

ÓLEOS ESSENCIAIS COMO ALTERNATIVA PROMISSORA NO COMBATE A BACTÉRIAS MULTIRRESISTENTES E BIOFILME DE INTERESSE VETERINÁRIO

**ESSENTIAL OILS AS A PROMISING ALTERNATIVE FOR COMBATING
MULTIDRUG-RESISTANT BACTERIA AND BIOFILMS OF VETERINARY
INTEREST**

Ciências Biológicas, Ciências da Saúde • 10/09/2026

REGISTRO DOI: [10.70773/revistatopicos/789007119](https://doi.org/10.70773/revistatopicos/789007119)

Emanuela Mesquita Porfírio¹

Maria Larissa Pontes Magalhães²

Ana Kélvia Araújo Arcanjo³

Ingrid Maria Frota Araújo⁴

Nirlir Plácido de Sousa⁵

Luís Igor Gonçalves Braga⁶

Antônio Mateus Gomes Pereira⁷

Maria Gleiciane de Queiroz Martins⁸

Eder Jacques Porfírio Farias⁹

Isaac Neto Goes da Silva¹⁰

RESUMO

A resistência antimicrobiana e a persistência de biofilmes bacterianos constituem desafios crescentes para a medicina veterinária. Este trabalho sintetizou evidências científicas sobre o potencial dos óleos essenciais como agentes antibacterianos, antibiofilme e moduladores da ação de antibióticos contra microrganismos multirresistentes de interesse veterinário. Realizou-se uma revisão integrativa da literatura, na qual 73 artigos foram triados, dos quais 22 foram selecionadas segundo critérios de pertinência temática, atualidade e relação com resistência antimicrobiana, biofilmes, produtos naturais e modelos veterinários. Os estudos demonstraram que terpenos e terpenoides lipofílicos podem desorganizar a membrana citoplasmática, alterar sua permeabilidade, comprometer o metabolismo energético e interferir na adesão e na matriz extracelular dos biofilmes. Também foram relatadas atividades contra *Staphylococcus* spp., *Pseudomonas aeruginosa*, *Proteus mirabilis* e outros patógenos, além de efeitos sinérgicos com antibióticos, especialmente para óleos do gênero *Lippia* e constituintes como o linalol. Entretanto, a heterogeneidade fitoquímica, a falta de padronização metodológica, o predomínio de estudos in vitro e a escassez de ensaios clínicos veterinários limitam sua aplicação terapêutica. Conclui-se que os óleos essenciais são candidatos promissores para estratégias complementares, condicionados à caracterização química e à avaliação padronizada de eficácia, segurança, estabilidade e aplicabilidade in vivo.

Palavras-chave: óleos essenciais; resistência antimicrobiana; antibiofilme; medicina veterinária; produtos naturais.

ABSTRACT

Antimicrobial resistance and persistent bacterial biofilms pose growing challenges to veterinary medicine. This study synthesized

scientific evidence regarding the potential of essential oils as antibacterial and antibiofilm agents and as modulators of antibiotic activity against multidrug-resistant microorganisms of veterinary relevance. An integrative literature review was conducted, in which 73 references were screened, of which 22 were selected according to thematic relevance, publication date, and their relationship with antimicrobial resistance, biofilms, natural products, and veterinary models. The studies demonstrated that lipophilic terpenes and terpenoids can disrupt the cytoplasmic membrane, alter its permeability, impair energy metabolism, and interfere with bacterial adhesion and the extracellular biofilm matrix. Activity against *Staphylococcus* spp., *Pseudomonas aeruginosa*, *Proteus mirabilis*, and other pathogens was also reported, as well as synergistic effects with antibiotics, particularly for oils derived from *Lippia* species and constituents such as linalool. However, phytochemical variability, the lack of methodological standardization, the predominance of in vitro studies, and the scarcity of veterinary clinical trials limit their therapeutic application. Essential oils are therefore promising candidates for complementary strategies, provided that they undergo rigorous chemical characterization and standardized assessments of efficacy, safety, stability, and in vivo applicability.

Keywords: essential oils; antimicrobial resistance; biofilm; veterinary medicine; natural products.

1. INTRODUÇÃO

A resistência aos antimicrobianos consolidou-se como um problema transversal à saúde humana, animal e ambiental. Na medicina veterinária, o uso repetido ou inadequado de antibióticos, a seleção de microrganismos menos suscetíveis e a circulação de genes de resistência entre diferentes hospedeiros comprometem a

previsibilidade terapêutica e ampliam a relevância do tema para a abordagem de Saúde Única (Caneschi et al., 2023; Marco-Fuertes et al., 2022; Roncada; Tilocca, 2022). Animais de companhia podem atuar como reservatórios de cepas resistentes e participar da disseminação de agentes com potencial zoonótico, sobretudo em situações de contato estreito com seres humanos e compartilhamento do ambiente doméstico (Abdullahi et al., 2022; Moses; Santos; Gales, 2023).

Entre os microrganismos de interesse veterinário, espécies do gênero *Staphylococcus* ocupam posição de destaque por integrarem a microbiota de pele e mucosas e, simultaneamente, comportarem-se como patógenos oportunistas. *Staphylococcus pseudintermedius*, *Staphylococcus aureus* e outras espécies estafilocócicas estão associadas a infecções cutâneas, feridas e otites, podendo reunir genes de resistência, fatores de virulência e capacidade de formar biofilme (Andrade et al., 2022; Wang et al., 2022; Viegas et al., 2022). Cepas resistentes à meticilina, como MRSP e MRSA, reduzem as opções terapêuticas e exigem maior rigor na identificação microbiológica e no uso de antimicrobianos (Nocera et al., 2024).

O problema não se limita à resistência genética clássica. A organização bacteriana em biofilmes cria uma comunidade aderida e envolvida por matriz extracelular, na qual as células apresentam alterações metabólicas, gradientes de nutrientes e respostas de tolerância que dificultam a ação dos medicamentos. Como consequência, concentrações capazes de inibir células planctônicas podem ser insuficientes para controlar populações estabelecidas em biofilme, favorecendo infecções persistentes e recorrentes (Ciofu et al., 2022; Sauer et al., 2022; Sharma et al., 2023). Essa condição é

particularmente relevante em otites crônicas, piodermites, feridas e infecções associadas a superfícies e dispositivos.

