doi: 10.5123/S2176-6223202501677

# Óleo essencial de *Cymbopogon martinii* (Poaceae): avaliação do rendimento, composição química e atividade anti-*Staphylococcus aureus*

## Essential oil of *Cymbopogon martinii* (Poaceae): yield, chemical composition, and antimicrobial activity against *Staphylococcus aureus*

Fagner Luiz da Costa Freitas[1,2], Wagner Luiz da Costa Freitas[2,3], Paulo Henrique Figueiredo[1], Adriano Fávero[1,2], Ana Clara Avelino[1], João Vinicio Neukamp[1], Edi Kava Kailer[3], Priscila Weber Franciscon[2], Victor Mateus Prasniewski[1,2]

[1] *Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de Medicina Veterinária, Realeza, Paraná, Brasil*
[2] *Grupo de Pesquisa em Saúde Única, Realeza, Paraná, Brasil*
[3] *Universidade Federal da Fronteira Sul, Programa de Pós-Graduação em Saúde, Bem-Estar e Produção Animal Sustentável, Realeza, Paraná, Brasil*

## RESUMO

As gramíneas aromáticas do gênero *Cymbopogon*, especialmente *Cymbopogon martinii* (palmarosa), são fontes ricas de óleos essenciais compostos por geraniol e acetato de geranila, conhecidos por suas propriedades antimicrobianas. OBJETIVOS: Avaliar o rendimento e a composição do óleo essencial de palmarosa (OEP) em duas estações do ano (outono e primavera), além de investigar sua atividade antimicrobiana contra cepas de *Staphylococcus aureus*. MATERIAIS E MÉTODOS: O estudo foi realizado na Universidade Federal da Fronteira Sul, no município de Realeza, estado do Paraná, Brasil, no período de março a dezembro de 2022. O OEP foi extraído por destilação a vapor, e a composição química foi analisada por cromatografia em fase gasosa acoplada à espectrometria de massas. A atividade antimicrobiana foi avaliada por métodos de disco-difusão, concentração inibitória mínima (CIM) e concentração bactericida mínima (CBM). RESULTADOS: O OEP apresentou densidade de 0,88 g/mL e maior rendimento na primavera (4,73 mL/kg) em comparação com o outono (1,44 mL/kg). A análise química identificou oito componentes principais em ambas as estações, incluindo geraniol, acetato de geranila, linalol, cis-β-ocimeno, β-cariofileno e trans-β-ocimeno. Em relação à atividade antimicrobiana, o OEP demonstrou efeito inibitório significativo contra todas as cepas testadas de *S. aureus* e elevada atividade bactericida frente duas cepas. CONCLUSÃO: A primavera é a estação mais favorável para a obtenção do OEP em Realeza, devido ao maior rendimento e à presença de compostos ativos como geraniol e acetato de geranila. O OEP mostrou-se eficaz contra *S. aureus*, com potencial para ser utilizado como agente antimicrobiano natural.

**Palavras-chave:** *Cymbopogon*; Óleos Essenciais; Produtos com Ação Antimicrobiana; *Staphylococcus aureus*; Fitoterapia.

## ABSTRACT

Aromatic grasses of the genus *Cymbopogon*, particularly *Cymbopogon martinii* (palmarosa), are rich sources of essential oils containing geraniol and geranyl acetate, compounds known for their antimicrobial properties. OBJECTIVES: To evaluate the yield and chemical composition of palmarosa essential oil (PEO) in two seasons (autumn and spring) and to investigate its antimicrobial activity against *Staphylococcus aureus* strains. MATERIALS AND METHODS: The study was conducted at the Federal University of Fronteira Sul, in Realeza, Paraná State, Brazil, from March to December 2022. PEO was extracted by steam distillation, and its chemical composition was analyzed by gas chromatography–mass spectrometry. Antimicrobial activity was assessed using disk diffusion, minimum inhibitory concentration (MIC), and minimum bactericidal concentration (MBC) assays. RESULTS: PEO exhibited a density of 0.88 g/mL and a higher yield in spring (4.73 mL/kg) compared with autumn (1.44 mL/kg). Chemical analysis identified eight major components in both seasons, including geraniol, geranyl acetate, linalool, cis-β-ocimene, β-caryophyllene, and trans-β-ocimene. Regarding antimicrobial activity, PEO exhibited significant inhibitory effects against all tested *S. aureus* strains and demonstrated strong bactericidal activity against two specific strains. CONCLUSION: Spring was the most favorable season for PEO production in Realeza, due to higher yield and the presence of active compounds such as geraniol and geranyl acetate. PEO proved effective against *S. aureus*, highlighting its potential as a natural antimicrobial agent.

