

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AMBIENTE, TECNOLOGIA E SOCIEDADE

FRANCISCO DAVID NASCIMENTO BRAGA

**EFEITO PEDICULICIDA DE EXTRATOS PIROLENHOSOS PRODUZIDOS COM
MADEIRA DE EUCALIPTO EM CO-PIRÓLISE COM ERVAS AROMÁTICAS**

Mossoró
Fevereiro/2025

FRANCISCO DAVID NASCIMENTO BRAGA

**EFEITO PEDICULICIDA DE EXTRATOS PIROLENHOSOS PRODUZIDOS COM
MADEIRA DE EUCALIPTO EM CO-PIRÓLISE COM ERVAS AROMÁTICAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ambiente, Tecnologia e Sociedade (PPGATS) da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) como requisito para obtenção do título de Mestre em Ambiente, Tecnologia e Sociedade.

Orientadora: Profa. Dra. Ana Carla Diógenes Suassuna Bezerra.

Mossoró
Fevereiro/2025

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

B813e Braga, Francisco David Nascimento.
Efeito pediculicida de extratos pirolenhosos
produzidos com madeira de eucalipto em co-pirólise
com ervas aromáticas / Francisco David Nascimento
Braga. - 2025.
48 f. : il.

Orientadora: Ana Carla Diógenes Suassuna
Bezerra.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em
Ambiente, Tecnologia e Sociedade, 2025.

1. Ácido pirolenhoso. 2. Bovicola caprae. 3.
Caprinocultura. 4. Pediculose. I. Bezerra, Ana
Carla Diógenes Suassuna, orient. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Biblioteca Campus Mossoró / Setor de Informação e Referência
Bibliotecária: Keina Cristina Santos Sousa e Silva
CRB: 15/120

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

FRANCISCO DAVID NASCIMENTO BRAGA

**EFEITO PEDICULICIDA DE EXTRATOS PIROLENHOSOS PRODUZIDOS COM
MADEIRA DE EUCALIPTO EM CO-PIRÓLISE COM ERVAS AROMÁTICAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ambiente, Tecnologia e Sociedade (PPGATS) da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) como requisito para obtenção do título de Mestre em Ambiente, Tecnologia e Sociedade.

Aprovada em: 12/02/2025

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 ANA CARLA DIOGENES SUASSUNA BEZERRA
Data: 12/02/2025 16:05:50-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Profa. Dra. Ana Carla Diógenes Suassuna Bezerra (UFERSA)

Orientadora/Presidente

Documento assinado digitalmente
 ALEXANDRE SANTOS PIMENTA
Data: 13/02/2025 07:38:19-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof. Dr. Alexandre Santos Pimenta (UFRN)

Membro Examinador Externo

Documento assinado digitalmente
 WESLEY ADSON COSTA COELHO
Data: 12/02/2025 15:41:54-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof. Dr. Wesley Adson Costa Coelho (FACENE/RN)

Membro Examinador Externo

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo sopro de vida que me deu e por sua bondade imensurável. Mesmo sem ser merecedor tenho experimentado sua misericórdia.

À minha mãe, Maria Helena do Nascimento, que foi meu suporte desde sempre. Sempre lutou para me criar, educar e prover tudo que podia. Mesmo sem expressar em palavras com frequência, amo muito a senhora!

À minha companheira nessa jornada, Juliany Ingridy Silva de Medeiros, por seu apoio, seu incentivo e seu carinho. Amo você!

À Profa. Dra. Ana Carla Diógenes Suassuna Bezerra, uma profissional e pessoa incrível. Obrigado pelos conselhos da senhora, pela paciência e pela oportunidade de aprender mais, obrigado professora!

Aos meus colegas do Laboratório de Parasitologia Diagnóstica e Experimental (LPDE), sem vocês este trabalho dificilmente seria executado. Contem comigo!

Ao Prof. Dr. Alexandre Santos Pimenta, pela parceira essencial na realização desta pesquisa.

Ao Prof. Dr. Wesley Adson Costa Coelho pela ajuda e ensinamentos compartilhados desde a época de graduação.

Ao meu amigo Ismael Vinícius de Oliveira, que me incentivou a buscar o mestrado e também ajudou nesse caminho.

Aos meus colegas de mestrado, com os quais construí amizade que tornou minha jornada mais leve.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ambiente, Tecnologia e Sociedade (PPGATS) e todos aqueles que fazem parte do programa, pela oportunidade de qualificação e crescimento acadêmico.

À Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), por proporcionar um ambiente de aprendizado e qualificação.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) – Brasil (Processo Nº 131375/2023-7), pelo apoio financeiro, fundamental para a realização desta pesquisa.

RESUMO

A infestação por piolhos pode comprometer a produtividade da criação de caprinos e o controle dessa condição é tradicionalmente realizado com inseticidas sintéticos que têm acelerado o processo de resistência dos parasitos e também causado contaminações em produtos e no ambiente. Diante disso, métodos alternativos de tratamento da pediculose em caprinos vêm sendo estudados e, entre eles, os principais objetos de estudo são produtos de origem vegetal, como por exemplo os extratos pirolenhosos. Com isso, o objetivo desta pesquisa foi avaliar a atividade pediculicida *in vitro* dos extratos pirolenhosos de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* e *Origanum vulgare* L. (EO) e de *E. urophylla* x *E. grandis* e *Thymus vulgaris* L. (ET) sobre piolhos mastigadores da espécie *Bovicola caprae*. Para produção dos extratos foram utilizadas madeira de um híbrido de *E. urophylla* x *E. grandis* obtida a partir de plantios em área experimental e amostras de *O. vulgare* L. e *T. vulgaris* L. A análise da atividade piolhicida *in vitro* ocorreu conforme a metodologia da imersão nas concentrações de 100%, 50%, 25%, 12,5%, 6,25%, 3,12% e 1,562% com todos os ensaios realizados em quadruplicata. Para o controle positivo foi usado o amitraz e o negativo a água destilada. Um total de 720 piolhos foram divididos em grupos experimentais formados por dez espécimes por placa e os intervalos de observação da mortalidade dos insetos foram ao longo de 1, 3, 6, 12, 24, 36 e 48 horas, decorridos do início do experimento. Ao final dos experimentos, o extrato pirolenhoso de EO, na concentração de 100%, causou a maior taxa de mortalidade dos ectoparasitos entre os tratamentos testados, com percentual superior a 80%, e foi considerado de forte efeito inseticida, de acordo com os parâmetros adotados no estudo. Com os resultados obtidos a partir desta pesquisa foi possível concluir que os extratos pirolenhosos, especialmente de EO, têm um potencial promissor para ser empregado como um pediculicida eficiente e ecologicamente viável.

Palavras-chave: Ácido pirolenhoso; *Bovicola caprae*; Caprinocultura; Pediculose.

PEDICULICIDAL EFFECT OF PYROLIGNONE EXTRACTS PRODUCED FROM EUCALYPTUS WOOD IN CO-PYROLYSIS WITH AROMATIC HERBS

ABSTRACT

Lice infestation can compromise the productivity of goat farming and control of this condition is traditionally carried out with synthetic insecticides that have accelerated the parasites' resistance process and also caused contamination in products and the environment. In view of this, alternative methods of treating pediculosis in goats have been studied and, among them, the main objects of study are products of plant origin, such as pyroligneous extracts. Therefore, the objective of this research was to evaluate the in vitro pediculicidal activity of pyroligneous extracts of *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* and *Origanum vulgare* L. (EO) and *E. urophylla* x *E. grandis* and *Thymus vulgaris* L. (ET) on chewing lice of the species *Bovicola caprae*. Wood from a hybrid of *E. urophylla* x *E. grandis* obtained from plantations in an experimental area and samples of *O. vulgare* L. and *T. vulgaris* L. were used to produce the extracts. The analysis of the in vitro lice-killing activity occurred according to the immersion methodology at concentrations of 100%, 50%, 25%, 12.5%, 6.25%, 3.12% and 1.562% with all tests performed in quadruplicate. Amitraz was used as the positive control and distilled water as the negative control. A total of 720 lice were divided into experimental groups formed by ten specimens per plate and the observation intervals for insect mortality were over 1, 3, 6, 12, 24, 36 and 48 hours, elapsed from the beginning of the experiment. At the end of the experiments, the pyroligneous extract of EO, at a concentration of 100%, caused the highest mortality rate of ectoparasites among the treatments tested, with a percentage higher than 80%, and was considered to have a strong insecticidal effect, according to the parameters adopted in the study. With the results obtained from this research, it was possible to conclude that pyroligneous extracts, especially EO, have a promising potential to be used as an efficient and ecologically viable pediculicide.