Diante dessas limitações, produtos naturais têm sido investigados como fontes de moléculas bioativas e como pontos de partida para estratégias complementares. Os óleos essenciais são misturas voláteis complexas, constituídas principalmente por terpenos, terpenoides e compostos oxigenados, cuja natureza lipofílica favorece a interação com estruturas celulares microbianas (Masyita et al., 2022; Pandey et al., 2023). Em diferentes modelos experimentais, esses produtos apresentam atividade antibacteriana, antifúngica, moduladora e antibiofilme, embora a intensidade dos efeitos dependa da composição química, da concentração, do método de extração e do microrganismo avaliado (Hulankova, 2024; Iskandar et al., 2025).

Espécies do gênero *Lippia* exemplificam esse potencial. O óleo essencial de *Lippia alba* apresenta quimiotipos distintos e pode conter linalol, citral ou carvona como constituintes predominantes, enquanto outros óleos do gênero também demonstram atividade antimicrobiana e capacidade de modular antibióticos (Chaverri; Ramón-Farías; Ciccio, 2022; Santos Filho et al., 2023; Lopes et al., 2024). O linalol, por sua vez, tem sido relacionado à alteração da integridade da membrana, do potencial de membrana e do metabolismo energético bacteriano (Su et al., 2022).

Apesar dos achados promissores, a transposição de resultados laboratoriais para formulações veterinárias requer cautela. A variabilidade fitoquímica entre lotes, a solubilidade limitada em meios aquosos, a ausência de protocolos uniformes para determinação da concentração inibitória mínima e a escassez de

avaliações de citotoxicidade e segurança dificultam comparações diretas (Chen et al., 2024; Hulankova, 2024). Nesse contexto, formulou-se a seguinte pergunta: quais evidências sustentam o uso de óleos essenciais como alternativas promissoras contra bactérias multirresistentes e biofilmes de interesse veterinário? O objetivo deste artigo foi sintetizar, de forma crítica, as evidências científicas disponíveis que fundamentam o potencial antimicrobiano, antibiofilme e modulador desses produtos naturais.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Resistência Antimicrobiana na Medicina Veterinária e Saúde Única

A resistência antimicrobiana resulta da combinação entre pressão seletiva, adaptação microbiana e disseminação de determinantes genéticos. Mutações cromossômicas, aquisição horizontal de genes, produção de enzimas inativadoras, modificação de sítios-alvo, redução da permeabilidade e bombas de efluxo constituem mecanismos capazes de diminuir a efetividade dos antibióticos (Galgano et al., 2025). Em biofilmes, plasmídeos, transposons e outros elementos móveis encontram condições favoráveis à transferência horizontal, reforçando a persistência de genes de resistência em comunidades microbianas densas (Michaelis; Grohmann, 2023).

Na prática veterinária, a resistência relaciona-se ao tratamento empírico, à repetição de protocolos, ao uso sem diagnóstico microbiológico e, em determinados sistemas produtivos, ao emprego de antimicrobianos em larga escala. Caneschi et al. (2023) descrevem o fenômeno como complexo, pois envolve decisões

clínicas, produção animal, vigilância, disponibilidade de medicamentos e comportamento dos responsáveis pelos animais. Marco-Fuertes et al. (2022) acrescentam que a circulação de microrganismos resistentes em animais de companhia exige integração entre vigilância veterinária e saúde pública.

A perspectiva de Saúde Única é especialmente importante para estafilococos. *Staphylococcus pseudintermedius* é predominantemente associado a cães, mas pode colonizar ou infectar seres humanos, enquanto *Staphylococcus aureus* circula entre diferentes hospedeiros e ambientes. O compartilhamento de cepas, genes de resistência e fatores de virulência reforça a necessidade de medidas de biossegurança, uso prudente de antimicrobianos e desenvolvimento de abordagens complementares que não ampliem indiscriminadamente a pressão seletiva (Cuny et al., 2024; Moses; Santos; Gales, 2023).

2.2. Bactérias Multirresistentes de Interesse Veterinário

Staphylococcus pseudintermedius destaca-se como agente de piodermites, otites e infecções de feridas em cães. A resistência à meticilina está associada à presença de mecanismos que reduzem a atividade dos β -lactâmicos e frequentemente acompanha resistência a outras classes, tornando o tratamento mais complexo (Nocera et al., 2024). Isolados de cães saudáveis e doentes podem apresentar simultaneamente resistência, produção de biofilme e fatores de virulência, demonstrando que a colonização e a infecção fazem parte de um contínuo epidemiológico (Wang et al., 2022).

Staphylococcus aureus também possui relevância veterinária e zoonótica. Sua capacidade de aderir, produzir toxinas, formar

biofilme e adquirir determinantes de resistência favorece infecções persistentes e disseminação entre hospedeiros (Gherardi, 2023; Touaitia et al., 2025). Em animais de companhia, a ocorrência de estafilococos resistentes à meticilina exige interpretação conjunta do perfil de suscetibilidade, da origem do isolado e da condição clínica do animal (Viegas et al., 2022).

Entre as bactérias Gram-negativas, *Pseudomonas aeruginosa* é frequentemente relacionada a otites crônicas e recorrentes. A baixa permeabilidade da membrana externa, a expressão de bombas de efluxo, a produção de enzimas inativadoras e a capacidade de formar biofilme contribuem para perfis de difícil tratamento (Secker; Shaw; Atterbury, 2023; Elfadadny et al., 2024). *Proteus mirabilis* também pode participar de infecções otológicas e expressar fatores de virulência e resistência que perpetuam o processo inflamatório (Kwon et al., 2022).

2.3. Biofilmes Bacterianos e Tolerância aos Antimicrobianos

O biofilme é uma comunidade microbiana estruturada, aderida a superfícies bióticas ou abióticas e envolvida por uma matriz extracelular composta por polissacarídeos, proteínas, lipídios e ácidos nucleicos. Sua formação compreende adesão inicial, desenvolvimento de microcolônias, maturação e dispersão, etapas que variam segundo a espécie e as condições ambientais (Sauer et al., 2022). A quantificação da biomassa, frequentemente realizada por cristal violeta, deve considerar que massa aderida, número de células viáveis e atividade metabólica representam parâmetros distintos (Andersen; Rybtke; Tolker-Nielsen, 2024).