**Keywords:** *Cymbopogon*; Essential Oils; Products with Antimicrobial Action; *Staphylococcus aureus*; Phytotherapy.

**Correspondência / Correspondence:**
Fagner Luiz da Costa Freitas
Universidade Federal da Fronteira Sul
Av. Edmundo Gaievski, 1000, Rodovia BR-182, Km 466, Zona Rural. CEP: 85770-000. Caixa Postal: 253 – Realeza, Paraná, Brasil
Tel.: +55 (46) 3543-8300
E-mail: fagner.freitas@uffs.edu.br

## INTRODUÇÃO

As gramíneas aromáticas do gênero *Cymbopogon* (Poaceae) representam um grupo de plantas que produzem diversas composições de óleos essenciais ricos em monoterpenos, os quais têm grande valor nas indústrias de aromas, fragrâncias, cosméticos e aromaterapia[1]. Dentre suas espécies, destaca-se a *Cymbopogon martinii* (palmarosa), cultivada em várias regiões do mundo com a finalidade de extração de seus óleos essenciais, que contêm, principalmente, dois monoterpenoides acíclicos: o geraniol e o acetato de geranila[2], sendo este último um precursor do geraniol[3].

O geraniol possui amplo espectro de atividades antimicrobiana[4,5], anti-inflamatória[6], antiparasitária[7], antiacne[8], broncodilatadora, vasodilatadora, espasmolítica[9], hipoglicêmica[10], repelente[11] e neuroprotetora[12]. Entretanto, quanto ao efeito antimicrobiano do óleo essencial de palmarosa (OEP), a literatura científica apresenta uma quantidade reduzida de pesquisas relacionadas à sua ação, especialmente contra o microrganismo *Staphylococcus aureus*, uma bactéria Gram-positiva clinicamente importante, que causa infecções que variam de infecções cutâneas menores a infecções graves de tecidos e sepse, além de possuir alto nível de resistência a antibióticos[13].

A produção do OEP pode variar conforme fatores relacionados à planta e ao local de cultivo, sendo relevante a realização de pesquisas em diferentes regiões para elucidar o melhor manejo a ser adotado pelo produtor rural, principalmente quando o objetivo do cultivo é a extração de óleos essenciais e o ponto de maior viabilidade econômica do corte[14].

Considerando a necessidade de pesquisa de novas estratégias terapêuticas que visem combater microrganismos patogênicos, o objetivo deste estudo foi avaliar o rendimento e a composição da cromatografia do OEP extraído em duas estações do ano (outono e primavera) e testar a sua atividade antimicrobiana frente a diferentes cepas de *S. aureus*.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### CULTIVO E COLHEITA DE PLANTAS MEDICINAIS

Este estudo foi realizado entre março e dezembro de 2022 na Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), *campus* Realeza, no estado do Paraná, Brasil.

As mudas de palmarosa (*C. martinii*) foram cultivadas em cinco linhas de 50 m de comprimento, com espaçamento de 1,5 m entre as plantas e de 1,5 m entre as linhas. O solo foi adubado semestralmente com 10 Mg $ha^{-1}$ de matéria orgânica proveniente de cama de aviário, sendo realizada uma adubação complementar após a poda (30 kg $ha^{-1}$). A colheita foi conduzida por meio de poda manual a cada 90 dias, durante o período de inflorescência.

O estudo contemplou coletas realizadas no outono (março a junho) e na primavera (setembro a dezembro), permitindo a avaliação da variação sazonal na produção do óleo essencial.

### EXTRAÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL, DENSIDADE RELATIVA E ANÁLISE CROMATOGRÁFICA

A massa vegetal fresca de palmarosa foi submetida à técnica de destilação por arraste a vapor para obtenção do óleo essencial. A densidade relativa do OEP foi realizada em triplicata pela divisão da massa pelo volume (densidade = massa/volume) a 20 °C, conforme a metodologia ISO 279:1998[15]. O OEP foi analisado com cromatógrafo de fase gasosa Agilent MSD 5977, acoplado à espectrometria de massas.

### CULTURAS, MICRORGANISMOS E PADRONIZAÇÃO DO INÓCULO

As estirpes de *S. aureus* (NP0038, NP0023, LB25923 e B24) foram oriundas do Laboratório de Pesquisas NB2 da UFFS, *campus* Realeza, Paraná.

As culturas previamente estocadas em ultrafreezer (-85 °C) em caldo BHI (*Brain Heart Infusion Broth*) glicerinado (60%) foram reativadas e enriquecidas em BHI. Posteriormente, foram transferidas para caldo Mueller-Hinton e padronizadas para uma turbidez equivalente a 0,5 na escala de McFarland, correspondendo a 1,5 x $10^8$ UFC/mL.

### DETERMINAÇÃO DA SUSCETIBILIDADE AOS ANTIMICROBIANOS (TESTE DE DISCO-DIFUSÃO)

O teste de disco-difusão, também conhecido como antibiograma, foi realizado conforme a metodologia de Kirby-Bauer[16] e preconizada pelo Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI)[17]. Esse teste tem como princípio básico a difusão do composto em teste na superfície de um ágar a partir de um disco impregnado com o mesmo, fornecendo resultados qualitativos ao categorizar as cepas bacterianas em suscetíveis, intermediárias ou resistentes[18]. É um método físico, onde o meio de cultura sólido contendo o microrganismo a ser testado é desafiado pela substância biologicamente ativa, formando um halo de inibição de crescimento do microrganismo[19]. Os seus resultados também são utilizados para orientar a terapia antimicrobiana adequada na clínica médica e veterinária[20].