Keywords: *Bovicola caprae*; Goat farming; Pediculosis; Wood vinegar.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – Morfologia externa de *Bovicola caprae* visualizada por estereomicroscopia: A – Vista ventral de *B. caprae*, aumento de 40x; B – Destaque dos segmentos abdominais de *B. caprae*, aumento de 100x.....14
- Figura 2 – *Origanum vulgare* L.: A – Destaque para as estruturas foliares da planta; B – Destaque para flores diminutas da espécie.....19
- Figura 3 – *Thymus vulgaris* L.: A – Destaque para folhas e caules da espécie; B – Destaque das flores.....21

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Média (% de mortalidade) e desvio-padrão da atividade pediculicida total do extrato de pirolenhoso de eucalipto e orégano (100%, 50%, 25%, 12,5%, 6,25%, 3,125% e 1,562%), controle positivo e controle negativo sobre piolhos da espécie *Bovicola caprae*.....28

Tabela 2 – Média (% de mortalidade) e desvio-padrão da atividade pediculicida total do extrato de pirolenhoso de eucalipto e tomilho (100%, 50%, 25%, 12,5%, 6,25%, 3,125% e 1,562%), controle positivo e controle negativo sobre piolhos da espécie *Bovicola caprae*.....28

Tabela 3 – Valores médios (% de mortalidade) e desvio padrão da atividade pediculicida do extrato de pirolenhoso de eucalipto e orégano (100%, 50%, 25%, 12,5%, 6,25%, 3,125% e 1,562%), controle positivo e controle negativo sobre piolhos da espécie *Bovicola caprae* em diferentes intervalos de observação.....29

Tabela 4 – Valores médios (% de mortalidade) e desvio padrão da atividade pediculicida do extrato de pirolenhoso de eucalipto e tomilho (100%, 50%, 25%, 12,5%, 6,25%, 3,125% e 1,562%), controle positivo e controle negativo sobre piolhos da espécie *Bovicola caprae* em diferentes intervalos de observação.....30

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	9
1.1 Objetivo geral.....	10
1.2 Objetivos específicos.....	11
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	12
2.1 Caprinocultura.....	12
2.2 Ectoparasitos.....	13
2.2.1 <i>Bovicola (Damalinia)</i>	13
2.3 Controle químico da pediculose.....	15
2.3.1 Resistência parasitária.....	16
2.4 Formas alternativas de controle.....	17
2.5 Lamiaceae.....	18
2.5.1 <i>Origanum vulgare</i> L.....	19
2.5.2 <i>Thymus vulgaris</i> L.....	20
2.6 <i>Eucalyptus</i> spp.....	22
2.7 Extrato pirolenhoso.....	23
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	25
3.1 Tipo de pesquisa, aspectos éticos e local de estudo.....	25
3.2 Produção dos extratos pirolenhosos.....	25
3.3 Coleta dos ectoparasitos.....	26
3.4 Análise <i>in vitro</i> da atividade pediculicida.....	26
3.5 Análise dos dados.....	27
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	28
4.1 Resultados.....	28
4.2 Discussão.....	30
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	33
REFERÊNCIAS.....	34

1 INTRODUÇÃO

A criação de caprinos representa um importante e diversificado setor da economia global, provendo desde produtos alimentícios até bens duráveis de consumo e desempenha, nos países em desenvolvimento, um papel socioeconômico ainda mais crucial, especialmente naqueles situados em regiões de clima semiárido (Naeem; Iqbal; Roohi, 2021; Salgado *et al.*, 2023). No Brasil, de acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2023), a população de caprinos é estimada em aproximadamente 12,9 milhões de animais e a maior parte desse rebanho está concentrada na região Nordeste, representando 96% dos caprinos.

Um dos principais fatores que gera significativas perdas econômicas para a caprinocultura é representado pelos ectoparasitos, sobretudo para pequenos produtores (Muhammad *et al.*, 2021; Cotticelli *et al.*, 2023). O ectoparasitismo é um problema de saúde comum nos caprinos, que impacta direta e indiretamente a sanidade dos animais (Disasa, 2020; Nizamov, 2023). De forma direta os hospedeiros sofrem com perda sanguínea, processos alérgicos, inflamatórios e infecciosos, bem como, afligidos de maneira indireta pela ansiedade, inquietação e automutilação decorrentes do prurido normalmente presente nos animais infestados (Nizamov, 2023).

Entre os ectoparasitos que infestam pequenos ruminantes, notadamente carrapatos, ácaros causadores de sarna, pulgas e piolhos representam os mais comumente encontrados em cabras (Iqbal *et al.*, 2022; Cotticelli *et al.*, 2023; Nizamov, 2023). Diferentes espécies de piolhos constituem agentes etiológicos da pediculose, a mais frequente doença ectoparasitária de importância médico-veterinária e presente em praticamente todas as áreas do planeta, sobretudo nos períodos sazonais mais chuvosos (Ajith *et al.*, 2019; Nizamov; Iliev, 2023).

Na pediculose caprina, as espécies da subordem Ischnocera, conhecidas como piolhos mastigadores ou mordedores, compreendem as mais prevalentes e têm como habitat qualquer parte do corpo do hospedeiro, principalmente as áreas de difícil acesso às patas e dentes dos animais (Benelli *et al.*, 2018; Ballados-González *et al.*, 2023). Piolhos do gênero *Bovicola* spp. infestam massivamente rebanhos caprinos e figuram como principal gargalho econômico da caprinocultura, devido a produtividade reduzida dos animais parasitados e aos gastos com pesticidas (Benelli *et al.*, 2018; Prelezov; Nizamov; Veleva, 2022).

Tradicionalmente, inseticidas químicos sintéticos representam a estratégia mais amplamente adotada por caprinocultores para combater ectoparasitos, incluindo entre eles piolhos do gênero *Bovicola* spp. (Benelli *et al.*, 2018; Cotticelli *et al.*, 2023). A maioria dos

compostos utilizados pertence às classes das lactonas macrocíclicas, organofosforados, formamidinas, tiazolidinas, fenilureias e piretróides (Benelli *et al.*, 2018; Legesse *et al.*, 2022).

A eficácia dos agentes químicos sintéticos no controle parasitário ainda pode ser observada quando empregados de acordo com as boas práticas recomendadas, sem subdosagens ou superdosagens (Benelli *et al.*, 2018; Aguiar *et al.*, 2021). Entretanto, utilizados de maneira indiscriminada, excessiva e irracional, esses produtos têm apresentado uma eficiência diminuída e potencializado os mecanismos de resistência dos parasitos, comprometendo consideravelmente o arsenal farmacológico disponível no mercado (Lu, 2023). Além disso, quando usados inadequadamente, geram resíduos nos produtos de origem animal e também contaminam o meio ambiente (Al-Dawood *et al.*, 2023).

Diante da resistência aos antiparasitários sintéticos e problemas associados aos pesticidas, Candy *et al.* (2020) e Cotticelli *et al.* (2023), destacam a demanda pelo desenvolvimento de formas alternativas de controle parasitário que apresentem concomitantemente eficiência e segurança. Entre as possibilidades de métodos alternativos, a fitoterapia e produtos da pirólise mostram um potencial promissor frente a parasitos como carrapatos (Figueiredo *et al.*, 2019; Salman *et al.*, 2020; Rosário *et al.*, 2023), ácaros (Akram *et al.*, 2020; Sawitri; Yuningsih, 2020), pulgas (Moog *et al.*, 2020; Banuls *et al.*, 2023) e piolhos (Aguiar *et al.*, 2021; Yingklang *et al.*, 2022).

Diversos métodos e tecnologias podem ser empregados para obter fitoterápicos e produtos da pirólise a partir de uma ampla variedade de vegetais, incluindo metodologias que permitem aproveitar a parte condensável dos gases produzidos durante a pirólise nas carvoarias, gerando um coproduto denominado extrato pirolenhoso (Soares *et al.*, 2021). Nessa perspectiva, espécies do gênero *Eucalyptus*, amplamente utilizadas para produzir extrato pirolenhoso, apresentam metabólitos secundários com atividade biológica antimicrobiana (Soares *et al.*, 2020; Souza *et al.*, 2021; Silva *et al.*, 2023), anti-helmíntica (Araújo-Filho *et al.*, 2019; Moazeni *et al.*, 2019; Godoi *et al.*, 2022) e antiparasitária (Soonwera; Wongnet; Sittichok, 2018; Madreseh-Ghahfarokhi *et al.*, 2019), e podem ser associadas com outras plantas no intuito de obter um efeito sinérgico entre bioativos. A partir desse contexto, surge a seguinte problemática de pesquisa: os extratos pirolenhosos produzindo com madeira de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* em co-pirólise com ervas aromáticas têm atividade pediculicida sobre *Bovicola caprae*?

1.1 Objetivo geral

Avaliar a atividade pediculicida dos extratos pirolenhosos produzindo com madeira de

E. urophylla x *E. grandis* em co-pirólise com ervas aromáticas sobre *B. caprae*, testando potencial como método alternativo de controle parasitário.

1.2 Objetivos específicos

- Avaliar *in vitro* a atividade pediculicida do extrato pirolenhoso de *E. urophylla* x *E. grandis* e *Origanum vulgare* L. (EO) em diferentes concentrações sobre piolhos mastigadores da espécie *B. caprae*;
- Avaliar *in vitro* a atividade pediculicida do extrato pirolenhoso de *E. urophylla* x *E. grandis* e *Thymus vulgaris* L. (ET) em diferentes concentrações sobre piolhos mastigadores da espécie *B. caprae*.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Caprinocultura

A caprinocultura representa uma importante atividade socioeconômica para humanidade desde a antiguidade, quando por volta de 6.000 e 7.000 a.C. espécies selvagens de caprinos foram domesticadas pelo homem e coevoluíram com as sociedades pré-históricas (Mazinani; Rude, 2020; Lu, 2023). Algumas características biofisiológicas, como alta taxa de fertilidade, rápida chegada da idade reprodutiva e natureza dócil, tornaram as cabras animais ideais para as comunidades sedentárias dominarem e explorarem carne, leite e pele (Hermes *et al.*, 2020; Mazinani; Rude, 2020).

Atualmente, a criação de cabras ainda desempenha um papel fundamental na socioeconomia dos países em desenvolvimento, sobretudo nas comunidades rurais, atuando como um fator que contribui para segurança alimentar, erradicação da fome, geração de renda e redução da pobreza das famílias (Utaaker *et al.*, 2021; Nguyen *et al.*, 2023). Nos países desenvolvidos, a popularidade da caprinocultura cresceu nos últimos anos devido ao valor nutricional, palatabilidade e preferência gastronômica aos laticínios e produtos cárneos caprinos (Miller; Lu, 2019; Lu, 2023).

Quanto ao rebanho caprino no mundo, desde a década de 1970, houve um incremento populacional extraordinário, com um crescimento superior a 200% e a quantidade de animais atingiu a marca de um bilhão (Abdelsattar *et al.*, 2023; Nguyen *et al.*, 2023). A maior parte desse efetivo está reunida nos continentes da Ásia e África, que somados representam mais de 90% do rebanho, enquanto que a América detém 3,58%, com destaque para países latinos (Mazinani; Rude, 2020; Salgado *et al.*, 2023).

