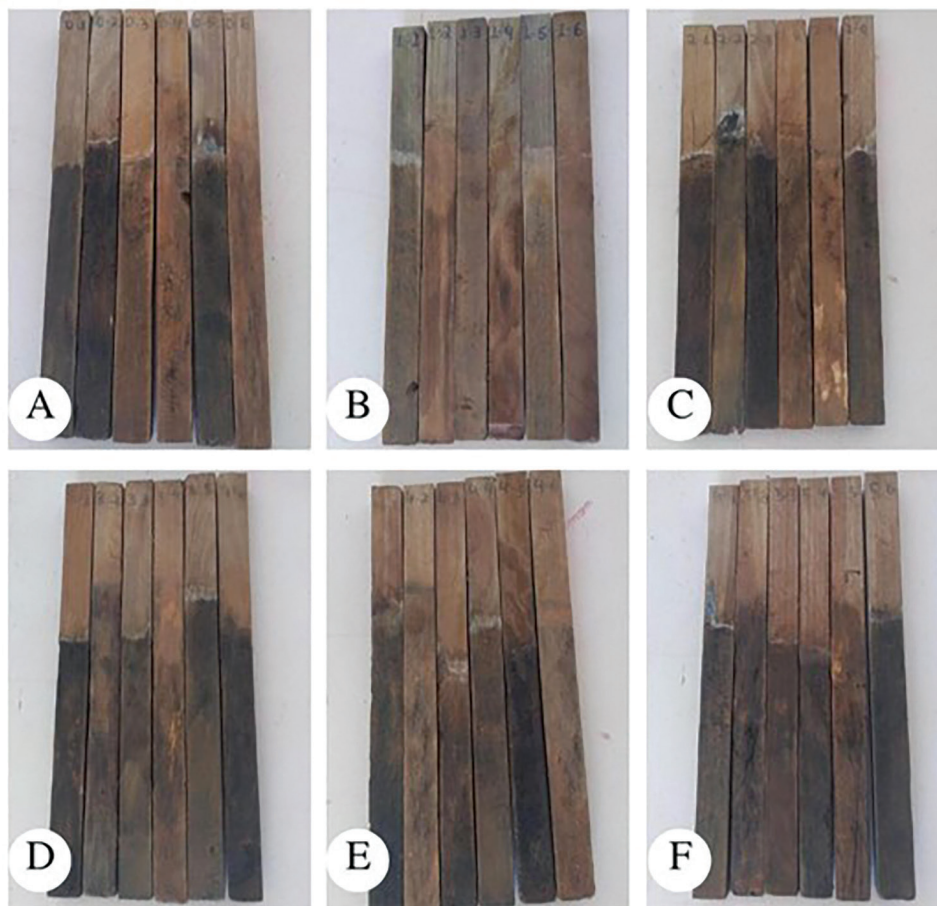


Figura 2: Desgaste visual dos corpos de prova após preservação e permanência em simulador de campo. (A) Tratamento Testemunha, (B) T1 – CCB; (C) T2 – Folhas maceradas fervidas; (D) T3 – Folhas maceradas emersas; (E) T4 – Folhas trituradas em moinho e fervidas; (F) T5 – Folhas trituradas em moinho e emersas.

Tabela 4: Valores de Massa específica aparente_{13%}, saturada, massa seca_{0%}, ganho de massa, inchamento volumétrico e retenção dos corpos de prova de cada tratamento da madeira.