Para tal, o inóculo com o microrganismo a ser testado foi padronizado em 0,5 na escala McFarland (1,5 x $10^8$ UFC/mL) e semeado em toda a extensão da placa contendo ágar Mueller-Hinton. Discos brancos estéreis com diâmetro de 6 mm obtidos comercialmente da empresa LB (Laborclin), contendo 10 µL do OEP, assim como os discos de controle positivo e negativo, foram alocados no meio de cultura, respeitando a distância adequada. O controle positivo foi realizado com discos PEN10 (penicilina G 10 UI) e TET30 (tetraciclina 30 µg); o controle negativo foi realizado com discos brancos estéreis contendo 10 µL de água destilada estéril. Para maior credibilidade, os testes foram executados em triplicata. A incubação foi realizada a 36 °C durante 24 h. A leitura ocorreu por meio de um paquímetro digital (Vonder, Brasil) e comparada com valores padronizados em manuais[16,17] para indicação de cepas bacterianas sensíveis (halo de inibição > 8 mm), intermediárias (> 6 e ≤ 8 mm) ou resistentes (≤ 6 mm) ao OEP.

### CONCENTRAÇÃO INIBITÓRIA MÍNIMA (CIM) E CONCENTRAÇÃO BACTERICIDA MÍNIMA (CBM)

Para avaliar o efeito bacteriostático do OEP, verificou-se qual a concentração mínima do produto capaz de inibir o crescimento das quatro estirpes de *S. aureus*. A CIM é um parâmetro farmacodinâmico quase hegemônico, muitas vezes o único usado para projetar a antibioticoterapia[21], sendo padronizado conforme as diretrizes do CSLI, com modificações[22].

O teste foi realizado por meio de diluições seriadas, em que cada poço continha metade da concentração do OEP do poço anterior. Após as diluições e a pipetagem do inóculo ajustado a 0,5 na escala McFarland, a absorbância foi medida em espectrofotômetro na densidade óptica de 595 nm para a obtenção da absorbância inicial. Em seguida, as placas foram incubadas em estufa de crescimento microbiano durante 24 h a 36 °C, com posterior leitura em espectrofotômetro com densidade óptica de 595 nm.

A CIM foi representada pela diferença na absorbância dos compostos testados (OEP, TET30 e PEN10) na leitura final, em comparação com a leitura inicial no espectrofotômetro. Tal diferença indica o crescimento e, consequentemente, a viabilidade da cepa. Para a confirmação da CIM, foi utilizado a resazurina como indicador de crescimento. Quando a resazurina (azul) não é reduzida à resorufina (rosa), fica constatado o efeito inibitório. Quando o corante sofre modificação para cor rosa, indica uma reação de oxirredução, evidenciando a viabilidade celular. A mudança de coloração do azul para rosa indica o crescimento bacteriano[23,24]. Os procedimentos foram realizados em triplicata e o resultado foi obtido pela média aritmética simples.

Para avaliar o efeito bactericida do OEP, utilizou-se a CBM. Esta é a estimativa mais comum para avaliar a atividade bactericida e é definida como a menor concentração de um composto capaz de produzir 98,00–99,99% de efeito letal, quando comparado à população microbiana inicial[25]. O teste de CBM foi realizado a partir dos poços onde não houve crescimento na CIM. Alíquotas com 10 µL foram semeadas em ágar Mueller-Hinton, seguido de incubação a 35 ± 2 °C por 24 h (triplicata). Após a incubação, foram enumeradas as unidades formadoras de colônias (UFC). A concentração mais baixa na qual não houve crescimento bacteriano visível em ágar foi considerada CBM.

Para testar se houve diferença significativa da CIM e da CBM entre as quatro estirpes de *S. aureus*, foi ajustado um modelo de regressão logística utilizando a função GLM (*Generalized Linear Model*) com distribuição binomial. Um modelo foi ajustado para cada variável resposta (CBM ou CIM) para cada um dos compostos (OEP, PEN10 e TET30). Os modelos incluíram como variáveis explicativas a concentração dos compostos, a estirpe e a interação entre estas. Para evitar viés em casos de separação completa ou quase-completa dos dados, situação comum em estudos microbiológicos com respostas binárias bem definidas para certos níveis dos preditores, foi empregado o método *brglm.fit* (*Bias Reduction in Binomial-Response Generalized Linear Models*), que realiza ajustes de redução de vieses.

A significância estatística de cada termo no modelo foi avaliada por meio de uma seleção *backward*, aplicando testes de razão de verossimilhança (qui-quadrado) para comparar o modelo completo com versões simplificadas, removendo um preditor de cada vez. Essa abordagem permite identificar se a exclusão de uma variável piora significativamente o ajuste do modelo. Em seguida, para comparar as diferentes respostas das estirpes, foram calculadas as médias marginais ajustando as comparações considerando o efeito da concentração como covariável. Realizaram-se comparações pareadas entre todas as estirpes com a função *pairs*, gerando contrastes com valores de *p* ajustados para múltiplas comparações. Os resultados foram sumarizados agrupando as estirpes que não diferiam estatisticamente entre si.