No Brasil, conforme dados do IBGE (2023), na última Pesquisa Pecuária Municipal (PPM) a população caprina foi estimada em 12,9 milhões de cabeças e, aproximadamente 96% desses animais concentrados no Nordeste do país. A alta densidade populacional de caprinos no Nordeste brasileiro pode ser explicada pela capacidade desses pequenos ruminantes se adaptarem e prosperarem em ambientes com pouca disponibilidade de água e forragem (Hermes *et al.*, 2020; Nguyen *et al.*, 2023).

Consequentemente, no semiárido nordestino, a caprinocultura representa um dos pilares econômicos e exerce papel essencial na cadeia de abastecimento, suprimindo uma significativa parcela da demanda de produtos de origem animal (Guimarães *et al.*, 2022; Rosário *et al.*, 2023). Entretanto, enfermidades causadas por parasitos, principalmente ectoparasitos, comprometem a saúde e produtividade animal, figurando como um importante fator limitante

para pecuária de caprinos (Muhammad *et al.*, 2021; Cotticelli *et al.*, 2023).

2.2 Ectoparasitos

Parasitos, de forma geral, podem ser caracterizados como organismos que estabelecem habitat e dependem nutricionalmente de um outro organismo, causando danos em maior ou menor grau a este (Monteiro, 2017; Neves *et al.*, 2022). De maneira específica, ectoparasitos compreendem aqueles que vivem na superfície externa ou cavidades dos hospedeiros e podem ser totalmente dependentes, quando realizam ciclo biológico na fase parasitária, ou ainda apresentarem fases de vida livre ao desenvolverem complexos mecanismos de sobrevivência (Bowman, 2010; Ajith *et al.*, 2020; Muhammad *et al.*, 2021).

Ectoparasitos, obrigatórios ou temporários, infestam uma ampla gama hospedeiros vertebrados e invertebrados, incluindo aves, insetos, anfíbios, répteis e mamíferos (Díaz-Sánchez *et al.*, 2023). Nos vertebrados, podem causar retardo no crescimento biofisiológico das espécies e representam importantes vetores de microrganismos como bactérias, protozoários e vírus (Mahar *et al.*, 2020; Muhammad *et al.*, 2021).

As enfermidades causadas pelo ectoparasitismo apresentam, na maioria dos casos, uma considerável morbidade dos hospedeiros, mas devido à baixa mortalidade, frequentemente acabam subestimadas (Benelli *et al.*, 2018; Ballados-González *et al.*, 2023). Apesar de subestimados, parasitos externos impactam direta e indiretamente a sanidade animal, causando perda de peso, dermatites pápulo-crostosas, arranhaduras, alergias, prurido, alopecia, anemia e estresse (Disasa, 2020; Nizamov, 2023). Isso compromete a produtividade dos animais e causam perdas econômicas significativas em diferentes setores da pecuária de bovinos, ovinos e caprinos (Muhammad *et al.*, 2021; Cotticelli *et al.*, 2023; Nizamov, 2023).

As espécies de ectoparasitos que com maior frequência infestam caprinos incluem as pulgas, ácaros da sarna, carrapatos duro do gênero *Rhipicephalus* (*Boophilus*) spp., piolhos hematófagos do gênero *Linognathus* spp. e, principalmente, piolhos mastigadores do gênero *Bovicola* (*Damalinia*) spp. (Iqbal *et al.*, 2022; Cotticelli *et al.*, 2023; Nizamov, 2023).

2.2.1 *Bovicola* (*Damalinia*)

Chamados genericamente de piolhos mastigadores ou mordedores, as espécies do gênero *Bovicola* (*Damalinia*) compreendem aquelas que apresentam uma maior prevalência entre pequenos ruminantes (Disasa, 2020; Cotticelli *et al.*, 2023). Anteriormente, a ordem a qual pertencem esses espécimes era denominada de Mallophaga termo com origem no grego e significa “aquele que se alimenta pelo ato de roer” (Benelli *et al.*, 2018; Ajith *et al.*, 2019). No

entanto, para atender critérios filogenéticos, bem como na tentativa de simplificar a taxonomia as ordens Mallophaga e Anoplura foram unidas em uma única, Phthiraptera (Boyd; Reed, 2012; Neves *et al.*, 2022).

A ordem Phthiraptera constitui um táxon que apresenta aproximadamente 5000 espécimes de artrópodes e está subdivida em quatro subordens Amblycera, Rhyncophthirina, Anoplura e Ischnocera com as espécies do gênero *Bovicola* (*Damalinia*) pertencendo a subordem Ischnocera (Ouarti *et al.*, 2020; Guzmán-Torres; Cano-Santana, 2021).

As espécies de *Bovicola* (*Damalinia*) figuram como as principais causadoras da pediculose em ovinos e caprinos, apesar desses animais também serem infestados por piolhos hematófagos (Benelli *et al.*, 2018; Cotticelli *et al.*, 2023). Nas cabras, *Bovicola* (*Damalinia*) *caprae* Gurlt representa a mais prevalente e demonstra alta especificidade parasitária, com maior ocorrência em períodos de temperaturas mais elevadas (Monteiro, 2017; Benelli *et al.*, 2018).

Morfológicamente, *B. caprae* apresenta tórax mais estreito que a cabeça, arredonda na parte anterior, peças bucais ventrais e antenas laterais (Bowman, 2010; Monteiro, 2017). Medem aproximadamente de 1 a 2 mm de comprimento, corpo achatado dorsoventralmente, ápteros e com segmentos abdominais com cor variando do amarelo ao castanho-escuro (Figura 1) (Bowman, 2010; Benelli *et al.*, 2018).

Figura 1 – Morfologia externa de *Bovicola caprae* visualizada por estereomicroscopia: A – Vista ventral de *B. caprae*, aumento de 40x; B – Destaque dos segmentos abdominais de *B. caprae*, aumento de 100x.



Fonte: Veterinary parasitology, 2024. Disponível em: <<https://www.veterinaryparasitology.com/bovicola.html>>. Acesso em: 28 de dez. de 2024.

Quanto a ecologia parasitária, normalmente piolhos mastigadores do gênero *Bovicola* (*Damalinia*) têm como habitat as áreas da linha dorsal, maxilar e glúteos do animal, partes que

difícilmente conseguem ser acessadas por seus dentes e patas, tornando a retirada dos parasitos praticamente impossível (Santos; Faccini; Santos, 2006; Benelli *et al.*, 2018). Fora do hospedeiro, sobrevivem por um curto período e, devido a isso, raramente deixam a pele do vertebrado (Monteiro, 2017; Nizamov; Iliev, 2023). A dieta desses insetos, por sua vez, compreende restos celulares da camada epidérmica, fragmentos necróticos, pelos, sebo cutâneo e exúvias (Ouarti *et al.*, 2020; Nizamov; Iliev, 2023).

Esses parasitos apresentam um ciclo biológico hemimetábolo (incompleto) que dura aproximadamente um mês e podem se reproduzir sexuadamente ou por partenogênese (Monteiro, 2017; Benelli *et al.*, 2018). As fêmeas realizam a ovipostura de 200 a 300 ovos operculados, denominados lêndeas e seu desenvolvimento pós-embrionário ocorre em três estádios ninfais durante duas a três semanas, alcançando a fase adulta após a terceira ecdise (Monteiro, 2017).

2.3 Controle químico da pediculose

A pediculose e outras enfermidades parasitárias que afetam caprinos apresentam como principais formas de controle métodos baseados em compostos químicos sintéticos (Ajith *et al.*, 2019; Legesse *et al.*, 2022). Esse tipo de tratamento envolve uma ampla variedade de inseticidas como tiazolidinas, fenilureias, formamidinas, organofosforados, piretroides, carbamatos e lactonas macrocíclicas, administrados sob diferentes vias (Benelli *et al.*, 2018).

A prática do controle químico de *B. caprae* ocorre principalmente através de pesticidas aplicados diretamente sobre a superfície externa do hospedeiro na forma de *pour-on* (técnica do derramamento), *dips* (mergulho) ou *spray* (Ajith *et al.*, 2019; Cotticelli *et al.*, 2023). Pediculicidas tópicos de primeira escolha, como amitraz e flumetrina, apresentam como mecanismo farmacológico, respectivamente, a interferência em receptores alfa-2 adrenérgicos e bloqueio de canais iônicos de sódio que comprometem a atividade do sistema nervoso do piolho (Garg; Katoch; Bhushan, 1998; Gazafi; Tavassoli; Mardani, 2023).

Outra estratégia terapêutica utilizada na caprinocultura envolve agentes antiparasitários administrados por via interna, como no caso das lactonas macrocíclicas (avermectinas e milbemicinas) (Ajith *et al.*, 2019; Prelezov; Nizamov; Veleva, 2022). Essas drogas, na forma injetável ou subcutânea, possuem um amplo espectro de atividade parasitocida e também atuam no sistema nervoso central do organismo-alvo, causando paralisia e morte (Benelli *et al.*, 2018; Prelezov; Nizamov; Veleva, 2022).

No entanto, tanto piolhidas tópicos quanto internos podem apresentar um potencial tóxico para animais tratados, deixar resíduos químicos na carne ou leite, contaminar aplicadores

e também representam um risco ambiental (Ajith *et al.*, 2019; Cotticelli *et al.*, 2023). Além disso, a utilização incorreta quanto à posologia (subdosagem ou superdosagem), desrespeito ao período de carência entre cada tratamento e politerapia figuram como principais fatores que contribuem para diminuir a eficácia de métodos químicos, bem como aumentar a incidência de cepas resistentes (Meguini *et al.*, 2018; Gazafi; Tavassoli; Mardani, 2023).