A tolerância observada no biofilme não é sinônimo de resistência genética, embora ambos os fenômenos possam coexistir. A matriz limita a difusão de determinados agentes, enquanto gradientes de oxigênio e nutrientes favorecem subpopulações de crescimento lento e células persistentes. Além disso, respostas ao estresse, comunicação celular e proximidade entre microrganismos contribuem para a sobrevivência coletiva (Ciofu et al., 2022; Sharma et al., 2023).

Na medicina veterinária, biofilmes de *Staphylococcus* spp. estão associados à persistência de infecções cutâneas e otológicas. Andrade et al. (2022) demonstraram potencial de virulência em estafilococos produtores de biofilme provenientes de infecções de pele de animais de companhia, enquanto Wang et al. (2022) relacionaram resistência, biofilme e fatores de virulência em isolados de *Staphylococcus pseudintermedius*. Esses achados justificam a avaliação de compostos capazes não apenas de impedir o crescimento planctônico, mas também de reduzir adesão, biomassa e viabilidade em biofilmes estabelecidos.

2.4. Óleos Essenciais: Composição Química e Mecanismos de Ação

Óleos essenciais são misturas de substâncias voláteis obtidas de diferentes órgãos vegetais, geralmente por hidrodestilação, destilação a vapor ou processos mecânicos. Sua composição inclui monoterpenos, sesquiterpenos, álcoois, aldeídos, cetonas e fenóis, com proporções determinadas por fatores genéticos, ambientais e tecnológicos (Masyita et al., 2022; Pandey et al., 2023). Por serem fitocomplexos, seus efeitos não dependem exclusivamente do

constituente majoritário; componentes minoritários podem produzir interações aditivas, sinérgicas, indiferentes ou antagônicas.

A ação antibacteriana está frequentemente associada à lipofilicidade dos constituintes. Moléculas hidrofóbicas interagem com a bicamada lipídica, aumentam a permeabilidade, desorganizam proteínas de membrana e favorecem o extravasamento de íons e metabólitos. A alteração do potencial de membrana compromete processos de geração de energia, respiração e homeostase celular (Kumari et al., 2023; Su et al., 2022; Iskandar et al., 2025). Compostos fenólicos e alcoóis terpênicos também podem interferir em enzimas, sistemas de efluxo, sinalização e respostas ao estresse.

As bactérias Gram-positivas tendem a apresentar maior suscetibilidade a diversos componentes hidrofóbicos, pois não possuem a membrana externa rica em lipopolissacarídeos característica das Gram-negativas. Entretanto, essa tendência não é absoluta. Determinados óleos e constituintes conseguem aumentar a permeabilidade da membrana externa, comprometer bombas de efluxo ou atuar em múltiplos alvos, produzindo atividade também contra Gram-negativas (Masyita et al., 2022; Iskandar et al., 2025).

2.5. Atividade Antibiofilme dos Óleos Essenciais

A atividade antibiofilme pode ocorrer em diferentes fases do ciclo biológico. Em concentrações subinibitórias, alguns constituintes reduzem a adesão inicial, interferem na motilidade, alteram a expressão de fatores de superfície e diminuem a produção de matriz. Em biofilmes maduros, a eficácia tende a ser menor, exigindo concentrações superiores, maior tempo de contato ou

associação com outros agentes (Lopes et al., 2024; Sharma et al., 2023).

É necessário distinguir três desfechos: prevenção da formação do biofilme, redução da biomassa já formada e morte das células presentes na estrutura. Um composto pode reduzir a coloração por cristal violeta sem eliminar todas as células viáveis, ou exercer atividade bactericida sem remover a matriz aderida. Por isso, estudos robustos devem combinar métodos de biomassa, viabilidade, microscopia e, quando possível, análise de expressão gênica ou composição da matriz (Andersen; Rybtke; Tolker-Nielsen, 2024).

Em estafilococos, óleos essenciais e seus constituintes têm sido avaliados por sua capacidade de reduzir crescimento, adesão e biofilme. Lopes et al. (2024) relataram ação do óleo essencial de *Lippia grata* em associação com ampicilina contra *Staphylococcus aureus* e seu biofilme. Esses resultados reforçam o interesse por espécies aromáticas brasileiras, mas não autorizam extrapolação direta entre espécies vegetais, quimiotipos ou lotes sem caracterização química.

2.6. Sinergismo Entre Óleos Essenciais e Antibióticos

A associação entre óleos essenciais e antibióticos busca reduzir a concentração necessária dos fármacos convencionais, ampliar o espectro de ação ou restaurar parcialmente a atividade frente a isolados resistentes. Os mecanismos propostos incluem aumento da permeabilidade da membrana, inibição de bombas de efluxo, alteração de proteínas-alvo e facilitação da entrada do antibiótico na célula (Raikwar et al., 2024).

O resultado da combinação deve ser determinado experimentalmente, pois a simples presença de atividade individual não garante sinergismo. Ensaios de checkerboard, cálculo do índice de concentração inibitória fracionada e curvas de morte são estratégias utilizadas para distinguir efeitos sinérgicos, aditivos, indiferentes ou antagônicos. A interpretação também depende do solvente, da estabilidade da emulsão, do tempo de exposição e da padronização do inóculo (Hulankova, 2024; Chen et al., 2024).

No contexto veterinário, a possibilidade de potencializar antibióticos é relevante para infecções causadas por *Staphylococcus* spp. resistentes. Lopes et al. (2024) apresentaram evidência experimental de sinergismo entre óleo de *Lippia grata* e ampicilina, enquanto Siqueira et al. (2024) avaliaram atividade antimicrobiana e moduladora de óleos essenciais contra bactérias isoladas de produtos lácteos caprinos. Ainda assim, são necessários estudos com isolados clínicos, biofilmes e modelos animais antes da aplicação terapêutica.

2.7. *Lippia Alba* e Linalol Como Modelo de Investigação

Lippia alba apresenta ampla variabilidade química, com quimiotipos definidos pela predominância de constituintes como citral, carvona e linalol. Origem geográfica, genótipo, sazonalidade, órgão vegetal e método de extração modificam o rendimento e a composição do óleo, repercutindo diretamente na atividade biológica (Chaverri; Ramón-Farías; Ciccio, 2022; Tubay-Bermúdez et al., 2024). A análise cromatográfica de cada lote é, portanto, requisito para associar composição e efeito.