| TRATAMENTO | MAP _{13%} | MAP _{SAT} | MAP _{0%} | GANHO DE MASSA (%) | ΔV (%) | RETENÇÃO (kg/m ³) |
|--------------|--------------------|--------------------|-------------------|--------------------|--------------------|-------------------------------|
| T0 | 0,81 ^a | – | 0,61 ^a | – | 2,84 ^{a*} | – |
| T1 | 0,81 ^a | 0,91 ^a | 0,66 ^a | 9,54 ^a | 1,60 ^a | 7,52 ^a |
| T2 | 0,86 ^a | 0,88 ^a | 0,64 ^a | 11,11 ^a | 3,67 ^a | 9,04 ^a |
| T3 | 0,80 ^a | 0,90 ^a | 0,60 ^a | 9,91 ^a | 2,70 ^a | 7,43 ^a |
| T4 | 0,80 ^a | 0,87 ^a | 0,61 ^a | 10,56 ^a | 5,37 ^a | 7,97 ^a |
| T5 | 0,72 ^a | 0,91 ^a | 0,56 ^a | 0,58 ^b | 6,21 ^a | 3,32 ^a |
| Média | 0,80 | 0,90 | 0,61 | 8,34 | 3,73 | 7,05 |

Onde: Map_{13%}: Massa específica aparente ao Tu de 13%; Map_{sat}: Massa específica após saturação; Map₀: Massa específica ao Tu de 0%; ΔV: Inchamento volumétrico; *o cálculo do ΔV da testemunha considerou o volume inicial dos corpos de prova a 13% e o volume seco anteriormente a instalação do simulador de campo. Médias seguidas por diferentes letras minúsculas na vertical diferenciam estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro.

nos componentes químicos da madeira quando em contato com o solo. Percentualmente a menor redução é evidenciada no T1 (18,5%) e a maior no T2, cerca de 25,6%.

No tratamento 5 foi denotado o menor percentual de ganho de massa após impregnação (0,58%), indicando que a metodologia de preparação dos extratos influenciou significativamente nos resultados (Tabela 4). O ganho de massa durante o processo de preservação pode ser atribuído há a permeabilidade,

composição química e dimensões da madeira [45]. Vale ressaltar a existência do mecanismo sinergismo altamente positivo entre o tempo de permanência do material na bomba e a maior substituição dos grupos químicos tipo hidroxílicos presentes na madeira, corroborando, consequentemente com o percentual de ganho de massa [46, 47].

A análise estatística mostra que não houve diferença significativa entre os valores de inchamento volumétrico dos diferentes tratamentos. Para o T5 é perceptível que o menor ganho de massa após a preservação contribuiu para uma variação no inchamento volumétrico. O inchamento volumétrico da madeira ocorre devido a interação das moléculas de água com os grupos -OH disponíveis. As moléculas presentes nos tratamentos quando impregnados na madeira realizam interações de hidrogênio com os grupos -OH deixando-os indisponíveis quimicamente para absorverem água e, consequentemente, reduzindo a expansão volumétrica [48, 49].

A avaliação da retenção expressa em kg/m^3 os ingredientes ativos contidos no preservativo que permaneceram na madeira após o processo de absorção e evaporação da água [50]. A retenção não diferiu entre os tratamentos (Tabela 4) e os valores estão de acordo com a quantidade de solução de CCB normatizada no Brasil para o tratamento de postes de eucalipto, de $6,5 \text{ kg/m}^3$ [19]. Os resultados podem ser melhorados com a utilização de madeira de baixa massa específica e com o controle da viscosidade e o tempo do produto impregnado [47].

4. DISCUSSÃO

Uma das grandes dificuldades para retratar o controle de qualidade do tratamento preservativo com extratos naturais se refere à inexistência de um produto corante, como o cromozurol-S que reage com CCA e CCB, destacando o caminho de distribuição dos produtos. Adiante, visando a efetiva fixação dos extratos de *Corymbia citriodora* na madeira tratada, os autores recomendam o estudo de corantes para o mapeamento do alcance do tratamento, e de aditivos que atuem na imobilização da solução entre os capilares da madeira e na parede celular.

Cabe reforçar que este é o primeiro resultado de uma grande pesquisa que objetiva testar a potencialidade dos ativos químicos presentes nas folhas de *Corymbia citriodora* na preservação de madeiras. A motivação é clara: necessidade de garantir através de bioprodutos o mesmo selo de qualidade de madeiras tratadas com substâncias sintéticas comerciais, porém alavancando os critérios de sustentabilidade frente a sua baixa toxicidade ao meio ambiente. Este estudo também abre portas para especialistas da área isolarem ativos químicos específicos presentes nos extratos de *C. citriodora*, a exemplo do citronelol, e tratá-los como novas possibilidades na síntese e desenvolvimento de soluções preservativas da madeira.