2.3.1 Resistência parasitária

Embora ainda representem a estratégia mais comum, métodos químicos de controle da pediculose e outras enfermidades parasitárias de importância médico-veterinária demonstram cada vez mais uma eficiência menor (Benelli *et al.*, 2018; Legesse *et al.*, 2022). A eficácia diminuída do controle químico convencional está atrelada, entre outros fatores, a resistência parasitária aos pesticidas que normalmente é indicada pela falha no tratamento clínico (Ebadollahi; Ziaee; Palla, 2020; Legesse *et al.*, 2022).

A resistência parasitária compreende a capacidade que determinada cepa de inseto, ácaro ou microrganismo apresenta em tolerar uma dose considerada letal para a maior parte da espécie (Heath; Levot, 2015). De acordo com Johnson, Boray e Dawson (1992, *apud* Boray *et al.*, 1988), desde 1986, experimentos realizados com pediculicidas sintéticos apresentavam resultados que indicavam a incidência de baixa suscetibilidade em espécimes do gênero *Bovicola* (*Damalinia*). Em um outro estudo, Johnson, Boray e Dawson (1992), identificaram a presença de resistência aos piretróides sintéticos em linhagens de piolhos mastigadores.

A tolerância aos inseticidas geralmente ocorre devido ao desenvolvimento de mecanismos de desintoxicação metabólica ou por mudanças na conformação química-espacial de receptores (Thomas *et al.*, 2006). No caso dos piretroides sintéticos, a origem da resistência reside no polimorfismo de único nucleotídeo (SNP) que induz à troca de aminoácidos na estrutura proteica do canal de sódio, resultando em alterações na sensibilidade do alvo (Larkin *et al.*, 2020; Gazafi; Tavassoli; Mardani, 2023). Já para lactonas macrocíclicas e outras drogas, parasitos resistentes apresentam uma maior atividade de enzimas detoxificantes, como monoxigenases, esterases e glutathione S-transferase (Thomas *et al.*, 2006; Amanzougaghene *et al.*, 2018).

Nesse sentido, existe uma necessidade imperativa em diminuir a utilização de pediculicidas e outros químicos sintéticos, bem como pelo desenvolvimento de métodos alternativos de controle eficientes e ambientalmente seguros (Ebadollahi; Ziaee; Palla, 2020; Aguiar *et al.*, 2021).

2.4 Formas alternativas de controle

A demanda por alternativas aos métodos tradicionais de controle parasitário de piolhos, pulgas, carrapatos e ácaros tem impulsionado as pesquisas na área, sobretudo com ênfase em métodos economicamente e ecologicamente viáveis (Benelli *et al.*, 2018; Ebadollahi; Ziaee; Palla, 2020; Rosário *et al.*, 2023). Nesse sentido, há esforços para aprimorar e desenvolver técnicas não convencionais, como o controle biológico, os fitoterápicos e os produtos da pirólise (Benelli *et al.*, 2018; Legesse *et al.*, 2022).

Controle biológico compreende a utilização de um organismo que naturalmente atua como predador ou como agente entomopatológico do parasito (Drummond; Miller; Pinnock, 1992; Benelli *et al.*, 2018). Gingrich, Allan e Hopkins (1974) descreveram a sensibilidade de quatro diferentes espécies de piolhos mastigadores a δ -endotoxina produzida pela bactéria gram-positiva *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki*. Em uma outra pesquisa, Briggs, Colwell e Wall (2006), relataram a eficiência pediculicida do fungo *Metarhizium anisopliae* (Metchnikoff) Sorokin sobre a espécie *Bovicola (Damalinia) bovis*.

Ainda na perspectiva do controle biológico parasitário, nematódeos também podem atuar como um agente entomopatogênico (Reis-Menini *et al.*, 2008; Samish *et al.*, 2020). James, Hook e Pepper (2010), realizaram um estudo *in vitro* com quatro espécies diferentes de nematódeos *Steinernema carpocapsae*, *Steinernema riobrave*, *Steinernema feltiae* e *Heterorhabditis bacteriophora* sobre *Bovicola (Damalinia) ovis* que apresentaram capacidade de infectar e causar a morte do inseto.

A fitoterapia, por sua vez, compreende um ramo da farmacologia que estuda a capacidade terapêutica das plantas e representa uma importante linha de pesquisa como método alternativo de gerenciamento parasitário (Cotticelli *et al.*, 2023; Rosário *et al.*, 2023). Na forma de extrato, óleo essencial ou composto isolado, um número expressivo de vegetais apresenta atividade carrapaticida (Figueiredo *et al.*, 2019; Salman *et al.*, 2020; Rosário *et al.*, 2023), acaricida (Akram *et al.*, 2020; Sawitri; Yuningsih, 2020), pulicida (Moog *et al.*, 2020; Banuls *et al.*, 2023) e pediculicida (Aguiar *et al.*, 2021; Yingklang *et al.*, 2022). Nessa perspectiva, plantas aromáticas como *Origanum vulgare* L. (orégano), *Thymus vulgaris* L. (tomilho) e outras espécies da família Lamiaceae apresentam uma diversidade de compostos bioativos, que lhes conferem um potencial como alternativa no controle de insetos e ácaros (Ebadollahi; Ziaee; Palla, 2020; Nikolaou *et al.*, 2021; Silva *et al.*, 2021).

Além da fitoterapia, produtos da pirólise de biomassa vegetal também demonstram efeito antimicrobiano (Yıldızlı; Coral; Ayaz, 2022; Gama *et al.*, 2023; Silva *et al.*, 2023), antifúngico (Akkuş; Akçay; Yalçın, 2022; Kim *et al.*, 2022; Yıldızlı; Coral; Ayaz, 2022) e

inseticida (Tavares *et al.*, 2010; Jindo *et al.*, 2022). Nesse sentido, espécies do gênero *Eucalyptus*, incluindo híbridos, apresentam uma perspectiva promissora considerando sua ampla atividade biológica e extensa utilização para produção do extrato pirolenhoso (Soares *et al.*, 2020; Souza *et al.*, 2021; Kim *et al.*, 2022; Silva *et al.*, 2023).

2.5 Lamiaceae

A família Lamiaceae, conhecida também como família da menta, é um táxon formado por plantas que em sua maioria são aromáticas e apresenta grande diversidade contando com aproximadamente 236 gêneros e mais de 7000 espécies (Silva *et al.*, 2021; Spréa *et al.*, 2024). Os vegetais desse grupo apresentam uma distribuição praticamente cosmopolita, adaptados a diferentes condições e que estão presentes principalmente na Ásia e na região do Mediterrâneo (Çelik *et al.*, 2020; Chakrabartty *et al.*, 2022).

Quanto a morfologia, as espécies de Lamiaceae possuem uma variação morfológica importante incluindo ervas, herbáceas, arbustos e árvores (Maithani; Maithani; Singh, 2023). As espécies da família são caracterizadas principalmente por exibirem caules com forma quadrangular, pelos glandulares, raiz principal com ramificações, flores simétricas bilateralmente, estilo ginobásico e folhas simples opostas (Sim; Rani; Husain, 2019; Zhao *et al.*, 2021).

Em relação ao perfil fitoquímico, as plantas de Lamiaceae são abundantes em terpenos, flavonoides e diterpenoides (Silva *et al.*, 2021; Islam *et al.*, 2022). Além disso, esses vegetais também podem apresentar compostos como glicosídeos, saponinas, resinas e, mais raramente, alcaloides (Islam *et al.*, 2022). Devido à presença desses diferentes bioativos, membros da família Lamiaceae são amplamente explorados na medicina tradicional, na indústria de alimentos e na indústria farmacêutica (Sun *et al.*, 2022; Maithani; Maithani; Singh, 2023).

No que diz respeito as propriedades biológicas, algumas vegetais de Lamiaceae destacam-se pelas atividades expectorantes, antiespasmódicas, antissépticas, diuréticas, anti-inflamatórias, antivirais, analgésicas, antitussígenas, antiasmáticas, antipiréticas, antimicrobianas, antieméticas, antifúngicas e inseticidas (Silva *et al.*, 2021; Chakrabartty *et al.*, 2022). Nesse sentido, existe um considerável número de relatos que descrevem um potencial promissor como inseticida de gêneros da família, entre eles *Lavandula*, *Mentha*, *Ocimum*, *Satureja*, *Origanum* e *Thymus* (Ebadollahi; Ziaee; Palla, 2020).

2.5.1 *Origanum vulgare* L.

Entre as espécies pertencentes ao gênero *Origanum*, a mais importante é *Origanum*

vulgare L. que é conhecida popularmente como orégano (Blank *et al.*, 2020; Oliveira *et al.*, 2021). *O. vulgare* L. (orégano) é uma planta com propriedades aromáticas nativa da região do Mediterrâneo, mas que também é encontrada e bem adaptada a outras regiões como Europa central, América do Norte, norte da África e parte do continente asiático (Lombrea *et al.*, 2020; Maithani; Maithani; Singh, 2023).

O. vulgare L. é uma planta perene, com caules herbáceos, folhas ovaladas opostas, flores diminutas com cores que variam de branco a roxo e que podem alcançar um comprimento entre 20 e 80 cm (Figura 2) (Lombrea *et al.*, 2020; Maithani; Maithani; Singh, 2023). Essa espécie vegetal é uma das mais utilizadas como especiaria no preparo e na conservação de alimentos, sendo também amplamente empregada na medicina tradicional e como fitoterápico, devido ao seu rico conteúdo de metabólitos secundários (Lombrea *et al.*, 2020; Benkaddour *et al.*, 2022).

Figura 2 – *Origanum vulgare* L.: A – Destaque para as estruturas foliares da planta; B – Destaque para flores diminutas da espécie.



Fonte: National Parks Flora & Fauna Web, 2024. Disponível em: <<https://www.nparks.gov.sg/florafaunaweb/flora/5/1/5191>>. Acesso em: 28 de dez. de 2024.