Para estimar o intervalo de confiança (IC) de 95% para a CIM e a CBM de cada composto sobre cada cepa, utilizou-se o pacote ciTools, com 1.000 simulações para estimação robusta da variabilidade sobre todo o *range* de concentração testada do composto. Em seguida, foi identificado o valor de concentração mínima para cada IC (limite conservador – IC 2,5%; mediana – IC 50%; e limite superior – IC 97,5%), considerando a menor concentração que apresentou probabilidade zero – indicando 100% de probabilidade de inibição ou morte da estirpe nesse intervalo.

Todas as análises estatísticas foram realizadas no *software* R, utilizando o nível de significância de alfa de 5%.

## RESULTADOS

### CARACTERIZAÇÃO DO OEP

O OEP apresentou maior rendimento na primavera (4,73 mL/kg) quando comparado ao outono (1,44 mL/kg), com densidade relativa de 0,88 g/mL. A análise química do OEP revelou oito compostos em ambas as estações climáticas, conforme descrito na tabela 1. Os componentes identificados foram: geraniol, acetato de geranila, linalol, cis-β-ocimeno, β-cariofileno e trans-β-ocimeno. Geranial e neral foram detectados apenas na amostra de primavera, enquanto β-mirceno e γ-terpineno foram encontrados exclusivamente na amostra de outono.

Em termos de composição percentual dos componentes químicos, o geraniol foi o composto majoritário tanto na primavera (63,07%) quanto no outono (64,53%). O acetato de geranila foi detectado em 24,48% no outono e em 21,59% na primavera, enquanto o linalol em 3,73% no outono e em 5,25% na primavera (Tabela 1).

**Tabela 1** – Perfil cromatográfico do OEP (*C. martinii*) cultivado no município de Realeza, sudoeste paranaense, Brasil, e colhido no outono (março a junho) e na primavera (setembro a dezembro) de 2022

| Componentes químicos | Estação climática (área relativa/proporção do componente no OE %) | |
|---|---|---|
| | Outono | Primavera |
| Geraniol | 64,53 | 63,07 |
| Acetato de geranila | 24,48 | 21,59 |
| Linalol | 3,73 | 5,25 |
| Cis-β-ocimeno | 3,00 | 4,80 |
| β-cariofileno | 1,45 | 2,72 |
| Trans-β-ocimeno | 0,93 | 0,61 |
| Geranial | – | 0,96 |
| β-mirceno | 0,32 | – |
| γ-terpineno | 0,18 | – |
| Neral | – | 0,14 |

Demais compostos apresentaram concentrações menores ou traços. Sinal convencional utilizado: – Dado numérico igual a zero, não resultante de arredondamento.

**Tabela 2** – Resultado da seleção de termos referente às respostas das diferentes cepas ao OEP, à PEN10 e à TET30

| Composto | Fator | Variável | GL | LRT | p-valor |
|---|---|---|---|---|---|
| OEP | CIM | Cepa:Concentração | 3 | – | 1 |
| | | Concentração | 1 | 152.684 | < 0,001 |
| | | Cepa | 3 | 25.557 | < 0,001 |
| | CBM | Cepa:Concentração | 3 | – | 1 |
| | | Concentração | 1 | 102.363 | < 0,001 |
| | | Cepa | 3 | 28.709 | < 0,001 |
| PEN10 | CIM | Cepa:Concentração | 3 | – | 1 |
| | | Concentração | 1 | 99.343 | < 0,001 |
| | | Cepa | 3 | 54.107 | < 0,001 |
| | CBM | Cepa:Concentração | 3 | – | 1 |
| | | Concentração | 1 | 160.66 | < 0,001 |
| | | Cepa | 3 | 45.538 | < 0,001 |
| TET30 | CIM | Cepa:Concentração | 3 | – | 1 |
| | | Concentração | 1 | 123.421 | < 0,001 |
| | | Cepa | 3 | 69.643 | < 0,001 |
| | CBM | Cepa:Concentração | 3 | – | 1 |
| | | Concentração | 1 | 195.56 | < 0,001 |
| | | Cepa | 3 | 87.327 | < 0,001 |

GL: Graus de liberdade. LRT: *Likehood ratio test* (teste de razão de verossimilhança). OEP: Óleo essencial de palmarosa; PEN10: Penicilina G 10 UI; TET30: Tetraciclina 30 µg; CIM: Concentração inibitória mínima; CBM: Concentração bactericida mínima. Sinal convencional utilizado: – Dado numérico igual a zero, não resultante de arredondamento.