Kumari et al. (2023) demonstraram que o óleo essencial de *Lippia alba* pode comprometer o crescimento bacteriano por alterações no potencial de membrana e no equilíbrio oxidativo. Sales et al. (2022) descreveram atividade antifúngica e moduladora, enquanto Santos Filho et al. (2023) relacionaram composição química e atividades biológicas de óleos de *Lippia alba* e *Lippia origanoides*. Em conjunto, esses estudos sustentam o valor da espécie como fonte de compostos bioativos, mas também evidenciam que não existe um único perfil químico representativo de todo o táxon.

O linalol é um álcool monoterpênico acíclico presente em diferentes óleos essenciais. Su et al. (2022) associaram sua atividade antibacteriana à desorganização da membrana, ao aumento da permeabilidade e à interferência no metabolismo energético. A comparação entre o óleo integral e o linalol isolado permite avaliar se o componente majoritário concentra a atividade ou se a interação entre constituintes é determinante para o efeito antimicrobiano e antibiofilme.

2.8. Desafios de Padronização e Aplicação Veterinária

A avaliação de óleos essenciais enfrenta limitações metodológicas particulares. A baixa miscibilidade em água pode gerar dispersões instáveis e alterar a concentração efetivamente disponível no meio. Emulsificantes e solventes precisam ser controlados, pois também podem influenciar o crescimento microbiano. O método de microdiluição, a densidade do inóculo, o tempo de incubação e a leitura da turbidez devem ser descritos com precisão (Chen et al., 2024; Hulankova, 2024).

A composição do óleo deve ser determinada por técnicas cromatográficas, com informação sobre origem botânica, parte vegetal, lote, armazenamento e constituintes majoritários. Sem esses dados, resultados obtidos para uma espécie vegetal não são reprodutíveis nem comparáveis. A padronização é ainda mais importante em *Lippia alba*, devido à diversidade de quimiotipos (Santos Filho et al., 2023; Tubay-Bermúdez et al., 2024).

A aplicação clínica requer, além da eficácia antimicrobiana, estudos de citotoxicidade, irritação, sensibilização, farmacocinética local, estabilidade e compatibilidade com veículos farmacêuticos. Formulações otológicas, dermatológicas ou destinadas à higienização devem considerar concentração segura, tempo de contato e possíveis interações com tecidos inflamados. A ausência dessas etapas explica por que os óleos essenciais devem ser tratados como candidatos promissores, e não como substitutos já validados dos antimicrobianos convencionais.

3. METODOLOGIA

3.1. Delineamento do Estudo

Trata-se de uma revisão integrativa da literatura, de abordagem qualitativa e caráter documental, estruturada em formulação da pergunta norteadora, definição do corpus, seleção das fontes, categorização temática, avaliação crítica e síntese narrativa. O universo documental foi delimitado a um conjunto de referências previamente compilado sobre o tema, submetido a nova triagem, categorização temática e síntese crítica segundo os critérios descritos a seguir.

3.2. Pergunta Norteadora

A pergunta foi organizada pela estratégia PICO: P (população/problema), bactérias multirresistentes e biofilmes de interesse veterinário; I (fenômeno de interesse), atividade antibacteriana, antibiofilme e moduladora dos óleos essenciais e de seus constituintes; Co (contexto), medicina veterinária, Saúde Única e infecções de animais de companhia ou de produção. A questão norteadora foi: quais evidências disponíveis na literatura sustentam os óleos essenciais como alternativas promissoras no combate a bactérias multirresistentes e biofilmes de interesse veterinário?

3.3. Fonte Documental e Estratégia de Identificação

A fonte documental foi um levantamento bibliográfico sobre a atividade anti-estafilocócica *in vitro* do óleo essencial de *Lippia alba* (Mill.) N.E.Br. e de seu componente majoritário linalol frente a *Staphylococcus* spp. multirresistentes isolados de otite canina. Foram identificadas 73 referências. Para a triagem, utilizaram-se os seguintes termos e eixos temáticos: “resistência antimicrobiana”, “bactérias multirresistentes”, “biofilme”, “óleos essenciais”, “produtos naturais”, “*Staphylococcus*”, “*Pseudomonas*”, “*Proteus*”, “otite canina”, “*Lippia*” e “linalol”.

3.4. Critérios de Inclusão e Exclusão

Foram incluídos artigos, revisões e trabalhos acadêmicos que apresentassem relação direta com pelo menos dois dos seguintes eixos: resistência antimicrobiana em medicina veterinária; formação ou tolerância de biofilmes; atividade antimicrobiana ou antibiofilme de óleos essenciais; modulação de antibióticos; agentes bacterianos de interesse veterinário; e mecanismos de ação de terpenos ou terpenoides. Foram priorizadas publicações de 2022 a 2026, em

português, inglês ou espanhol. Foram excluídas referências exclusivamente metodológicas sem contribuição para a pergunta, fontes voltadas a temas não bacterianos sem relação moduladora, documentos regulatórios e estudos sem conexão com produtos naturais, resistência ou biofilme.

3.5. Processo de Seleção e Extração

Das 73 referências identificadas, 34 foram excluídas na triagem inicial por não apresentarem relação direta com o foco da revisão. Trinta e nove fontes foram avaliadas de forma mais detalhada quanto ao conteúdo e à relevância temática; 17 foram excluídas por caráter exclusivamente técnico, ausência de relação veterinária ou insuficiente conexão entre óleos essenciais, resistência e biofilme. Ao final, 22 estudos compuseram a síntese analítica. A extração contemplou autor, ano, tipo de estudo, microrganismo ou contexto, produto ou abordagem, contribuição principal e limitações.

3.6. Avaliação Crítica e Síntese

A apreciação metodológica considerou a identificação do microrganismo, a origem das cepas, a descrição da composição química do óleo, o uso de controles, a definição dos desfechos antimicrobianos e antibiofilme, a presença de análise estatística e a possibilidade de aplicação veterinária. Devido à heterogeneidade dos delineamentos e à ausência de medidas quantitativas comparáveis em todas as fontes, não foi realizada metanálise. Os achados foram sintetizados narrativamente por eixos temáticos.