Quanto à fitoquímica de *O. vulgare* L., em diferentes tipos de extratos e também no óleo essencial podem ser encontrados um grande número de compostos bioativos (Lombrea *et al.*, 2020; Benkaddour *et al.*, 2022). Em extratos aquosos, etanólicos e hidroalcoólicos de orégano foram descritos como os mais significativos flavonoides a luteolina e o kaempferol, além disso foram relatados outros fenóis como o ácido rosmarínico, ácido cafeico, ácido vanílico e ácido o-cumárico (Blank *et al.*, 2020; Lombrea *et al.*, 2020). Já os óleos voláteis de *O. vulgare* L. apresentam como principais constituintes os monoterpenos aromáticos carvacrol e timol, além de outros terpenos, como γ -terpineno, p-cimeno, linalol e terpenin-4-ol (Lin *et al.*, 2022; Maithani; Maithani; Singh, 2023).

Em virtude da diversidade de constituintes fitoquímicos presentes nos extratos e óleos

essenciais de *O. vulgare* L., estudos demonstram que a planta exibe atividade antioxidante (Kosakowska *et al.*, 2021; Lin *et al.*, 2022), antimicrobiana (Ghitea *et al.*, 2021; Silva *et al.*, 2021; Lin *et al.*, 2022), antifúngica (Lombrea *et al.*, 2020; Moussa *et al.*, 2020; Wu *et al.*, 2023) e inseticida (Govindarajan *et al.*, 2016; Nikolaou *et al.*, 2021; Oliveira *et al.*, 2021).

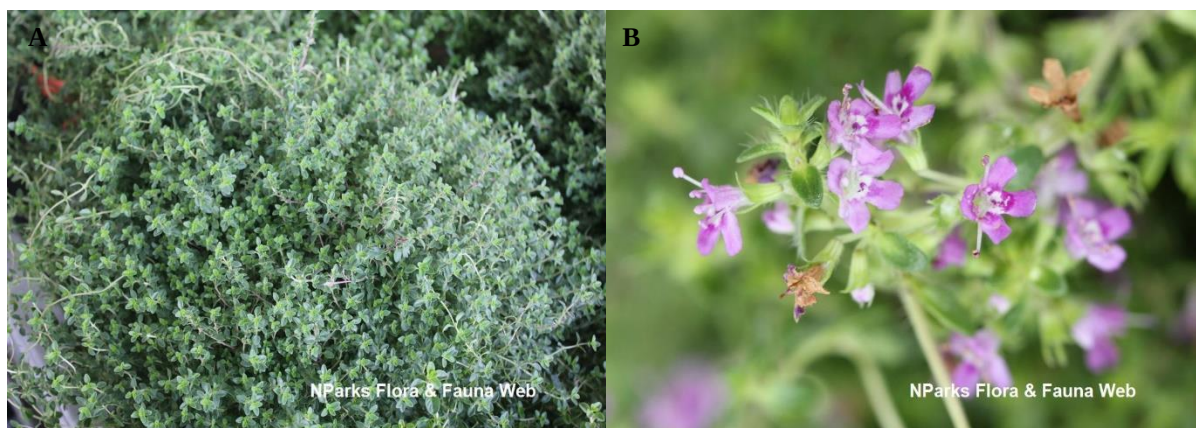
Em relação à propriedade inseticida, pesquisas *in vitro* indicaram que os óleos voláteis de *O. vulgare* L. têm atividade larvicida sobre mosquitos vetores da malária, como *Anopheles stephensi* e *Anopheles subpictus*, da filariose, como *Culex quinquefasciatus*, e também sobre *Aedes aegypti* (Govindarajan *et al.*, 2016; Oliveira *et al.*, 2021). Além disso, Nikolaou *et al.* (2021) descreveram os efeitos tóxicos da planta em besouros da espécie *Sitophilus oryzae* L. e traças *Ephestia kuehniella* (traça-da-farinha). Já em outro estudo, Giatropoulos *et al.* (2018) relataram atividade larvicida e repelente contra *Aedes albopictus* do óleo essencial de orégano e também de *Thymus vulgaris* L. (tomilho).

2.5.2 *Thymus vulgaris* L.

O gênero *Thymus* apresenta uma grande diversidade de espécies que evolutivamente se adaptaram com êxito a diferentes climas e solos, entretanto a mais comum de todas elas é *Thymus vulgaris* L. (Beicu *et al.*, 2021). A espécie *T. vulgaris* L., designada popularmente como “tomilho de cultura” ou “tomilho comum”, é originária da região do Mediterrâneo e tem como principal característica as suas propriedades aromáticas (Nieto, 2020; Banuls *et al.*, 2023).

Botanicamente, *T. vulgaris* L. (tomilho) é descrita como uma planta arbustiva perene, flores axilares e com altura aproximada de 10 a 40 cm (Nieto, 2020; Jain; Choudhary, 2022). As folhas da espécie têm tamanho diminuído, margens ciliadas, cor verde-acinzentada e apresentam uma variedade morfológica podendo ser lanceoladas, oblongas ou ovaladas (Figura 3) (Nieto, 2020; Jain; Choudhary, 2022). Devido a presença de diversos metabólitos secundários no tomilho, a planta é aproveitada de maneira ampla como aromatizante, condimento, conservante alimentar e, principalmente, como agente terapêutico na medicina tradicional e na veterinária (Beicu *et al.*, 2021; Mahrye *et al.*, 2021).

Figura 3 – *Thymus vulgaris* L.: A – Destaque para folhas e caules da espécie; B – Destaque das flores.



Fonte: National Parks Flora & Fauna Web, 2024. Disponível em: <<https://www.nparks.gov.sg/florafaunaweb/flora/5/3/5393>>. Acesso em: 28 de dez. de 2024.

Em relação ao perfil fitoquímico de *T. vulgaris* L., a presença e proporção de determinados compostos bioativos é dependente do tipo de extrato ou óleo essencial produzido a partir da planta (Nieto, 2020; Hossain; Alrashdi; Touby, 2022). Em extratos metanólicos de tomilho, por exemplo, foi relatada a presença de flavonóis, ácidos fenólicos (ácido p-cumárico, cafeico, rosmarínico, cinâmico, carnósico), flavononas e flavonas (Nieto, 2020; Mokhtari *et al.*, 2023). Nos extratos obtidos com solventes diferentes (butanol, hexano e acetato de etila) foram descritos outros metabólitos como saponinas, taninos, esteroides, alcaloides e flavonoides (Ghazanfar *et al.*, 2020; Patil *et al.*, 2021). Quanto aos óleos voláteis, principal produto do tomilho, têm como componentes mais importantes qualitativa e quantitativamente o timol e o carvacrol, além de outras substâncias em menor quantidade (Banuls *et al.*, 2023; Spréa *et al.*, 2024).

Quanto as propriedades biológicas do tomilho, tanto na forma de extrato bruto quanto na forma de óleo essencial, o vegetal apresenta diversas aplicações (Nieto, 2020; Mahrye *et al.*, 2021). O óleo essencial, especificamente, demonstra atividade antioxidante (Nieto, 2020; Mahrye *et al.*, 2021; Popa *et al.*, 2021), antifúngica (Baj *et al.*, 2020; Pandur *et al.*, 2022; Qi *et al.*, 2023), antimicrobiana (Beicu *et al.*, 2021; Tomanić *et al.*, 2022; Bakó *et al.*, 2023) e inseticida (Kazempour *et al.*, 2021; Oliveira *et al.*, 2021; Gupta *et al.*, 2022).

Acerca das propriedades inseticidas de *T. vulgaris* L., o óleo essencial da espécie apresentou em experimentos *in vitro* atividade larvicida contra duas espécies diferentes de mosquitos do gênero *Aedes*, *A. aegypti* e *A. albopictus* (Oliveira *et al.*, 2021; Gupta *et al.*, 2022). Além disso, em outra pesquisa os óleos voláteis da planta foram tóxicos para larvas do mosquito *Anopheles stephensi*, vetor da malária (Kazempour *et al.*, 2021). Por fim, o tomilho também

demonstrou eficácia no controle sobre besouros da espécie *Dermestes maculatus* e *Xanthogaleruca luteola* M. (Valizadeh *et al.*, 2021; Nasiru; Suleiman, 2024).

2.6 *Eucalyptus* spp.

Nativo da Austrália, *Eucalyptus* compreende um gênero da família Myrtaceae de árvores e arbustos com caule lenhoso, dimorfismo foliar, crescimento acelerado, grande estatura e perenidade (Salehi *et al.*, 2019; Souza *et al.*, 2021). Etimologicamente, a palavra Eucalipto vem do prefixo grego *eu* que significa “verdadeiro, verídico” e do radical *calipto* (cobrir; encobrir), retratando a morfologia floral que apresenta uma unidade entre cálice e corola (Vecchio; Loganes; Minto, 2016; Salehi *et al.*, 2019).

Mesmo endêmicas na Oceania, as espécies de *Eucalyptus* demonstram uma grande capacidade adaptativa a diferentes ambientes e, devido a isso, desde a metade do século XIX foram introduzidas exitosamente em diversas áreas do planeta (Vecchio; Loganes; Minto, 2016; Gama *et al.*, 2023). *Eucalyptus* spp. conta com aproximadamente 800 espécies catalogadas e também com híbridos amplamente cultivados, ocupando no território brasileiro, por exemplo, uma área aproximada de 7,53 milhões de hectares (Salehi *et al.*, 2019; Ibá, 2022).

Por conta da sua alta produtividade, qualidade da biomassa e versatilidade, *Eucalyptus* spp. desempenha um papel importante na economia mundial e brasileira (Vecchio; Loganes; Minto, 2016; Ibá, 2022). A espécie híbrida de eucalipto, *E. urophylla* x *E. grandis* (popularmente conhecida no Brasil como *Eucalyptus urograndis*), por exemplo, apresenta uma madeira com grande percentual de lignina e por isso extensamente utilizada em carvoarias (Silva; Fortes; Sette-Junior, 2018; Gama *et al.*, 2023).