CIM E CBM

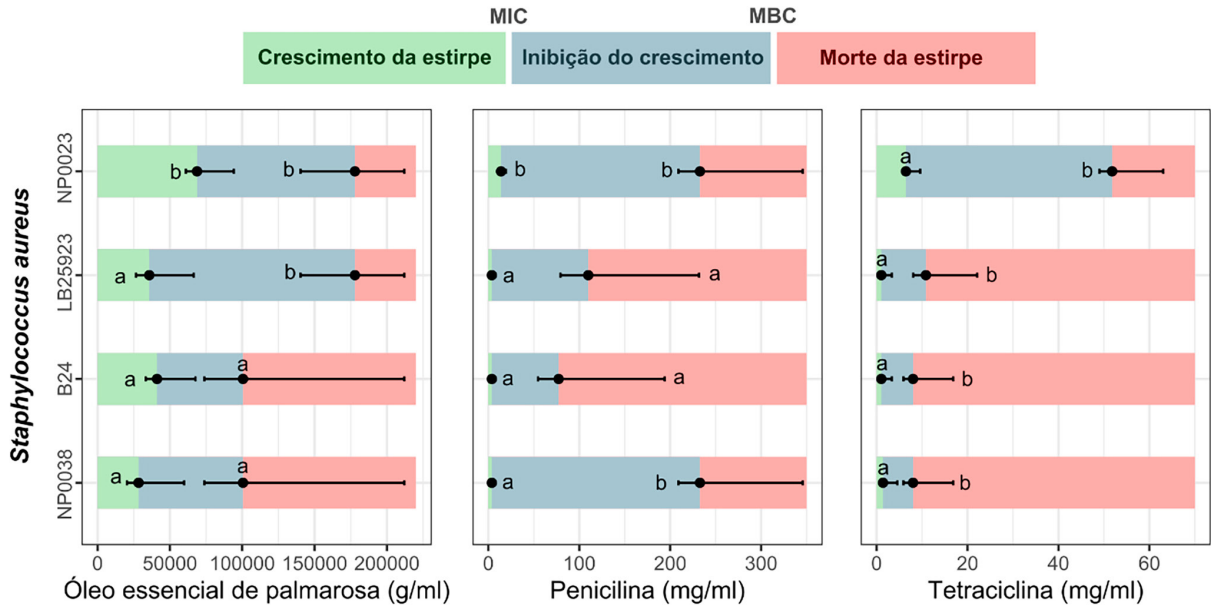
Não houve efeito significativo da interação entre a concentração dos compostos e as cepas tanto para CIM quanto para CBM, indicando que todas as cepas tiveram o comportamento das curvas de resposta às concentrações iguais (Tabela 2). No entanto, houve efeito significativo das cepas tanto para CIM quanto CBM para todos os compostos, o que evidencia que as concentrações necessárias para inibição ou morte da estirpe são diferentes entre as cepas (Tabela 3 e Figura 1).

As análises complementares (Tabela S1) mostraram diferenças significativas entre as estirpes, destacando as cepas LB25923 e NP0023, que apresentaram valores de CIM e CBM distintos dos demais isolados para todos os compostos testados.

**Tabela 3** – CIM e CBM de cada composto para cada cepa analisada com IC de 95% e agrupamentos significativo, conforme análise de contrastes pareado

| Composto | Fator | Cepa | Concentração (µg/mL) | | | Grupo |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Mediana | IC 2,5% | IC 97,5% | |
| OEP | CIM | NP0038 | 28350 | 20290 | 59830 | a |
| | | LB25923 | 41100 | 33300 | 67670 | a |
| | | B24 | 35760 | 26540 | 66500 | a |
| | | NP0023 | 68760 | 61040 | 94150 | b |
| | CBM | NP0038 | 100560 | 73820 | 212050 | a |
| | | B24 | 100560 | 73820 | 212050 | a |
| | | LB25923 | 177930 | 140270 | 212050 | b |
| | | NP0023 | 177930 | 140270 | 212050 | b |
| PEN10 | CIM | NP0038 | 3,82 | 2,86 | 7,83 | a |
| | | B24 | 3,82 | 2,86 | 7,83 | a |
| | | LB25923 | 3,82 | 2,86 | 7,83 | a |
| | | NP0023 | 13,91 | 12,67 | 19,32 | b |
| | CBM | B24 | 232,71 | 209,01 | 345,79 | a |
| | | LB25923 | 77,32 | 54,72 | 193,83 | a |
| | | NP0038 | 109,89 | 79,3 | 231,63 | b |
| | | NP0023 | 232,71 | 209,01 | 345,79 | b |
| TET30 | CIM | B24 | 1,405 | 1,024 | 4,58 | a |
| | | LB25923 | 1,036 | 0,757 | 3,351 | a |
| | | NP0038 | 1,036 | 0,757 | 3,351 | a |
| | | NP0023 | 6,447 | 6,069 | 9,61 | a |
| | CBM | NP0038 | 8,02 | 5,92 | 16,87 | a |
| | | B24 | 8,02 | 5,92 | 16,87 | a |
| | | LB25923 | 10,85 | 8,04 | 22,12 | a |
| | | NP0023 | 51,81 | 49,01 | 63,04 | b |

IC: Intervalo de confiança; OEP: Óleo essencial de palmarosa; PEN10: Penicilina G 10 UI; TET30: Tetraciclina 30 µg; CIM: Concentração inibitória mínima; CBM: Concentração bactericida mínima.




* As diferentes letras (a ou b) indicam agrupamentos significativos.

**Figura 1** – Efeito antimicrobiano dos três compostos testados sobre as quatros cepas de *S. aureus* indicando as CIM e CBM com IC 95%*

## DISCUSSÃO

O OEP pode ser extraído em qualquer época do ano, pois a planta possui um ciclo perene. Entretanto, a extração do OEP na primavera apresentou rendimento 3,3 vezes maior quando comparado ao outono. A palmarosa passou por um período de baixa iluminação, temperatura e estiagem no outono, o que pode ter afetado o metabolismo e a produção do óleo essencial. Ao contrário, na primavera, a palmarosa teve uma fase de maior exposição aos raios solares, maior temperatura e umidade do ar, condições essas ideais para seu desenvolvimento morfológico e metabólico.