3.7. Aspectos Éticos

Por utilizar exclusivamente dados secundários provenientes de publicações científicas, a revisão dispensa apreciação por Comitê de Ética em Pesquisa ou Comissão de Ética no Uso de Animais. Foram observados os princípios de integridade acadêmica, atribuição de autoria e fidelidade às fontes documentais.

Quadro 1. Fluxo de seleção das referências para a síntese integrativa.

Etapa	Descrição
Identificação	73 referências identificadas no levantamento bibliográfico inicial.
Triagem	73 registros avaliados por título, tema e conteúdo; 34 excluídos por baixa pertinência direta.
Elegibilidade	39 fontes avaliadas em detalhe; 17 excluídas por caráter apenas técnico, ausência de vínculo veterinário ou insuficiente conexão entre resistência, biofilme e óleos essenciais.
Inclusão	22 estudos incluídos na síntese analítica final.

Fonte: Autoria própria (2026), com base no levantamento bibliográfico realizado.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A síntese reuniu 22 estudos publicados predominantemente entre 2022 e 2025, incluindo revisões narrativas ou estratégicas, investigações microbiológicas *in vitro* e estudos voltados à resistência, biofilmes, produtos naturais e modulação de antibióticos. O conjunto evidencia forte concentração de dados pré-clínicos e mecanísticos. Não foram identificados, no corpus selecionado, ensaios clínicos veterinários controlados que

demonstrassem segurança e eficácia de formulações à base de óleos essenciais para substituir antimicrobianos convencionais.

Os estudos convergem em três pontos principais. Primeiro, a resistência antimicrobiana veterinária está integrada à Saúde Única e envolve microrganismos capazes de circular entre animais, pessoas e ambiente. Segundo, a formação de biofilme amplia a persistência e a tolerância, tornando insuficiente avaliar apenas células planctônicas. Terceiro, os óleos essenciais apresentam mecanismos multialvo e potencial de associação com antibióticos, porém sua variabilidade química e metodológica limita comparações e extrapolações.

Quadro 2. Síntese dos principais estudos utilizados na revisão integrativa.

Autor (ano)	Tipo	Contexto/ modelo	Produto ou abordagem	Principais contribuições	Limitações para aplicação veterinária
Caneschi et al. (2023)	Revisão narrativa	Uso de antibióticos e resistência em medicina	Análise do fenômeno de resistência	Demonstração da natureza multifatorial da resistência	Síntese ampla; avaliação direta sobre óleos essenciais

⚠ Esta tabela possui muitas colunas e foi cortada para impressão. Para visualizá-la completa, acesse o artigo original em: <https://revistatopicos.com.br/artigos/oleos-essenciais-como-alternativa-promissora-no-combate-a-bacterias-multirresistentes-e-biofilme-de-interesse-veterinario?noblockage>

Fonte: Autoria própria (2026), com base nas referências analisadas.

4.1. Resistência, Virulência e Biofilme no Contexto Veterinário

A literatura analisada demonstra que resistência, virulência e formação de biofilme não devem ser avaliadas isoladamente. Em *Staphylococcus pseudintermedius*, a presença simultânea desses atributos favorece colonização, persistência e recorrência, além de limitar as opções terapêuticas (Wang et al., 2022). Andrade et al. (2022) reforçam essa relação ao descrever estafilococos produtores de biofilme associados a infecções de pele em animais de companhia. Portanto, um produto natural candidato precisa ser avaliado tanto em células planctônicas quanto em biofilmes de isolados clínicos.

A relevância zoonótica amplia a importância desses achados. *Staphylococcus pseudintermedius* e *Staphylococcus aureus* podem transitar entre animais e seres humanos, e a seleção de cepas resistentes no ambiente doméstico não é um problema restrito à clínica veterinária (Abdullahi et al., 2022; Moses; Santos; Gales, 2023). Estratégias complementares devem, entretanto, reduzir a dependência de antibióticos sem substituir diagnóstico, cultura e teste de suscetibilidade.

4.2. Potencial Antibacteriano e Mecanismos Multialvo

Os mecanismos descritos para os óleos essenciais diferem da ação altamente específica de muitas classes de antibióticos. Terpenos e terpenoides podem afetar simultaneamente a membrana, o equilíbrio iônico, a geração de energia, proteínas e sistemas de resposta ao estresse (Masyita et al., 2022; Iskandar et al., 2025). Essa multiplicidade de alvos é frequentemente apontada como vantagem teórica, pois pode dificultar a adaptação por um único

mecanismo; contudo, não elimina o risco de tolerância, seleção ou respostas adaptativas.

A natureza lipofílica também explica parte da atividade diferencial entre microrganismos. A membrana externa das bactérias Gram-negativas atua como barreira adicional, mas componentes capazes de aumentar sua permeabilidade podem facilitar a própria entrada ou a ação de antibióticos associados. Em *Pseudomonas aeruginosa*, essa hipótese é especialmente relevante devido ao papel das bombas de efluxo e da baixa permeabilidade na resistência intrínseca (Elfadadny et al., 2024).

4.3. Efeito Sobre Adesão, Matriz e Biofilme Maduro

A ação antibiofilme é uma das propriedades mais promissoras, porém também uma das mais difíceis de comparar. Estudos podem avaliar prevenção da adesão, redução da biomassa, viabilidade celular ou desestruturação da matriz, produzindo resultados que não são equivalentes. A interpretação deve informar a fase do biofilme, a concentração e o método empregado (Andersen; Rybtke; Tolker-Nielsen, 2024; Sharma et al., 2023).

A evidência de Lopes et al. (2024), ao associar óleo essencial de *Lippia grata* e ampicilina contra *Staphylococcus aureus* e biofilme, sustenta a hipótese de que fitocomplexos podem atuar como adjuvantes. Entretanto, a atividade sobre uma espécie vegetal ou cepa não pode ser automaticamente atribuída a *Lippia alba* ou a isolados de otite canina. Cada combinação precisa ser testada com caracterização química e controles adequados.