Sabe-se que muito ainda precisa ser investigado para ter um produto preservativo a base de folhas de *C. citriodora* disponível no mercado. Por isso, novas premissas devem ser testadas, tais como metodologias de extração em solventes orgânicos e em diferentes concentrações; aditivos para aprimorar a retenção do produto; aumento do tempo de aplicação dos tratamentos e ensaios de laboratório com agentes biodeterioradores de madeiras.

5. CONCLUSÕES

Os preservativos naturais obtidos das folhas de *Corymbia citriodora* mostraram resultados inferiores ao químico industrial CCB no tratamento de madeiras do gênero *Eucalyptus*.

Os extrativos aquosos apresentam potencialidade visto a sua propriedade antimicrobiana a deterioradores da madeira.

O aquecimento das folhas em água foi a metodologia mais promissora e indicada para as condições reais de preservação no campo.

As características do solo no simulador de campo não exerceram influência significativa na perda de massa da madeira.

6. BIBLIOGRAFIA

- [1] VIVIAN, M.A., GROSSKOPF, É.J., NUNES, G.C., *et al.*, “Qualidade e eficiência de produtos naturais no tratamento preservativo das madeiras de *Araucaria angustifolia*, *Eucalyptus viminalis* e *Pinus taeda*”, *Revista de Ciências Agroveterinárias*, v. 19, n. 1, pp. 35–47, 2020. <http://dx.doi.org/10.5965/223811711912020035>
- [2] MORESCHI, J.C., *Biodegradação e Preservação da Madeira*. Curitiba: Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal da UFPR, 2013.