A composição e a concentração dos constituintes dos OEP podem sofrer variações em função de fatores ecológicos e condições edafoclimáticas[26]. Apesar dessas variações, influenciadas pelo material vegetal utilizado e pelo método de extração empregado, estudos indicam que os principais componentes do OEP são o geraniol e o acetato de geranila[27].

Neste estudo, os componentes químicos majoritários encontrados no OEP foram o geraniol e o acetato de geranila, correspondendo a 89% do OEP da amostra obtida no outono e 84,66% na primavera. Na pesquisa desenvolvida por Dubey e Luthra[3], foi observado que o geraniol e o acetato de geranila constituíram cerca de 90% do OEP. Scherer et al.[28] identificaram que o OEP apresentou nove componentes químicos, sendo o geraniol (81,22%) o composto majoritário, seguido pelo acetato de geranila (12,80%). A predominância de geraniol (57,49%) e acetato de geranila (13,56%) também foi observada por Andrade et al.[6]. Na pesquisa de Teixeira et al.[29], o OEP apresentou quatro componentes químicos, sendo o geraniol (82%) o composto predominante, também acompanhado pelo acetato de geranila (9%).

Durante o desenvolvimento da inflorescência da palmarosa, a proporção de acetato de geranila no OEP diminui significativamente, com um aumento correspondente de geraniol devido à atividade da enzima esterase envolvida na transformação do acetato de geranila em geraniol[3]. Esse é o possível motivo para que a porcentagem de geraniol fosse superior à de acetato de geranila no presente estudo. A primavera demonstrou ser um bom período para a extração do OEP, pois as plantas apresentaram maior rendimento na extração por arraste a vapor; porém, o outono não deve ser desconsiderado, pois também apresentou um óleo com padrões químicos dentro dos valores preconizados para o OEP.

Estudos sobre os efeitos antimicrobianos dos óleos essenciais de plantas medicinais têm ganhado destaque na ciência devido ao aumento da resistência bacteriana aos antibióticos convencionais. O OEP, em particular, tem demonstrado grande potencial antibacteriano, sendo avaliado contra diversas cepas bacterianas em diferentes estudos.

Duarte et al.[30] investigaram a ação do OEP (com 63,46% de geraniol e 28,83% de acetato de geranila) contra *Escherichia coli*, obtendo CIM entre 100 e 500 μg/mL para dez dos 13 sorotipos testados. De maneira semelhante, Mayaud et al.[31] observaram que o OEP (77,98% de geraniol e 12,13% de acetato de geranila) apresentou CIM de 0,3% contra cepas de *S. aureus* e de 0,29% contra *Staphylococcus* coagulase-negativos, demonstrando forte atividade antimicrobiana.

Outros estudos também indicaram a eficácia do OEP contra diversas bactérias patogênicas. Scherer et al.[28] relataram atividade inibitória contra *E. coli*, *Salmonella* Typhimurium, *Pseudomonas aeruginosa* e *Clostridium perfringens*, com valores de CIM entre 0,4 e 0,8 mg/mL. Tsai et al.[4] determinaram a CIM do OEP (52,49% de geraniol e 12,01% de acetato de geranila) para *E. coli* (1,54 μg/mL), *P. aeruginosa* (> 20,0 μg/mL) e *S. aureus* (1,4 μg/mL).

Chaftar et al.[32] observaram que o OEP (77,4% de geraniol) apresentou CIM de 1,00 mg/mL contra várias bactérias Gram-positivas e Gram-negativas, incluindo *Klebsiella pneumoniae*, *Listeria monocytogenes* e *Legionella pneumophila*.

Esses achados reforçam o potencial terapêutico do OEP contra diversos patógenos, justificando novas pesquisas para explorar sua aplicação como alternativa aos antibióticos convencionais.

Embora a quantidade de componentes majoritários (geraniol e acetato de geranila) encontrada na presente pesquisa seja próxima à dos componentes observados pela maioria dos autores supracitados, os valores de CIM observados foram elevados quando comparados a outros estudos com o OEP, especialmente contra cepas de *S. aureus*. Essa divergência pode ter ocorrido devido a fatores relacionados ao nível de sensibilidade das cepas. A atividade antimicrobiana do OEP possivelmente resulta de interações complexas entre seus componentes. Essa hipótese também foi observada por Brun et al.[33], ao estudar a atividade antimicrobiana de dez marcas comerciais de óleo essencial de *Melaleuca alternifolia* (OEM) ricos em terpinen-4-ol, onde os autores concluíram que a atividade antimicrobiana do OEM resulta de interações complexas entre diferentes componentes, não podendo ser atribuída somente ao componente químico majoritário.

