

ÓLEO ESSENCIAL DE *Melaleuca quinquenervia* COMO AGENTE ANTIMICROBIANO

Valeria D. L. A. A. Palma^{1 2}; Alessandro P. de Souza^{1 2}; Marisa C. Rodrigues^{1 2}; Glisbel D. L. N. A. Lopez²; Paulo H. S. Freitas^{1 2}; Stherfany M. D. da Silva^{1 2}; Ana C. G. R. de Melo²; Carlos H. G. Martins⁵; Lucas A. de Sousa⁵; Gabriel G. Calefi⁵; Gisele G. de Oliveira³; Antonio A. M. Filho⁴.

¹ Departamento de Química da Universidade Federal de Roraima - UFRR

² Laboratório de Química Ambiental do NPPGCT, Diretoria de Pesquisa da Universidade Federal de Roraima

³ Universidade Federal de Rondônia - UNIR / FIOCRUZ-RO

⁴ Departamento de Química, Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Biotecnologia Rede BioNorte da UFRR

⁵ Universidade Federal de Uberlândia

*e-mail: valeriaapp1508@gmail.com.

Palavras-Chave: Produtos Naturais, Farmacologia, Resistência Bacteriana.

Introdução

O gênero *Melaleuca* (Myrtaceae) compreende cerca de 230 espécies amplamente distribuídas em regiões tropicais e subtropicais, e são conhecidas por produzirem óleos essenciais ricos em metabólitos secundários com reconhecidas propriedades biológicas, incluindo atividades antivirais, anti-inflamatórias, inseticidas e antimicrobianas (Monteiro, 2014; Oliveira *et al.*, 2020). A espécie *Melaleuca quinquenervia* destaca-se pela elevada concentração de monoterpenos oxigenados, como 1,8-cineol, terpinen-4-ol e α -terpineol, associados a efeitos farmacológicos relevantes (Silva *et al.*, 2016; Pires, 2019).

Pesquisas demonstram que os óleos essenciais (OEs) apresentam potencial terapêutico contra bactérias Gram-positivas e Gram-negativas de importância clínica, além de ação sobre protozoários, fungos e insetos vetores. A aplicação dos OEs é limitada pela volatilidade e instabilidade química, que podem levar à perda de atividade biológica. Nesse contexto, estratégias nanotecnológicas, como a formulação de nanoemulsões (NEs), têm sido propostas para aumentar a estabilidade, reduzir a degradação e ampliar a eficiência de liberação dos constituintes bioativos (Assunção, 2016; Solans *et al.*, 2005).

Diante da relevância da espécie e da necessidade de desenvolvimento de novas alternativas sustentáveis de origem natural, este trabalho teve como objetivo avaliar a atividade antimicrobiana do óleo essencial das folhas de *M. quinquenervia* frente a bactérias Gram-positivas e Gram-negativas, além de discutir seu potencial para formulações nanoestruturadas visando aplicações biotecnológicas e farmacêuticas.

Material e Métodos

A pesquisa foi desenvolvida no Laboratório de Química Ambiental da Universidade Federal de Roraima e contou com o apoio do Grupo de Pesquisa Oleoquímicos que já realizou diversas outras publicações na área (Oliveira *et al.*, 2025; Moura *et al.*, 2025; Nunes *et al.*, 2025; Guimarães *et al.*, 2024; Moniz *et al.*, 2023).

As folhas de *M. quinquenervia* foram coletadas no Campus Paricarana da Universidade Federal de Roraima (UFRR), em Boa Vista – RR (Figura 1), durante o período chuvoso na região. O material vegetal foi selecionado manualmente, e as folhas danificadas ou com sinais de contaminação foram descartadas. Em seguida, procedeu-se à lavagem em água corrente e ao enxágue em água destilada. Posteriormente, as folhas foram trituradas em fragmentos menores e utilizadas imediatamente no processo de extração.

Figura 1. Planta *M. quinquenervia*.



Fonte: Autora.

O óleo essencial foi extraído por hidrodestilação em aparelho de Clevenger adaptado, foi utilizado um balão de fundo redondo com capacidade de 12 L acoplado a condensador duplo, ao qual foram adicionados 700 g de folhas frescas e 7 L de água destilada. A destilação foi conduzida por 2 h, ininterruptas, sob aquecimento contínuo em manta elétrica, até a coleta completa do óleo. Após a extração, a mistura óleo/água foi transferida para funil de separação, onde o óleo, por apresentar menor densidade, foi separado da água-mãe.