- [3] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). *ISO 9235:2013: Aromatic natural raw – Vocabulary*. Londres: ISO, 2013.
- [4] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). *NP EN ISO 9235:2016: Matérias-primas aromáticas naturais – Vocabulário*. Londres: ISO, 2016.
- [5] FATIMA, R., MORRELL, J.J., “Ability of plant-derived oils to inhibit dampwood termite (*Zootermopsis augustincolis*) activity”, *Maderas-Ciencia Tecnológica*, v. 17, n. 3, pp. 685–690, 2015.
- [6] FIDAH, A., SALHI, N., RAHOUTI, M., *et al.*, “Natural durability of *Cedrus atlantica* wood related to the bioactivity of its essential oil against wood decaying fungi”, *Maderas-Cienc Tecnol.*, v. 18, n. 4, pp. 567–576, 2016.
- [7] SALEM, M.Z.M., ZIDAN, Y.E., MANSOUR, M.M.A., *et al.*, “Antifungal activities of two essential oils used in the treatment of three commercial woods deteriorated by five common mold fungi”, *International Biodeterioration & Biodegradation*, v. 106, pp. 88–96, 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ibiod.2015.10.010>
- [8] SALEM, N., KEFI, S., TABBEN, O., *et al.*, “Variation in chemical composition of *Eucalyptus globulus* essential oil under phenological stages and evidence synergism with antimicrobial standards”, *Industrial crops and products*, v. 124, pp. 115–125, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.07.051>
- [9] BAHMANI, M., SCHIMIDT, O., “Plant essential oils for environment-friendly protection of wood objects against fungi”, *Maderas. Ciencia y tecnología*, v. 20, n. 3, pp. 325–332, 2018. <https://doi.org/10.4067/S0718-221X2018005003301>
- [10] HÜLLER, A.S., SANTINI, E.J., TALGATTI, M., *et al.*, “Capacidade antifúngica do extrato vegetal de *ruta graveolens* sobre o desenvolvimento dos fungos apodrecedores *gloeophyllum trabeum* e *pycnoporus sanguineus*”, *Revista Brasileira de Iniciação Científica*, v. 6, n. 6, pp. 31–43, 2019.
- [11] PÁNEK, M., REINPRECHT, L., HULLA, M., “Ten essential oils for beech wood protection. Efficacy against wood-destroying fungi and moulds, and effect on wood discoloration”, *BioResources*, v. 9, n. 3, pp. 5588–5603, 2014.
- [12] BEHIRY, S.I., NASSER, R.A., EL-KAREEM, M.S.M., *et al.*, “Mass Spectroscopic Analysis, MNDO Quantum Chemical Studies and Antifungal Activity of Essential and Recovered Oil Constituents of Lemon-Scented Gum against Three Common Molds”. *Processes*, v. 8, n. 3, pp. 275–299, 2020. <http://dx.doi.org/10.3390/pr8030275>
- [13] REIS, C.A.F., ASSIS, T.F., SANTOS, A.M., *et al.*, “*E. Corymbia citriodora*: estado da arte de pesquisas no Brasil. *Embrapa Florestas-Documents (INFOTECA-E)*”, Colombo: Embrapa Florestas, 2013. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/974349/corymbia-citriodora-estado-da-arte-de-pesquisas-no-brasil>
- [14] BIAGIOTTI, G., VALERI, S.V., DA CRUZ, M.C.P., *et al.*, “Fertilização potássica na implantação de *Corymbia citriodora* (Hook.) KD Hill & LAS Jonhson”, *Scientia Forestalis*, v. 45, n. 113, pp. 129–137, 2017. <http://dx.doi.org/10.18671/scifor.v45n113.12>
- [15] TOMAZ, M.A., COSTA, A.V., RODRIGUES, W.N., *et al.*, “Chemical composition and allelopathic activity of the *Eucalyptus* essential oil”, *Biosci*, v. 30, n. 5, pp. 475–483, 2014.
- [16] SINGH, H.P., KAURA, S., NEGIA, K., *et al.*, “Assessment of in vitro antioxidant activity of essential oil of *Eucalyptus citriodora* (lemon-scented Eucalypt; Myrtaceae) and its major constituents”, *Food Science and Technology*, v. 48, n. 2, pp. 237–241, 2012. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2012.03.019>
- [17] FILOMENO, C.A., BARBOSA, L.C.A., TEIXEIRA, R.R., *et al.*, “*Corymbia* spp. and *Eucalyptus* spp. essential oils have insecticidal activity against *Plutella xylostella*”, *Industrial Crops And Products*, v. 109, pp. 374–383, 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.08.033>
- [18] BALDIN, T., BARAÚNA, E.E.P., COUTINHO, M.N., *et al.*, “Tratamentos não industriais em madeiras de *Eucalyptus urophylla* S.T. BLAKE”, *Agroecossistemas*, v.12, n. 2, pp. 194–204, 2020.
- [19] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). *Moirões de madeira preservada para cercas. NBR-9480*. Rio de Janeiro: ABNT, 1986.
- [20] LIMA, J.T., MENDES, L.M., “Estimativa da umidade de equilíbrio para madeiras em trinta e duas cidades do estado de Minas Gerais”, *Revista Árvore*, v. 19, n. 2, pp. 272–276, 1995.
- [21] AMERICAN WOOD PROTECTION ASSOCIATION (AWPA). *Standard method of testing wood preservatives by laboratory soil-block cultures*. Birmingham: AWPA, 2014.
- [22] PAES, J.B., VITAL, B.R., “Resistência natural da madeira de cinco espécies de eucalipto a cupins subterâneos em testes de laboratório”, *Revista Árvore*, v. 24, n. 1, pp. 97–104, 2000.