## CONCLUSÃO

Os resultados indicaram que a primavera (setembro a novembro) no Brasil é a estação mais favorável para a obtenção do óleo essencial de palmarosa (OEP) no município de Realeza, Paraná. Isso se deve ao maior rendimento de extração observado nesse período, além da presença dos compostos químicos geraniol e acetato de geranila dentro dos padrões estabelecidos para a planta. Esse aumento no rendimento pode ser atribuído às condições climáticas ideais para o desenvolvimento da palmarosa durante a primavera, como maior luminosidade, temperaturas mais altas e umidade do ar, que favorecem o metabolismo da planta.

Além disso, o OEP obtido apresentou um efeito antimicrobiano eficaz contra todas as cepas de testadas, com destaque para a atividade inibitória. Contudo, duas das cepas testadas de *S. aureus* (LB25923 e NP0023) sofreram uma atividade bactericida bem acentuada,

sugerindo variações na resistência entre diferentes linhagens da bactéria.

Este estudo contribui para a compreensão do potencial terapêutico do OEP, especialmente em um cenário de crescente resistência bacteriana aos antibióticos, o que justifica a importância de aprofundar sua investigação como alternativa viável e eficaz.

## CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

P.H.F., J.V.N. e A.C.A.: extração do OEP e análises microbiológicas, tabulação dos dados, redação (rascunho original). E.K.K. e P.W.F.: cultivo e colheita da palmarosa. W.L.C.F.: análise cromatográfica do OEP. A.F. e F.L.C.F.: orientação, cultivo, colheita, extração e análise microbiológica do OEP, redação (rascunho original, revisão e edição). V.M.P.: análise estatística, redação (rascunho original, revisão e edição).

## CONFLITOS DE INTERESSE

Os autores declaram não possuir conflitos de interesse de qualquer natureza.

## REFERÊNCIAS


1 Meena S, Kumar SR, Venkata Rao DK, Dwivedi V, Shilpashree HB, Rastogi S, et al. *De novo* sequencing and analysis of lemongrass transcriptome provide first insights into the essential oil biosynthesis of aromatic grasses. Front Plant Sci. 2016 Jul;7:1129.

2 Dubey VS, Bhalla R, Luthra R. An esterase is involved in geraniol production during palmarosa inflorescence development. Phytochemistry. 2003 Jun;63(3):257-64.

3 Dubey VS, Luthra R. Biotransformation of geranyl acetate to geraniol during palmarosa (*Cymbopogon martini*, Roxb. wats. var. *motia*) inflorescence development. Phytochemistry. 2001 Jul;57(5):675-80.

4 Tsai ML, Lin CC, Lin WC, Yang CH. Antimicrobial, antioxidant, and anti-inflammatory activities of essential oils from five selected herbs. Biosci Biotechnol Biochem. 2011 Oct;75(10):1977-83.

5 Santamarta S, Aldavero AC, Rojo MA. Essential oil of *Cymbopogon martinii*, source of geraniol, as a potential antibacterial agent against *Bacillus subtilis*, a pathogen of the bakery industry. F1000Res. 2021 Oct;10:741.

6 Andrade BFMT, Coti BJ, Santiago KB, Fernandes A, Sforcin JM. *Cymbopogon martinii* essential oil and geraniol at noncytotoxic concentrations exerted immunomodulatory/anti-inflammatory effects in human monocytes. J Pharm Pharmacol. 2014 Oct;66(10):1491-6.

7 Saha S, Lachance S. Effect of essential oils on cattle gastrointestinal nematodes assessed by egg hatch, larval migration and mortality testing. J Helminthol. 2020;94:e111.

8 Mahant S, Sahajpal, NS, Nanda S. Insights into the mechanism of *Cymbopogon martinii* essential oil in topical therapy of acne vulgaris. Future Microbiol. 2021 Oct;16(15):1181-93.

9 Janbaz KH, Qayyum A, Saqib F, Imran I, Zia-Ul-Haq M, Feo V. Bronchodilator, vasodilator and spasmolytic activities of *Cymbopogon martinii*. J Physiol Pharmacol. 2014 Dec;65(6):859-66.

10 Kamble SP, Ghadyale VA, Patil RS, Haldavnekar VS, Arvindekar AU. Inhibition of GLUT2 transporter by geraniol from *Cymbopogon martinii*: a novel treatment for diabetes mellitus in streptozotocin-induced diabetic rats. J Pharm Pharmacol. 2020 Feb;72(2):294-304.

11 Das MK, Ansari MA. Evaluation of repellent action of *Cymbopogon martinii martinii* Stapf var *sofia* oil against *Anopheles sundaicus* in tribal villages of Car Nicobar Island, Andaman & Nicobar Islands, India. J Vector Borne Dis. 2003 Sep-Dec;40(3-4):100-4.

12 Rekha KR, Selvakumar GP, Sethupathy S, Santha K, Sivakamasundari RI. Geraniol ameliorates the motor behavior and neurotrophic factors inadequacy in MPTP-induced mice model of Parkinson's disease. J Mol Neurosci. 2013 Nov;51(3):851-62.

13 Ahmad-Mansour N, Loubet P, Pouget C, Dunyach-Remy C, Sotto A, Lavigne JP, et al. *Staphylococcus aureus* toxins: an update on their pathogenic properties and potential treatments. Toxins (Basel). 2021 Sep;13(10):677.