Nos casos em que o óleo ainda apresentava presença de água (Figura 2), este foi submetido a um processo de congelamento. Para tal, os frascos contendo a mistura foram mantidos em freezer a aproximadamente -18 °C, o que permitiu a solidificação da água em um intervalo de 45 a 60 min, enquanto o óleo permaneceu em estado líquido. Em seguida, a fase oleosa foi cuidadosamente separada e transferida para frascos de vidro de pequeno volume, com tampa rosqueada.

Figura 2. Amostra de OE da espécie *M. quinquenervia*



Fonte: a autora

O armazenamento ocorreu em congelador, com os frascos envolvidos em papel alumínio, a fim de minimizar a exposição à luz e consequentemente a oxidação do óleo. O rendimento da extração foi determinado de acordo com a equação 1.

$$R = \frac{\text{massa do óleo obtido (g)}}{\text{massa da amostra (g)}} \times 100 \quad \text{Eq.1}$$

A atividade antimicrobiana foi avaliada frente a cepas Gram-positivas (*Streptococcus pneumoniae* ATCC 6305 e *Staphylococcus aureus* ATCC 25923) e Gram-negativas

(*Escherichia coli* ATCC 25922 e *Proteus mirabilis* ATCC 7002). Os inóculos foram preparados em caldo Mueller-Hinton (MH) e ajustados à turbidez equivalente ao padrão 0,5 McFarland ($\sim 1 \times 10^8$ UFC·mL $^{-1}$).

Os ensaios de Concentração Inibitória Mínima (CIM) e Concentração Bactericida Mínima (CBM) foram realizados pelo método de microdiluição em caldo, em placas de 96 poços estéreis (Lima *et al.*, 2008). O óleo foi solubilizado em Tween 80 (0,5% v/v), submetido a diluições seriadas de 6,25 - 400 $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ e incubado com 100 μL de suspensão bacteriana em cada poço. As placas foram incubadas a 35 ± 2 °C por 24 h.

A CIM foi definida como a menor concentração sem turbidez visível. Para determinação da CBM, 10 μL de cada poço inibido foi semeado em ágar MH e incubado por 24 h a 35 ± 2 °C. A menor concentração que apresentou ausência de crescimento foi considerada bactericida.

Os ensaios foram realizados em triplicata e os resultados foram expressos como média \pm desvio-padrão. A análise estatística foi realizada por ANOVA seguida de teste de Tukey, com nível de significância de $p < 0,05$ (GraphPad Prism 9.0).

Resultados e Discussão

O óleo essencial obtido das folhas de *M. quinquenervia* apresentou rendimento médio de aproximadamente 0,63% em relação à massa fresca de folhas, valor compatível com os reportados na literatura para a espécie, que variam entre 0,5 e 1,5% dependendo das condições de cultivo, época de coleta e metodologia de extração (Silva *et al.*, 2016; Ireland *et al.*, 2002). O óleo apresentou aspecto límpido, sem coloração e odor característico, características descritas em estudos prévios com a espécie (Ireland *et al.*, 2002; Silva *et al.*, 2016).

Nos ensaios antimicrobianos, o óleo essencial demonstrou atividade seletiva frente a bactérias Gram-positivas. Observou-se inibição significativa contra *Streptococcus pneumoniae*, com valores de CIM = 50 $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ e CBM = 100 $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$. Por outro lado, não foi verificada atividade inibitória relevante contra *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* e *Proteus mirabilis* nas concentrações avaliadas ($>400 \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$).

Esses resultados corroboram com dados da literatura, que indicam maior sensibilidade de bactérias Gram-positivas a óleos essenciais ricos em monoterpenos oxigenados (Pires, 2019). A parede celular das Gram-positivas é composta predominantemente por uma espessa camada de peptídeoglicano, sem a presença da membrana externa lipopolissacarídica típica das Gram-negativas. Essa estrutura menos complexa permite maior difusão de compostos lipofílicos, como o 1,8-cineol e o terpinen-4-ol, o que facilita a interação com a membrana plasmática e promove alterações de permeabilidade que levam à morte celular (Oliveira *et al.*, 2020).

A ausência de efeito frente a algumas cepas Gram-positivas, como *S. aureus*, sugere que fatores adicionais, como mecanismos específicos de resistência bacteriana, composição da membrana e possíveis diferenças no metabolismo celular, podem influenciar a ação do óleo essencial (Monteiro, 2014). Da mesma forma, a ineficácia contra as Gram-negativas avaliadas reflete a barreira protetora conferida pela membrana externa rica em lipopolissacarídeos, que dificulta a entrada de moléculas hidrofóbicas (Nikaido, 2003; Oliveira *et al.*, 2020).