Da perspectiva socioambiental, *Eucalyptus* spp. cumpre um papel crucial como uma forma de revitalizar áreas desmatadas por meio das florestas plantadas, uma alternativa sustentável de reflorestamento e auxilia também a diminuir a poluição atmosférica pelo aproveitamento de gases-condensáveis produzidos na pirólise (Brancalion *et al.*, 2020; Soares *et al.*, 2021; Melo *et al.*, 2023). Além disso, a utilização do eucalipto como uma fonte de matéria-prima renovável para produzir energia contribui no desenvolvimento socioeconômico em áreas rurais de maneira sustentável (Silva; Fortes; Sette-Junior, 2018; Melo *et al.*, 2023).

Quanto ao potencial fitofarmacológico, tanto a medicina tradicional quanto a indústria farmacêutica moderna exploram a atividade biológica diversa do eucalipto na forma de extrato vegetal, óleo essencial e extrato pirolenhoso (Kesharwani *et al.*, 2018). Araújo *et al.* (2017), Soares *et al.* (2021), Souza *et al.* (2021), Gama *et al.* (2023) e Silva *et al.* (2023) descrevem, por exemplo, a bioatividade antibacteriana e antifúngica do extrato pirolenhoso do eucalipto.

2.7 Extrato pirolenhoso

De acordo com Campos (2007), a pirólise compreende uma técnica caracterizada por decompor termicamente, na ausência ou presença controlada de oxigênio, a madeira ou outra fonte de biomassa lignocelulósica em carvão vegetal, gases não-condensáveis e fração pirolenhosa. Ácido pirolenhoso, licor de madeira e extrato pirolenhoso denominam de forma mais precisa essa parte condensável produzida durante a pirólise, caracterizada como um líquido de cor marrom-avermelhado ao amarelo, pH ácido e *flavor* defumado (Lingbeck *et al.*, 2014; Kim *et al.*, 2020; Urrutia *et al.*, 2021).

Desde a pré-história, de acordo com Stacey *et al.* (2020) e Cândido *et al.* (2023), ainda no período Paleolítico a parte betuminosa do ácido pirolenhoso, denominada de breu de casca de bétula, era utilizada como um piche adesivo para armas e ferramentas fabricadas por homínídeos. No entanto, por volta do século XVI, Johann Rudolf Glauber e Robert Boyle relataram pela primeira vez que a pirólise também produzia um “ácido de madeira queimada” e um “espírito de madeira”, posteriormente caracterizaram, respectivamente, como ácido acético e metanol (Withrow, 1915; Cândido *et al.*, 2023).

Na indústria alimentícia, a “fumaça líquida” (extrato pirolenhoso) representa cada vez mais uma técnica eficiente para conservar produtos cárneos e atribuir a característica de defumado para itens como condimentos, molhos e produtos lácteos (Lingbeck *et al.*, 2014; Souza *et al.*, 2021). Na agricultura, desde a década de 1930, alguns países asiáticos utilizam extrato pirolenhoso como agente condicionante do solo, herbicida associado aos agrotóxicos, fertilizantes e controle de micro-organismos (Urrutia *et al.*, 2021; Jindo *et al.*, 2022). Na Europa, por exemplo, a Itália permite a utilização do ácido pirolenhoso como fertilizante e pesticida também na agricultura orgânica (Ministério da Agricultura, Alimento, Floresta e Turismo da Itália, 2018).

Quanto ao perfil químico do extrato pirolenhoso, Mattos *et al.* (2019), enfatizam que a matéria-prima utilizada na pirólise, taxa de aquecimento, temperatura máxima do processo e método de refino influenciam quali-quantitativamente na sua fitoquímica. Pimenta *et al.* (2018), a partir de uma técnica hifenizada cromatografia gasosa-espectrometria de massa, descreveram a presença de aproximadamente 90 compostos químicos diferentes no ácido pirolenhoso do híbrido *E. urophylla* x *E. grandis* e identificaram em maior quantidade fenóis. Esses compostos fenólicos como guaiacol, cresóis e furfural atuam em sinergismo conferindo atividade antimicrobiana ao extrato pirolenhoso (Pimenta *et al.*, 2018; Soares *et al.*, 2021; Gama *et al.*, 2023; Silva *et al.*, 2023; Oliveira *et al.*, 2024). Em outra pesquisa Li *et al.* (2019), atribui a extensa atividade antioxidante do extrato pirolenhoso também a presença de um alto teor de

fenóis.

Outro aspecto positivo relacionado ao extrato pirolenhoso, na forma bruta ou refinada, é sua baixa toxicidade, que ocorre quase exclusivamente em concentrações elevadas do produto, como evidenciaram estudos feitos com microcrustáceos e tecido tegumentar de tetos de caprinos (Pimenta *et al.*, 2000; Lourenço *et al.*, 2021; Soares *et al.*, 2021). Por fim, da perspectiva ambiental, aproveitar a fração líquida produzida na pirólise de biomassa lignocelulósica implica reduzir a quantidade de gases emitidos para atmosfera e também pode representar uma forma ambientalmente correta, diante da atividade biológica que apresenta, para controle parasitário (Cândido *et al.*, 2023; Fedeli *et al.*, 2023).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Tipo de pesquisa, aspectos éticos e local de estudo

A pesquisa tem abordagem quantitativa, caráter experimental e delineamento inteiramente casualizado. Este estudo foi submetido à análise da Comissão de Ética no Uso de Animais (Ceua) da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) e aprovado no parecer número 14/2021, foi conduzido nos municípios de Mossoró, onde realizou-se os experimentos *in vitro* no Laboratório de Parasitologia Diagnóstica e Experimental (LPDE), e Macaíba, onde os extratos pirolenhosos foram produzidos, no estado do Rio Grande do Norte, Brasil.

3.2 Produção dos extratos pirolenhosos

Os extratos pirolenhosos foram produzidos a partir da madeira de *E. urophylla* x *E. grandis* (clone I 144) retirada de área experimental na Unidade de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), localizada no município de Macaíba (5° 53' 6" S, 35° 21' 51" O), Rio Grande do Norte, Brasil e o material vegetal de *O. vulgare* L. e *T. vulgaris* L. A idade aproximada das árvores utilizadas foi de 4 anos de cultivo, isenta de tratamento com pesticidas e agrotóxicos (Campos, 2007; Pimenta *et al.*, 2018). A coleta da madeira ocorreu conforme metodologia utilizada por Santos *et al.* (2013), e a amostragem também baseada nesses autores. A amostra selecionada foi composta por discos de madeira com 2 cm de espessura fracionados em quatro cunhas cada, submetidos à secagem durante 48h em estufa a $103 \pm 1^\circ\text{C}$ (Araújo *et al.*, 2017).

Após secagem, ocorreu a pirólise das cunhas de *E. urophylla* x *E. grandis*, aproximadamente 375 g, e 125 g de orégano e tomilho, em corridas individuais para cada planta aromática, perfazendo 500 g de material no total e realizada no interior de um invólucro metálico inserido em forno de laboratório aquecido à temperatura máxima de 450 °C. A mufla foi aparelhada com equipamento condensador para recuperar a parte condensável dos gases produzidos e resfriada por corrente contínua de água (Araújo *et al.*, 2017; Soares *et al.*, 2021).

Finalizada a pirólise, o invólucro metálico foi retirado e deixado em resfriamento até a temperatura ambiente. O total dos líquidos obtidos das corridas foi reunido em recipiente formando uma amostra única, posteriormente armazenada e refrigerada a 6 °C (Araújo *et al.*, 2017; Soares *et al.*, 2021).

Ao final, a amostra única foi bidestilada sob vácuo de 1,00 mmHg a 100 °C, descontinuada ao atingir a temperatura em torno dos 105 °C, após isso armazenou-se o líquido

bidestilado em frasco de vidro previamente autoclavado e posteriormente filtrado por um sistema filtrante à vácuo com filtro membrana MF-Millipore (porosidade de 0,22 µm – Merck, Darmstadt, Alemanha). O resíduo gerado após os processos foi devidamente descartado.

3.3 Coleta dos ectoparasitos

A coleta dos Phthirapteras ocorreu manualmente com auxílio de um pente extrator comercial, em cabras naturalmente infestadas e contidas mecanicamente, recolhendo piolhos mastigadores *B. caprae* diretamente dos hospedeiros caprinos (Aguiar *et al.*, 2021). A fim de minimizar possíveis interferências nos testes, a inspeção e a coleta ocorreram apenas em animais que não receberam tratamento antiparasitário há pelo menos 90 dias (Abu; Mohamed; Bekele, 2014; Santos *et al.*, 2019), independentemente do sexo ou idade.

Após as coletas, os espécimes foram armazenados em recipientes plásticos devidamente limpos, identificados, aerados e transportados ao laboratório em caixas isotérmicas (Farias *et al.*, 2017). Posteriormente, a identificação taxonômica de *B. caprae* deu-se observando a morfologia dos insetos ao microscópio estereoscópico e utilizando chaves taxonômicas (Guimarães; Tucci; Battesti-Barros, 2001). Antes do início dos experimentos, foi avaliada a viabilidade e integridade morfológica dos piolhos sob estereomicroscópio, selecionando apenas aqueles fisiologicamente ativos e morfolologicamente conservados, sem distinguir sexo e estágio de vida (Heukelbach *et al.*, 2008; Aguiar *et al.*, 2021; França *et al.*, 2021).

A busca por *B. caprae* foi realizada em caprinos (*Capra hircus* Linnaeus, 1758) expostos e comercializados na Feira do Bode, no município de Mossoró (5° 12' 4" S, 37° 19' 30" O), Rio Grande do Norte, Brasil.