- [23] PAES, J.B., MORAIS, V.M., LIMA, C.R., *et al.*, “Resistência natural de nove madeiras do semiárido brasileiro a fungos xilófagos em simulares de campo”, *Revista Árvore*, v. 33, n. 3, pp. 511–520, 2009. <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-67622009000300013>
- [24] MEDEIROS NETO, P.N., PAES, J.B., OLIVEIRA, J.T.S., *et al.*, “Durability of Eucalypts wood in soil bed and field decay tests”, *Maderas. Ciencia y Tecnología*, v. 22, n. 4, pp. 447–456, 2020. <http://dx.doi.org/10.4067/s0718-221x202000500040>
- [25] EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2006.
- [26] CASTRO, V.G., GUIMARÃES, P.P., *Deterioração e preservação da madeira*. 1 ed. Mossoró: EdUFERSA, 2018.
- [27] AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM). *ASTM D-2017: Standard method of accelerated laboratory test of natural decay resistance of wood*. West Conshohocken: ASTM, 2005.
- [28] AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM). *ASTM D-3345: Standard test method for laboratory evaluation of wood and other cellulosic materials for resistance to termites*. West Conshohocken: ASTM, 1994.
- [29] STEEL, R.G.D., TORRIE, J.H., *Principles and procedures of statistics; a biometrical approach*. 2 ed. New York: McGraw Hill, 1980.
- [30] TELEGINSKI, E., GILMARA M.O., CHRISTOFORO, A.L.L., *et al.*, “Emprego de técnica de colorimetria e ferramentas de sensoriamento remoto para avaliar o tratamento por CCB de mourões de madeira”, *Scientia Forestalis*, v. 44, n. 111, pp. 587–593, 2016.
- [31] ZHANG, Z., YANG, T., MI, N., *et al.*, “Antifungal activity of monoterpenes against wood white-rot fungi”, *International Biodeterioration & Biodegradation*, v. 106, pp. 157–160, 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ibiod.2015.10.018>
- [32] CHANG, S.T., CHENG, S.S., “Antitermitic activity of leaf essential oils and components from cinnamomum osmophleum”, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 50, n. 6, pp. 1389–1392, 2002. <http://dx.doi.org/10.1021/jf010944n>
- [33] XIE, Y., WANG, K., HUANG, Q., *et al.*, “Evaluation toxicity of monoterpenes to subterranean termite, *Reticulitermes chinensis* Snyder”, *Industrial Crops And Products*, v. 53, p. 163–166, 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.12.021>
- [34] XIE, Y., WANG, Z., HUANG, Q., *et al.*, “Antifungal activity of several essential oils and major components against wood-rot fungi”, *Industrial Crops And Products*, v. 108, pp. 278–285, 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.06.041>
- [35] ELMHALLI, F.H., PÅLSSON, K., ÖRBERG, J., *et al.*, “Acaricidal effects of *Corymbia citriodora* oil containing para-menthane-3,8-diol against nymphs of *Ixodes ricinus* (Acari: ixodidae)”, *Experimental and Applied Acarology*, v. 48, n. 3, pp. 251–262, 2009. <http://dx.doi.org/10.1007/s10493-009-9236-4>
- [36] CLEMENTE, M.A., MONTEIRO, C.M.O., SCORALIK, M.G., *et al.*, “Acaricidal activity of the essential oils from *Eucalyptus citriodora* and *Cymbopogon nardus* on larvae of *Amblyomma cajennense* (Acari: ixodidae) and *Anocentor nitens* (Acari: Ixodida)”, *Parasitology Research*, v. 107, n. 4, pp. 987–992, 2010. <http://dx.doi.org/10.1007/s00436-010-1965-0>
- [37] TALGATTI, M., SILVEIRA, A.G., BALDIN, T., *et al.*, “Biocontrole dos extratos de *Hovenia dulcis* e *Ateleia glazioviana* frente a organismos xilófagos”, *Scientia Forestalis*, v. 48, n. 125, pp. e3241, 2020. <http://dx.doi.org/10.18671/scifor.v48n125.17>
- [38] SILVEIRA, A.G., SANTINI, E.J., KULCZYNSKI, S.M., *et al.*, “Atividade antifúngica do extrato natural da acácia-negra à *Pycnoporus sanguineus*”, *Scientia Forestalis*, v. 45, n. 114, p. 383–391, 2017. <http://dx.doi.org/10.18671/scifor.v45n114.14>
- [39] BIANCHINI, N., BIANCHINI, N.H., SILVA, D.T., *et al.*, “Óleo essencial de *Blepharocalyx salicifolius* (Kunth) O. Berg.: Composição química e atividade antifúngica”, In: *9º Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão*, Sant’Ana do Livramento, 2020. Disponível em: <https://periodicos.unipampa.edu.br/index.php/SIEPE/article/view/98687>
- [40] BASEGGIO, E.R., REIK, G.G., PIOVESAN, B., *et al.*, “Atividade antifúngica de extratos vegetais no controle de patógenos e tratamento de sementes de trigo”, *Revista Científica Rural*, v. 21, n. 1, pp. 22–33, 2019.
- [41] GASPAR, Y.D.S., *Estudos de propriedades funcionais de extratos de *Hypoxis hemerocallidea**. Dissertação (Mestrado em tecnologia e segurança alimentar), Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2019. 95 p.