4.4. Lippia Alba, Linalol e Variabilidade Fitoquímica

Os estudos sobre *Lippia alba* oferecem uma base mecanística coerente para sua investigação veterinária. Kumari et al. (2023) relacionaram a atividade do óleo a alterações no potencial de membrana e no estado oxidativo, enquanto Su et al. (2022) demonstraram que o linalol compromete a integridade celular e o metabolismo energético. Esses efeitos são compatíveis com a hipótese de atividade contra estafilococos multirresistentes, mas a magnitude depende do quimiotipo e da concentração.

A variabilidade química constitui simultaneamente uma oportunidade e uma limitação. Diferentes perfis podem gerar atividades distintas, permitindo selecionar quimiotipos mais eficazes, porém dificultando a reprodutibilidade quando a composição não é informada. Chaverri, Ramón-Farías e Ciccio (2022), Santos Filho et al. (2023) e Tubay-Bermúdez et al. (2024) demonstram que origem, genótipo e condições de obtenção alteram a assinatura química. Assim, o nome botânico isolado não é suficiente para definir o produto testado.

4.5. Associação com Antibióticos e Redução da Pressão Terapêutica

O uso combinado pode ser mais plausível, em curto prazo, do que a substituição integral dos antimicrobianos. Ao aumentar a permeabilidade ou interferir em sistemas de efluxo, constituintes dos óleos podem reduzir a concentração efetiva necessária do antibiótico (Raikwar et al., 2024). Essa abordagem poderia contribuir para infecções de difícil controle, desde que o sinergismo seja confirmado e que não haja antagonismo, toxicidade ou instabilidade na formulação.

Os resultados de Lopes et al. (2024) e Siqueira et al. (2024) sustentam a investigação de associações em contextos relacionados a *Staphylococcus aureus* e bactérias de origem animal. Contudo, índices de sinergismo obtidos *in vitro* não predizem automaticamente eficácia em tecidos, onde proteínas, lipídios, exsudato, pH e metabolismo podem reduzir a disponibilidade dos compostos.

4.6. Limitações Metodológicas e Lacunas de Evidência

A principal limitação identificada é a heterogeneidade. Estudos utilizam diferentes métodos de extração, solventes, emulsificantes, inóculos, tempos de incubação e critérios de leitura. Valores de concentração inibitória mínima só são comparáveis quando essas condições são semelhantes e quando a composição do óleo é conhecida (Chen et al., 2024; Hulankova, 2024).

Também predominam ensaios *in vitro* com cepas de referência ou número limitado de isolados. Há escassez de estudos de citotoxicidade em células animais, modelos de pele ou conduto auditivo, avaliações de irritação e ensaios clínicos. A segurança não pode ser inferida apenas da origem natural do produto. Óleos essenciais são misturas concentradas e podem causar irritação, sensibilização ou toxicidade em concentrações inadequadas.

Estudos futuros devem integrar identificação molecular dos isolados, antibiograma, quantificação de biofilme, determinação de CIM e CBM, curvas de crescimento, ensaios de combinação, análise cromatográfica e avaliação de segurança. A utilização de cepas de referência e isolados clínicos veterinários no mesmo delineamento aumentará a validade comparativa. Formulações padronizadas

deverão ser testadas em modelos *ex vivo* e *in vivo* antes de qualquer recomendação clínica.

4.7. Implicações para a Medicina Veterinária

Os óleos essenciais apresentam potencial em três frentes: como fontes de novos compostos antimicrobianos, como adjuvantes de antibióticos e como componentes de formulações tópicas destinadas à prevenção de adesão e biofilme. Infecções de pele e ouvido constituem campos de interesse por permitirem aplicação local, mas também exigem atenção à integridade da barreira, à presença de inflamação e ao risco de irritação.

No cenário atual, a aplicação mais responsável é investigacional. O uso clínico empírico de óleos não padronizados pode produzir concentração insuficiente, toxicidade ou atraso no tratamento adequado. A promessa científica deve ser acompanhada por controle de qualidade botânico e químico, protocolos microbiológicos reprodutíveis e validação veterinária. Dessa forma, os produtos naturais podem contribuir para a inovação sem reproduzir práticas de uso indiscriminado que favoreceram a resistência aos antibióticos.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As referências analisadas indicam que os óleos essenciais constituem fontes promissoras de compostos antibacterianos, antibiofilme e moduladores da atividade de antibióticos. A desorganização da membrana, o aumento da permeabilidade, a alteração do potencial de membrana, o comprometimento do metabolismo energético e a interferência na adesão e na matriz do

biofilme formam uma base mecânica consistente para a continuidade das investigações.

No contexto veterinário, o interesse é reforçado pela ocorrência de *Staphylococcus pseudintermedius*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Proteus mirabilis* e outros agentes capazes de reunir resistência, virulência e biofilme. Óleos de espécies do gênero *Lippia* e constituintes como o linalol apresentam evidências experimentais relevantes, enquanto associações com antibióticos podem representar estratégia complementar para reduzir concentrações ou ampliar a atividade antimicrobiana.

Entretanto, os dados disponíveis permanecem predominantemente pré-clínicos. Variabilidade fitoquímica, falta de padronização, diferenças entre células planctônicas e biofilmes, escassez de estudos de segurança e ausência de ensaios clínicos veterinários controlados impedem recomendar substituição direta dos antimicrobianos convencionais. O avanço da área depende de caracterização química de cada lote, métodos microbiológicos reprodutíveis, avaliação de citotoxicidade e desenvolvimento de formulações estáveis.

Conclui-se que os óleos essenciais devem ser compreendidos como candidatos a ferramentas complementares dentro de uma estratégia ampla de enfrentamento da resistência antimicrobiana. Seu desenvolvimento deve ocorrer em conjunto com diagnóstico microbiológico, uso prudente de antibióticos, vigilância epidemiológica e princípios de Saúde Única.

DECLARAÇÕES

Conflito de interesses: a autora declara não haver conflito de interesses.

Financiamento: o presente estudo não recebeu financiamento específico de agências públicas, privadas ou sem fins lucrativos.

Aprovação ética (CEP/CONEP/CEUA): por se tratar de revisão integrativa baseada em dados secundários, sem envolvimento direto de seres humanos ou animais, o estudo dispensa apreciação por Comitê de Ética em Pesquisa ou Comissão de Ética no Uso de Animais.