3.4 Análise *in vitro* da atividade pediculicida

A análise da atividade pediculicida *in vitro* ocorreu conforme metodologia de Heukelbach, Oliveira e Speare (2006), adaptada para piolhos de caprinos onde esses, presos a pelos, foram completamente imersos em 1 mL dos extratos em diferentes concentrações (100%, 50%, 25%, 12,5%, 6,25%, 3,12% e 1,56%) e nos controles durante 1 min. Para controle positivo, foi utilizado amitraz a 12,5% (Ibatox), diluído conforme indicado pelo fabricante (Ibasa, Porto Alegre, Brasil), e como controle negativo a água destilada (diluente dos extratos).

O experimento foi realizado em quadruplicata, com a distribuição aleatória de um total de 720 exemplares de piolhos mastigadores, na proporção de dez espécimes por placa, em cada um dos sete grupos de tratamento e dois grupos de controle para cada extrato testado (Legesse *et al.*, 2022). Logo após a imersão, os insetos foram dispostos em placas de Petri contendo pelos

de caprinos e forradas com papel de filtro umedecido com 200 µL de água para evitar a dessecação dos parasitos (Burkhart; Burkhart, 2001; Heukelbach; Oliveira; Speare, 2006).

As placas de Petri contendo os piolhos foram mantidas em temperatura ambiente ao longo dos ensaios e as observações para avaliar a mortalidade ocorreram ao longo de 1, 3, 6, 12, 24, 36 e 48 horas, depois do início dos testes. A morte dos piolhos mastigadores foi definida pela completa ausência de movimentos nos segmentos abdominais dos insetos e pela falta de motilidade das antenas ou pernas, com ou sem estímulo de pinças (Burkhart; Burkhart, 2001; Heukelbach *et al.*, 2008).

3.5 Análise dos dados

A eficácia pediculicida dos extratos pirolenhosos de *E. urophylla* x *E. grandis* e *O. vulgare* L. (EO) e de *E. urophylla* x *E. grandis* e *T. vulgaris* L. (ET) nas concentrações de 100%, 50%, 25%, 12,5%, 6,25%, 3,12% e 1,56%, foi avaliada em cada intervalo de tempo (1, 3, 6, 12, 24, 36 e 48 horas) por meio do cálculo percentual da mortalidade dos piolhos, conforme a fórmula (Islam *et al.*, 2018; Aguiar *et al.*, 2021; Legesse *et al.*, 2022):

$$\% \text{Mortalidade} = \frac{\text{Número de piolhos mortos}}{\text{Número total de piolhos}} \times 100$$

A partir do percentual de mortalidade obtido em cada corrida experimental foram calculadas as médias e desvios-padrão. Complementarmente, o efeito inseticida dos extratos foi classificado com base nos valores médios de mortalidade em: forte, mortalidade > 80%; moderado, mortalidade de 80 a 60%; fraco, mortalidade de 60 a 40%; pouco ou nenhum, mortalidade < 40% (Gemeda *et al.*, 2014).

Antes da análise propriamente dita, os dados percentuais foram transformados pela fórmula do arco-seno e testados quanto a normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk. A verificação de diferença estatística, comparação entre grupos e intervalos de tempo foram realizadas pelos testes de Kruskal-Wallis, seguido do pós-teste de Dunn, e teste de Friedman, respectivamente. Para determinar as medidas de tendência central, desvio-padrão e transformação de dados foi utilizado o software Microsoft Excel, além disso os demais testes estatísticos foram realizados pelo programa BioEstat (versão 5.3). A concentração letal 50 (CL₅₀) foi calculada por regressão Probit com auxílio também do Microsoft Excel. O nível de significância adotado foi de 5%.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Resultados

A partir dos ensaios *in vitro* para avaliar a atividade pediculicida dos extratos pirolenhosos de EO e de ET nas diferentes concentrações testadas (100%, 50%, 25%, 12,5%, 6,25%, 3,125% e 1,562%) sobre piolhos mastigadores *B. caprae*, a maior taxa de mortalidade para os insetos foi observada nos grupos experimentais tratados com o extrato de EO a 100% causando a morte de mais de 80% dos parasitos e assim classificado com forte efeito inseticida (Tabela 1).

Tabela 1 – Média (% de mortalidade) e desvio-padrão da atividade pediculicida total do extrato de pirolenhoso de eucalipto e orégano (100%, 50%, 25%, 12,5%, 6,25%, 3,125% e 1,562%), controle positivo e controle negativo sobre piolhos da espécie *Bovicola caprae*.

Grupos experimentais								
C+	EO100%	EO50%	EO25%	EO12,5%	EO6,25%	EO3,125 %	EO1,562 %	C-
49,0 ± 36,5B	82,1 ± 12,6A	51,8 ± 22,6ABC G	35,4 ± 25,5CBD EFGH	23,6 ± 28,8DBE FGH	21,1 ± 24,2EFG H	20,0 ± 25,2FGH	25,4 ± 24,6GBH	15,7 ± 20,1H

*Médias e desvios-padrão seguidos de letras maiúsculas diferentes significam que há diferença estatística (Teste de Kruskal-Wallis, *post-hoc* Dunn; $p < 0,05$). EO: extrato pirolenhoso de eucalipto e orégano; C+: controle positivo, amitraz a 12,5%; C-: controle negativo, água destilada.

Fonte: próprio autor, 2024.

Considerando, por sua vez, a análise do efeito piolhicida do extrato pirolenhoso de ET, o melhor desempenho sobre os grupos que receberam os tratamentos foi demonstrado pelo extrato a 100%. Essa concentração causou a mortalidade de mais de 50% dos ectoparasitos e foi classificado como com fraca atividade inseticida, entretanto foi estatisticamente semelhante ao resultado do amitraz a 12,5%, usado como controle positivo (Tabela 2).

Tabela 2 - Média (% de mortalidade) e desvio-padrão da atividade pediculicida total do extrato de pirolenhoso de eucalipto e tomilho (100%, 50%, 25%, 12,5%, 6,25%, 3,125% e 1,562%), controle positivo e controle negativo sobre piolhos da espécie *Bovicola caprae*.

Grupos experimentais								
C+	ET100%	ET50%	ET25%	ET12,5%	ET6,25%	ET3,125 %	ET1,562 %	C-
43,2 ± 34,4BA	57,5 ± 20,4A	48,2 ± 26,2CAD	25,7 ± 24,0DB	19,0 ± 22,4EBD	21,0 ± 27,0FBD E	13,0 ± 27,0GDE F	14,3 ± 15,4HDE FGI	11,4 ± 17,7IDEF G

*Médias e desvios-padrão seguidos de letras maiúsculas diferentes significam que há diferença estatística (Teste de Kruskal-Wallis, *post-hoc* Dunn; $p < 0,05$). ET: extrato pirolenhoso de eucalipto e tomilho; C+: controle positivo, amitraz a 12,5%; C-: controle negativo, água destilada.

Fonte: próprio autor, 2024.

Ao longo do período de observação dos grupos experimentais, nos intervalos de 1h, 3h, 6h, 12h, 24h, 36h e 48h pós-exposição aos tratamentos e controles, o valor percentual de letalidade mais significativo foi identificado no tempo de 48h tanto para o extrato de EO (Tabela 3) quanto para ET (Tabela 4). Nesse mesmo intervalo de observação, as médias de mortalidade para controle positivo e negativo também chegaram aos maiores índices.

Além disso, nas primeiras horas (1h e 3h) para o extrato de EO, com exceção do controle positivo e da concentração a 6,25%, apresentaram médias altas de mortalidade e na sequência uma redução desses valores. Um comportamento semelhante também foi observado no extrato de ET no primeiro momento de avaliação (1h), exceto o controle negativo e concentração de 25%, com taxas elevadas de mortalidade e na observação seguinte uma diminuição da letalidade.

Tabela 3 - Valores médios (% de mortalidade) e desvio padrão da atividade pediculicida do extrato de pirolenhoso de eucalipto e orégano (100%, 50%, 25%, 12,5%, 6,25%, 3,125% e 1,562%), controle positivo e controle negativo sobre piolhos da espécie *Bovicola caprae* em diferentes intervalos de observação.

Grupos experimentais	Tempos						
	1h	3h	6h	12h	24h	36h	48h
C+	37,5 ± 32,0a	15,0 ± 13,0a	25,0 ± 29,0a	25,0 ± 30,0a	70,0 ± 29,4a	82,5 ± 23,6a	87,5 ± 19,0a
EO100%	80,0 ± 18,3a	82,5 ± 17,1a	72,5 ± 15,0a	82,5 ± 12,6a	87,5 ± 5,0a	85,0 ± 10,0a	85,0 ± 10,0a
EO50%	42,5 ± 9,6ab	35,0 ± 12,9ab	32,5 ± 15,0b	37,5 ± 22,2ab	60,0 ± 14,1ab	72,5 ± 17,1ab	82,5 ± 9,6a
EO25%	15,0 ± 5,8b	17,5 ± 9,6ab	15,0 ± 5,8b	17,5 ± 5,0ab	45,0 ± 10,0ab	57,5 ± 5,0ab	80,0 ± 11,5a
EO12,5%	2,5 ± 5,0b	7,5 ± 15,0ab	0,0 ± 0,0b	5,0 ± 10,0ab	25,0 ± 17,3ab	55,0 ± 19,1ab	70,0 ± 11,5a
EO6,25%	2,5 ± 5,0b	0,0 ± 0,0b	2,5 ± 5,0ab	7,5 ± 9,6ab	25,0 ± 10,0ab	47,5 ± 5,0ab	62,5 ± 5,0a
EO3,125%	5,0 ± 10,0b	7,5 ± 15,0ab	7,5 ± 15,0ab	10,0 ± 14,1ab	15,0 ± 17,3ab	42,5 ± 17,1ab	52,5 ± 15,0a
EO1,562%	5,0 ± 5,8b	5,0 ± 5,8b	5,0 ± 5,8b	12,5 ± 5,0ab	32,5 ± 9,6ab	52,5 ± 9,6ab	65,0 ± 10,0a
C-	5,0 ± 10,0ba	0,0 ± 0,0b	0,0 ± 0,0b	5,0 ± 5,7ab	20,0 ± 18,2ab	32,5 ± 9,6ab	47,5 ± 19,0a

*Médias e desvios-padrão seguidos de letras minúsculas diferentes significam que há diferença estatística (Teste

de Friedman; $p < 0,05$). EO: extrato pirolenhoso de eucalipto e orégano; C+: controle positivo, amitraz a 12,5%; C-: controle negativo, água destilada.
Fonte: próprio autor, 2024.