O perfil de atividade obtido neste estudo evidencia a seletividade antimicrobiana do óleo essencial de *M. quinquenervia*, com destaque para seu potencial frente ao *S. pneumoniae*, patógeno de importância clínica associado a infecções respiratórias. Os achados reforçam a viabilidade da espécie como fonte de compostos bioativos naturais e justificam a continuidade de estudos para caracterização química detalhada do óleo e avaliação de sua aplicabilidade em formulações antimicrobianas.

Conclusões

O óleo essencial das folhas de *M. quinquenervia* apresentou atividade antimicrobiana seletiva, com destaque para sua eficácia frente a *S. pneumoniae*, onde foram observados valores expressivos de CIM e CBM. Por outro lado, não foram detectados efeitos inibitórios significativos frente a *S. aureus*, *E. coli* e *P. mirabilis* nas concentrações testadas.

Esses resultados reforçam o potencial de *M. quinquenervia* como fonte de compostos naturais bioativos, sobretudo contra bactérias Gram-positivas e confirmam a relevância farmacológica de seus constituintes majoritários, como o 1,8-cineol e o terpinen-4-ol. O trabalho contribui para a valorização da biodiversidade amazônica e abre perspectivas para futuros estudos de caracterização química e investigações adicionais sobre o espectro antimicrobiano do óleo essencial da espécie *M. quinquenervia*.

Agradecimentos

Ao grupo de pesquisa Oleoquímicos da UFRR pelo apoio científico, ao CNPq pela bolsa de iniciação científica e a FINEP pela infraestrutura (NPPGCT-UFRR).

Referências

- GUIMARÃES, P. V. P.; CHAGAS, E. A.; DURIGAN, M. F. B.; et al. Formulação e caracterização agroindustrial de farinha de mandioca d'água enriquecida com protótipos de farinha de camu-camu. *Cuadernos de Educación y Desarrollo*, v. 16, n. 1, p. 488-511, 2024.
- IRELAND, B. F.; HIBBERT, D. B.; GOLDSACK, R. J.; DORAN, J. C.; BROPHY, J. J. Chemical variation in the leaf essential oil of *Melaleuca quinquenervia* (Cav.) S.T. Blake. *Biochemical Systematics and Ecology*, v. 30, n. 5, p. 457–470, 2002.
- LIMA, T. M.; OLIVEIRA, A. C.; SANTOS, R. A. Padronização de testes microbiológicos em microplacas. *Brazilian Journal of Microbiology*, v. 39, p. 78–84, 2008.
- MEDEIROS, S. R. N. A.; BEZERRA, I. C.; SILVA, A. J.; et al. Atividade antioxidante *in vitro* e *in silico* e caracterização molecular do óleo essencial de *Bauhinia ungulata* L. *Chemistry & Biodiversity*, v. 21, n. 2, p. e202301536, 2024.
- MONTEIRO, J. M. Óleos essenciais de espécies de *Melaleuca* (Myrtaceae): aspectos químicos e aplicabilidades. *Revista Brasileira de Botânica*, v. 37, p. 25–36, 2014.
- MONIZ, A. M. H.; XAVIER JÚNIOR, F. H.; PAIVA, W. S.; et al. Quimiotipos de *Lippia organoides* Kunth na Amazônia e sua importância farmacológica: uma revisão. *Cuadernos de Educación y Desarrollo*, v. 15, n. 12, p. 15619-15671, 2023.
- MOURA, M. C. O.; ASSUNÇÃO, E. M. S.; BARBOSA, S. S.; et al. Óleo essencial das folhas do cajueiro-anão (*Anacardium occidentale* L.) da Amazônia: propriedades físico-químicas e antioxidantes como conservante de alimentos. *Alimentos*, v. 14, n. 11, p. 1954, 2025.
- OLIVEIRA, T. R.; TEIXEIRA, A. L.; BARBOSA, J. P.; et al. *Melaleuca spp.* essential oil and its medical applicability: a brief review. *Brazilian Journal of Natural Sciences*, v. 3, n. 1, p. 249, 2020.
- OLIVEIRA, G. G. de; SILVA, S. M. da; SOUZA, A. P.; et al. Potencial larvicida de *Trattinnickia burserifolia* Mart. óleo essencial no controle do vetor da malária na Amazônia. *Farmacéutica*, v. 18, n. 5, p. 604, 2025.
- PIRES, V. C. Avaliação do potencial larvicida do óleo essencial de *Melaleuca alternifolia* e sua formulação em nanocápsulas poliméricas. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia em Saúde e Medicina Investigativa) – Fundação Oswaldo Cruz, Salvador, 2019.
- SILVA, F. S.; et al. Composição química e bioatividade do óleo essencial das folhas frescas e secas de *M. quinquenervia*. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, v. 26, p. 563–570, 2016.