14 Mendonça FAC, Silva KFS, Santos KK, Ribeiro Jr KAL, Sant'Ana AEG. Activities of some Brazilian plants against larvae of the mosquito *Aedes aegypti*. Fitoterapia. 2005 Dec;76(7-8):629-36.

15 International Organization for Standardization. ISO 279:1998 – Essential oils: Determination of relative density at 20°C – Reference method. Geneva: ISO; 1998.

16 Bauer AW, Kirby WMM, Sherris JC, Turck M. Antibiotic susceptibility testing by a standardized single disk method. Am J Clin Pathol. 1966 Apr;45(4):493-6.

17 Clinical and Laboratory Standards Institute. Performance standards for antimicrobial susceptibility testing: 30th informational supplement. CLSI document M100-S29. Wayne, PA: CLSI; 2020.

18 Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Microbiologia clínica para o controle de infecção relacionada à assistência à saúde. Módulo 6: detecção e identificação de bactérias de importância médica. Brasília: Anvisa; 2013.

19 Collins CH. Microbiological methods. 7th ed. Oxford: Butterworth-Heinemann; 1995.

20 Balouiri M, Sadiki M, Ibnsouda SK. Methods for *in vitro* evaluating antimicrobial activity: a review. J Pharm Anal. 2016 Apr;6(2):71-9.

21 Udekwu KI, Parrish N, Ankomah P, Baquero F, Levin BR. Functional relationship between bacterial cell density and the efficacy of antibiotics. J Antimicrob Chemother. 2009 Apr;63(4):745-57.

22 Clinical and Laboratory Standards Institute. Methods for determining bactericidal activity of antimicrobial agents; approved guideline M26-A. Wayne, PA: CLSI; 1999.

23 Clinical and Laboratory Standards Institute. Methods for dilution antimicrobial susceptibility tests for bacteria that grow aerobically. 12th ed. CLSI standard M07. Wayne, PA: CLSI; 2024.

24 Reller LB, Weinstein M, Jorgensen JH, Ferraro MJ. Antimicrobial susceptibility testing: a review of general principles and contemporary practices. Clin Infect Dis. 2009 Dec;49(11):1749-55.

25 Schumacher A, Vranken T, Malhotra A, Arts JJC, Habibovic P. In vitro antimicrobial susceptibility testing methods: agar dilution to 3D tissue-engineered models. Eur J Clin Microbiol Infect Dis. 2018 Feb;37(2):187-208.

26 Yin HW. Yield and composition variation of essential oil from leaves of different *Cinnamomum osmophloeum* Kanehira clones in Taiwan. Q J Chin For. 1991;24:83-104.

27 Sales GWP, Batista AHM, Rocha LQ, Nogueira NAP. Efeito antimicrobiano e modulador do óleo essencial extraído da casca de frutos de *Hymenaea courbaril* L. Rev Ciênc Farm Básica Apl. 2014;35(4):709-15.

28 Scherer R, Wagner R, Duarte MCT, Godoy HT. Composição e atividades antioxidante e antimicrobiana dos óleos essenciais de cravo-da-índia, citronela e palmarosa. Rev Bras Plantas Med. 2009;11(4):442-9.

29 Teixeira JJM, Beserra SJO, Silva ICL, Lima CG. Análise antimicrobiana dos óleos essenciais de palmarosa (*Cymbopogon martinii* (Roxb.) J.F.Watson) e pimenta rosa (*Schinus terebenthifolius* Raddi) frente à *Staphylococcus aureus* multirresistentes. Braz J Dev. 2020 jun;6(6):34935-53.

30 Duarte MCT, Leme EE, Delarmelina C, Soares AA, Figueira GM, Sartoratto A. Activity of essential oils from Brazilian medicinal plants on *Escherichia coli*. J Ethnopharmacol. 2007 May;111(2):197-201.

31 Mayaud L, Carricajo A, Zhiri A, Aubert G. Comparison of bacteriostatic and bactericidal activity of 13 essential oils against strains with varying sensitivity to antibiotics. Lett Appl Microbiol. 2008 Sep;47(3):167-73.

32 Chaftar N, Girardot M, Labanowski J, Ghrairi T, Hani K, Frère J, et al. Comparative evaluation of the antimicrobial activity of 19 essential oils. Adv Microbiol Infect Dis Public Health. 2016;901:1-15.

33 Brun P, Bernabè G, Filippini R, Piovan A. In vitro antimicrobial activities of commercially available tea tree (*Melaleuca alternifolia*) essential oils. Curr Microbiol. 2019 Jan;76(1):108-16.

Recebido em / Received: 15/12/2024
Aceito em / Accepted: 20/8/2025

*Como citar este artigo / How to cite this article:*

Freitas FLC, Freitas WLC, Figueiredo PH, Fávero A, Avelino AC, Neukamp JV, et al. Óleo essencial de *Cymbopogon martinii* (Poaceae): avaliação do rendimento, composição química e atividade anti-*Staphylococcus aureus*. Rev Pan Amaz Saude. 2025;16:e202501677. Doi: https://doi.org/10.5123/S2176-6223202501677