Uso de inteligência artificial generativa: ferramentas de inteligência artificial generativa foram utilizadas como apoio à organização textual, revisão linguística e formatação do manuscrito. A responsabilidade pela conferência das referências, interpretação científica e versão final permanece com a autora.

Contribuição da autora: Emanuela Mesquita Porfírio participou da concepção, seleção documental, síntese, redação, revisão crítica e aprovação da versão final do manuscrito.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDULLAHI, I. N. et al. Nasal *Staphylococcus aureus* and *Staphylococcus pseudintermedius* carriage in healthy dogs and cats: a systematic review of their antibiotic resistance, virulence and genetic lineages of zoonotic relevance. **Journal of Applied Microbiology**, v. 133, n. 6, p. 3368-3390, 2022. DOI: 10.1111/jam.15803. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/jam.15803>. Acesso em: 10 mai. 2026.

ANDERSEN, J. B.; RYBTKE, M.; TOLKER-NIELSEN, T. The dynamics of biofilm development and dispersal should be taken into account when quantifying biofilm via the crystal violet microtiter plate assay. **Biofilm**, v. 8, art. 100207, 2024. DOI: 10.1016/j.bioflm.2024.100207. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.bioflm.2024.100207>. Acesso em: 14 mai. 2026.

ANDRADE, M. et al. Virulence potential of biofilm-producing *Staphylococcus pseudintermedius*, *Staphylococcus aureus* and *Staphylococcus coagulans* causing skin infections in companion animals. **Antibiotics**, v. 11, n. 10, art. 1339, 2022. DOI: 10.3390/antibiotics11101339. Acesso em: 14 mai. 2026.

CANESCHI, A. et al. The use of antibiotics and antimicrobial resistance in veterinary medicine, a complex phenomenon: a narrative review. **Antibiotics**, Basel, v. 12, n. 3, e487, 2023. DOI: 10.3390/antibiotics12030487. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/antibiotics12030487>. Acesso em: 9 jul. 2026.

CHAVERRI, C.; RAMÓN-FARÍAS, F.; CICCIO, J. F. Chemistry of essential oils of the shrub *Lippia alba* (Verbenaceae) from Mexico and Costa Rica. **UNED Research Journal**, v. 14, n. 2, e4005, 2022. DOI: 10.22458/urj.v14i2.4005.

CHEN, S. et al. Minimum inhibitory concentration (MIC) of essential oils against microorganisms: methods, function, accuracy factors and application. **Food Reviews International**, v. 40, n. 10, p. 3445–3470, 2024. DOI: 10.1080/87559129.2024.2357612. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/87559129.2024.2357612>. Acesso em: 14 abr. 2026.

CIOFU, O.; MOSER, C.; JENSEN, P. Ø.; HØIBY, N. Tolerance and resistance of microbial biofilms. **Nature Reviews Microbiology**, v. 20, p. 621–635, 2022. DOI: 10.1038/s41579-022-00682-4. Acesso em: 14 abr. 2026.

CUNY, C.; LAYER-NICOLAOU, F.; WERNER, G.; WITTE, W. A look at *staphylococci* from the One Health perspective. **International Journal of Medical Microbiology**, v. 314, p. 151604, 2024. DOI: 10.1016/j.ijmm.2024.151604. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijmm.2024.151604>. Acesso em: 10 jul. 2026.

ELFADADNY, A. et al. Antimicrobial resistance of *Pseudomonas aeruginosa*: navigating clinical impacts, current resistance trends, and innovations in breaking therapies. **Frontiers in Microbiology**, Lausanne, v. 15, art. 1374466, 2024. DOI: 10.3389/fmicb.2024.1374466. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2024.1374466>. Acesso em: 12 abr. 2026.

GALGANO, M. et al. Acquired bacterial resistance to antibiotics and resistance genes: from past to future. **Antibiotics**, Basel, v. 14, n. 3, art. 222, 2025. DOI: 10.3390/antibiotics14030222. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/antibiotics14030222>. Acesso em: 9 jul. 2026.

GHERARDI, G. *Staphylococcus aureus* infection: pathogenesis and antimicrobial resistance. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 24, n. 9, p. 8182, 2023. DOI: 10.3390/ijms24098182. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ijms24098182>. Acesso em: 10 jul. 2026.

HULANKOVA, R. Methods for determination of antimicrobial activity of essential oils *in vitro*: a review. **Plants**, v. 13, n. 19, art. 2784, 2024. DOI: [10.3390/plants13192784](https://doi.org/10.3390/plants13192784).

ISKANDAR, K. et al. Essential oils as antimicrobial agents against WHO priority bacterial pathogens: a strategic review of in vitro clinical efficacy, innovations and research gaps. **Antibiotics**, Basel, v. 14, n. 12, e1250, 2025. DOI: 10.3390/antibiotics14121250. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/antibiotics14121250>. Acesso em: 9 abr. 2026.

KUMARI, K. U. et al. Essential oil of *Lippia alba* impedes the growth of *Propionibacterium acnes* by modulating membrane potential and ROS level. **Journal of Herbal Medicine**, v. 41, p. 100733, 2023. DOI: 10.1016/j.hermed.2023.100733.

KWON, J. et al. Antimicrobial resistance and virulence factors of *Proteus mirabilis* isolated from dog with chronic otitis externa. **Pathogens**, v. 11, n. 10, art. 1215, 2022. DOI: 10.3390/pathogens11101215.

LOPES, A. P. R. et al. *Lippia grata* essential oil acts synergistically with ampicillin against *Staphylococcus aureus* and its biofilm. **Current Microbiology**, New York, v. 81, e176, 2024. DOI: 10.1007/s00284-024-03690-0. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00284-024-03690-0>. Acesso em: 9 jul. 2026.

MARCO-FUERTES, Ana. et al. Antimicrobial resistance in companion animals: a new challenge for the One Health approach in the European Union. **Veterinary Sciences**, Basel, v. 9, n. 5, e208, 2022. DOI: 10.3390/vetsci9050208. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/vetsci9050208>. Acesso em: 9 abr. 2026.

MASYITA, A. et al. Terpenes and terpenoids as main bioactive compounds of essential oils, their roles in human health and potential application as natural food preservatives. **Food Chemistry**, X, v. 13, art. 100217, 2022. DOI: 10.1016/j.fochx.2022.100217.