- [42] LI, S., FREITAG, C., MORRELL, J.J., “Preventing fungal attack of freshly sawn lumber using cinnamon extracts”, *Forest Products Journal*, v. 58, n. 7, pp. 77–81, 2008.
- [43] AURICCHIO, M.T., BACCHI, E.M., “Folhas de *Eugenia uniflora* L. (pitanga): propriedades farmacobotânicas, químicas e farmacológicas”, *Revista Instituto Adolfo Lutz*, v. 62, n. 1, pp. 55–61, 2003.
- [44] PAES, J.B., SOUZA, A.D., LIMA, C.R., *et al.*, “Eficiência dos óleos de nim (*Azadirachta indica* A. Juss.) e mamona (*Ricinus communis* L.) na resistência da madeira de sumaúma (*Ceiba pentandra* (L.) Gaerth.) a fungos xilófagos em simuladores de campo”, *Ciência Florestal*, v. 22, n. 3, pp. 617–624, 2012. <http://dx.doi.org/10.5902/198050986627>
- [45] ROWELL, R.M., “Acetylation of wood – A review”. *International Journal of Lignocellulosic Products*, v. 1, n. 1, p. 1–27, 2014. <http://dx.doi.org/10.22069/ijlp.2014.192>
- [46] GRÖNDAHL, M., TELEMANN, A., GATENHOLM, P., “Effect of acetylation on the material properties of glucuronoxylan from aspen wood”, *Carbohydrate Polymers*, v. 52, n. 4, pp. 359–366, 2003. [https://doi.org/10.1016/S0144-8617\(03\)00014-6](https://doi.org/10.1016/S0144-8617(03)00014-6)
- [47] FIGUEIREDO, G.G., STANGERLIN, D.M., FERREIRA, M.D., *et al.*, “Qualidade da madeira acetilada de *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus grandis*”, *Advances in Forest Science*, v. 7, n. 1, pp. 905–910, 2020. <http://dx.doi.org/10.34062/afs.v7i1.8559>
- [48] LESAR, B., PAVLIC, M., PETRIC, M., *et al.*, “Wax treatment of wood slows photodegradation”, *Polymer degradation and stability*, v. 96, pp. 1271–1278, 2011.
- [49] CASTRO, V., IWAKIRI, S., “Influência de diferentes níveis de acetilação nas propriedades físico-mecânicas de aglomerados e painéis madeiramento”, *Cerne*, v. 20, n. 4, pp. 535–540, 2014. <https://doi.org/10.1590/01047760201420041673>
- [50] VALLE, M.L.A., SILVA, J.C., DELLA LUCIA, R.M., *et al.*, “Retenção e penetração de cca em madeira de primeira e segunda rotação de *Eucalyptus urophylla* s.t. blake”, *Ciência Florestal*, v. 23, n. 2, pp. 481–490, 2013.