MICHAELIS, C.; GROHMANN, E. Horizontal gene transfer of antibiotic resistance genes in biofilms. **Antibiotics**, Basel, v. 12, n. 2, art. 328, 2023. DOI: 10.3390/antibiotics12020328. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/antibiotics12020328>. Acesso em: 9 jul. 2025.

MOSES, I. B.; SANTOS, F. F.; GALES, A. C. Human colonization and infection by *Staphylococcus pseudintermedius*: an emerging and underestimated zoonotic pathogen. **Microorganisms**, v. 11, n. 3, art. 581, 2023. DOI: 10.3390/microorganisms11030581.

NOCERA, F. P. et al. Methicillin-resistant *Staphylococcus pseudintermedius*: epidemiological changes, antibiotic resistance, and alternative therapeutic strategies. **Veterinary Research Communications**, v. 48, n. 6, p. 3505-3515, 2024. DOI: 10.1007/s11259-024-10508-8.

PANDEY, V. K. et al. Exploiting the bioactive properties of essential oils and their potential applications in food industry. **Food Science and Biotechnology**, Seoul, v. 32, n. 7, p. 885-902, 2023. DOI: 10.1007/s10068-023-01287-0. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10068-023-01287-0>. Acesso em: 9 jul. 2025.

RAIKWAR, G. et al. Synergistic potential of essential oils with antibiotics for antimicrobial resistance with emphasis on mechanism of action: a review. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, Amsterdam, v. 61, e103384, 2024. DOI: 10.1016/j.bcab.2024.103384. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2024.103384>. Acesso em: 8 mai. 2026.

RONCADA, P.; TILOCCA, B. Antimicrobial resistance in veterinary medicine and public health. **Animals**, Basel, v. 12, n. 23, e3253, 2022.

DOI: 10.3390/ani12233253. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ani12233253>. Acesso em: 9 jul. 2026.

SALES, G. W. P. et al. Antifungal and modulatory activity of Lemon Balm (*Lippia alba* (Mill.) N. E. Brown) essential oil. **Scientia Pharmaceutica**, v. 90, n. 2, art. 31, 2022. DOI: 10.3390/scipharm90020031.

SANTOS FILHO, L. G. A. et al. Chemical composition and biological activities of the essential oils from *Lippia alba* and *Lippia origanoides*. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 95, n. 1, e20220359, 2023. DOI: 10.1590/0001-3765202320220359. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0001-3765202320220359>. Acesso em: 9 jul. 2026.

SAUER, K. et al. The biofilm life cycle: expanding the conceptual model of biofilm formation. **Nature Reviews Microbiology**, London, v. 20, n. 10, p. 608–620, 2022. DOI: 10.1038/s41579-022-00767-0. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41579-022-00767-0>. Acesso em: 9 fev. 2026.

SECKER, B.; SHAW, S.; ATTERBURY, R. J. *Pseudomonas* spp. in canine otitis externa. **Microorganisms**, Basel, v. 11, n. 11, art. 2650, 2023. DOI: 10.3390/microorganisms11112650. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/microorganisms11112650>. Acesso em: 12 mai. 2026.

SHARMA, S. et al. Microbial biofilm: a review on formation, infection, antibiotic resistance, control measures, and innovative treatment. **Microorganisms**, Basel, v. 11, n. 6, art. 1614, 2023. DOI: 10.3390/microorganisms11061614. Disponível em:

<https://doi.org/10.3390/microorganisms11061614>. Acesso em: 9 mar. 2026.

SIQUEIRA, I. N. et al. Antimicrobial and modulating activity of essential oils against bacteria isolated from goat dairy products in northeastern Brazil. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 45, n. 6, p. 1807–1822, 2024. DOI: 10.5433/1679-0359.2024v45n6p1807. Disponível em: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2024v45n6p1807>.

SU, R. et al. Antibacterial activity and mechanism of linalool against *Shigella sonnei* and its application in lettuce. **Foods**, v. 11, n. 20, art. 3160, 2022. DOI: 10.3390/foods11203160.

TOUAITIA, R. et al. *Staphylococcus aureus*: a review of the pathogenesis and virulence mechanisms. **Antibiotics**, Basel, v. 14, n. 5, art. 470, 2025. DOI: 10.3390/antibiotics14050470. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/antibiotics14050470>. Acesso em: 19 mar. 2026.

TUBAY-BERMÚDEZ, C. et al. Physical-chemical characterisation and biological activities of the essential oil of *Lippia alba* (Mill.) N.E. Br. ex Britton obtained in Ecuador. **Journal of Herbal Medicine**, Amsterdam, v. 48, art. 100951, 2024. DOI: 10.1016/j.hermed.2024.100951. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.hermed.2024.100951>. Acesso em: 9 jul. 2026.

VIEGAS, F. M. et al. Occurrence and characterization of methicillin-resistant *Staphylococcus* spp. in diseased dogs in Brazil. **PLOS ONE**, v. 17, n. 6, e0269422, 2022. DOI: 10.1371/journal.pone.0269422. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0269422>. Acesso em: 10 jul. 2026.

WANG, Z. et al. Antibiotic resistance, biofilm formation, and virulence factors of isolates of *Staphylococcus pseudintermedius* from healthy dogs and dogs with keratitis. **Frontiers in Veterinary Science**, v. 9, art. 903633, 2022. DOI: 10.3389/fvets.2022.903633.

¹ Discente do Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia em Saúde Humana e Animal-PPGBiotec. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)

² Discente do Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia em Saúde Humana e Animal-PPGBiotec. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)

³ Discente do Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia em Saúde Humana e Animal-PPGBiotec. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)

⁴ Discente do Curso de Medicina Veterinária do Centro Universitário INTA -UNINTA E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)

⁵ Técnica do Laboratório do Centro Universitário INTA-UNINTA E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)

⁶ Técnico do Laboratório do Centro Universitário INTA-UNINTA E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)

⁷ Docente do Curso de Medicina Veterinária do Centro Universitário INTA -UNINTA E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)

⁸ Docente do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde do Centro Universitário INTA-UNINTA E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)

⁹ Docente do Curso de Ciência da Computação da Universidade Estadual Vale do Acaraú-UVA. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)

¹⁰ Docente do Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia em Saúde Humana e Animal-PPGBiotec. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)