Tabela 4 - Valores médios (% de mortalidade) e desvio padrão da atividade pediculicida do extrato de pirolenhoso de eucalipto e tomilho (100%, 50%, 25%, 12,5%, 6,25%, 3,125% e 1,562%), controle positivo e controle negativo sobre piolhos da espécie *Bovicola caprae* em diferentes intervalos de observação.

Grupos experimentais	Tempos						
	1h	3h	6h	12h	24h	36h	48h
C+	35,0 ± 24,0ab	10,0 ± 8,1b	10,0 ± 11,5b	22,5 ± 20,6ab	65,0 ± 23,8ab	72,5 ± 28,7a	87,5 ± 9,5a
ET100%	50,0 ± 18,2ab	45,0 ± 13,0ab	47,5 ± 12,5ab	42,5 ± 17,1b	55,0 ± 19,1ab	77,5 ± 9,5ab	85,0 ± 10,0a
ET50%	47,5 ± 21,0ab	35,0 ± 35,1ab	35,0 ± 30,0b	37,5 ± 27,5ab	42,5 ± 26,2ab	65,0 ± 13,0ab	75,0 ± 6,0a
ET25%	10,0 ± 8,1b	15,50 ± 13,0ab	12,5 ± 12,5ab	15,0 ± 17,3ab	20,0 ± 22,0ab	45,0 ± 19,1ab	62,5 ± 17,0a
ET12,5%	10,0 ± 5,0ab	5,0 ± 10,0ab	2,5 ± 5,0ab	5,0 ± 10,0b	17,5 ± 22,1ab	42,5 ± 19,0ab	50,0 ± 20,0a
ET6,25%	2,5 ± 5,0ab	0,0 ± 0,0b	2,5 ± 5,0ab	5,0 ± 6,0ab	17,5 ± 17,0ab	52,5 ± 17,0ab	65,0 ± 10,0a
ET3,125%	2,5 ± 5,0ab	2,5 ± 5,0ab	2,5 ± 5,0ab	0,0 ± 0,0b	5,0 ± 6,0ab	45,0 ± 24,0ab	62,5 ± 22,1a
ET1,562%	7,5 ± 9,5ab	5,0 ± 6,0ab	2,5 ± 5,0b	5,0 ± 6,0ab	12,5 ± 5,0ab	22,5 ± 9,5ab	45,0 ± 6,0a
C-	2,5 ± 5,0a	0,0 ± 0,0a	0,0 ± 0,0a	0,0 ± 0,0a	15,0 ± 19,1a	27,5 ± 21,0a	35,0 ± 17,3a

*Médias e desvios-padrão seguidos de letras minúsculas diferentes significam que há diferença estatística (Teste de Friedman; $p < 0,05$). EO: extrato pirolenhoso de eucalipto e tomilho; C+: controle positivo, amitraz a 12,5%; C-: controle negativo, água destilada.

Fonte: próprio autor, 2024.

Com base também nos dados obtidos no experimento e aplicados os testes estatísticos adequados, foram estimadas as concentrações dos extratos necessárias para causar a morte de metade dos indivíduos nos grupos experimentais. Essa medida, conhecida como concentração letal 50 (CL₅₀), foi de 49,90% e 90,49% para os extratos de EO e de ET, respectivamente.

4.2 Discussão

O resultado que mais evidenciou atividade pediculicida no experimento foi do extrato de EO apresentando forte efeito inseticida. Levando em consideração o perfil fitoquímico do extrato pirolenhoso de eucalipto descrito por Oliveira *et al.* (2024) e Pimenta *et al.* (2018), esse produto da pirólise tem uma complexa composição química contendo uma ampla gama de

substâncias e tendo como principal componente o furfural.

Nesse sentido, a atividade inseticida apresentada pelo extrato pode ser associada ao alto teor de furfural que, de acordo com Chai *et al.* (2013), tem a capacidade de inibir a atividade da enzima tirosinase (polifenol oxidase) que nos insetos é responsável pelo processo de esclerotização do exoesqueleto e também exerce um papel na imunidade desses animais contra agentes patogênicos pela síntese de opsoninas, processos de encapsulamento e estruturação de nódulos.

O exoesqueleto nos insetos tem a função de proteção externa desses indivíduos e com inibição da esclerotização é gerada uma perda de rigidez no esqueleto externo e consequente amolecimento corporal e, além disso, com a interrupção da síntese de moléculas e processos imunológicos desses animais, micro-organismos entomopatogênicos podem contribuir para sua mortalidade (Chase *et al.*, 2000; Chai *et al.*, 2013; Neves, 2022).

Outro fator que pode explicar a atividade piolhida do extrato de EO é a alta concentração de monoterpenos no orégano, especialmente o carvacrol, principal componente entre os metabólitos secundários da planta (Maithani; Maithani; Singh, 2023). De acordo com Mohammedi (2017), o carvacrol é um monoterpenoide fenólico que pode exercer o papel inseticida através de diferentes mecanismos, incluindo efeitos neurotóxicos atuando como um modulador positivo dos receptores do ácido gama-aminobutírico (GABA) e inibindo o sistema nervoso dos insetos.

Além do carvacrol, a presença de outros terpenos no perfil fitoquímico do orégano, entre eles o linalol, também pode justificar a atividade inseticida do extrato de EO. Segundo Silva *et al.* (2017) e López e Pascual-Villalobos (2010), os monoterpenos, incluindo o linalol, atuam de forma conjunta no sistema colinérgico dos insetos. A atuação desses compostos ocorre com a inibição da enzima acetilcolinesterase (AChE) que é responsável por controlar a transmissão de impulsos nervosos, que quando inibida, causa a paralisia e morte dos parasitos (López; Pascual-Villalobos, 2010; Silva *et al.*, 2017).

Somado a isso é imprescindível destacar que, em consonância com Urrutia *et al.* (2021), na atividade bioinseticida de produtos vegetais, entre eles os extratos pirolenhosos, os vários componentes presentes em menor quantidade podem atuar de maneira sinérgica com os compostos principais e contribuir para a atividade biológica. Corroborando ainda o efeito bioinseticida do extrato de EO, Mattos *et al.* (2019) descrevem a capacidade praguicida dos extratos pirolenhosos produzidos a partir de diferentes fontes de biomassa sobre espécies de mariposas, besouros, cupins, pulgões e mosquitos.

Por outro lado, com relação ao efeito biocida apresentado pelo extrato de ET sobre os

pioelhos, classificado como fraco de acordo com parâmetros estabelecidos por Gameda *et al.* (2014), é provável que compostos presentes exclusivamente no tomilho atuem de forma antagônica aos outros bioativos responsáveis pela atividade inseticida, reduzindo a eficiência geral do extrato.

Quanto ao desempenho dos extratos na mortalidade dos espécimes de *B. caprae* ao longo do período de observação desta pesquisa, um estudo realizado por Burkhart e Burkhart (2001) descreve um comportamento semelhante. Os autores relatam que o monitoramento para avaliar a mortalidade de pioelhos deve se estender por um período adequado de 24h, mesmo que antes os sinais vitais já estejam ausentes a fim de evitar valores superestimados de letalidade. Depois de 24 a 36h a morte fisiológica dos parasitos é considerada normal (Burkhart; Burkhart, 2001), o que pode explicar as taxas elevadas de mortalidade às 48h.

Atrelado também ao período de observação da mortalidade dos pioelhos está a suposta inconsistência nas taxas de letalidade que se apresentam altas nas primeiras horas e na sequência ocorre uma queda nesses percentuais. Uma provável explicação para tal comportamento é o fenômeno denominado de “ressurreição” dos pioelhos (Heukelbach; Oliveira; Speare, 2006). Nesse mecanismo, os ectoparasitos conseguem permanecer por longos períodos sem respirar, fechando seus espiráculos respiratório para evitar a morte por asfixia e, além disso, assumem um estado de morte aparente (Burkhart; Burkhart, 2006).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a análise *in vitro* do potencial pediculicida dos extratos pirolenhosos de EO e ET sobre *B. caprae* pode-se considerar a utilização, sobretudo do extrato de EO, como uma alternativa promissora aos compostos sintéticos usados no controle de piolhos em caprinos. Essa abordagem alternativa é relevante, devido ao tratamento da pediculose caprina com substâncias sintéticas representar um risco de contaminação dos produtos da caprinocultura e do ambiente.

Além disso, o emprego dos extratos pirolenhosos, cuja produção ocorre pelo aproveitamento dos gases condensáveis gerados na pirólise da biomassa, também é benéfico para o meio ambiente por diminuir os gases lançados na atmosfera e, do ponto de vista econômico, representa uma forma de aumentar o valor agregado da fabricação de carvão vegetal.

Ademais, sobre a perspectiva de uso dos extratos pirolenhosos de EO e ET como um método de controle da pediculose em caprinos, esta pesquisa pode servir como fundamento para futuros estudos que busquem compreender os mecanismos de ação dos extratos e avaliar a sua atividade *in vivo*.

REFERÊNCIAS

- ABDELSATTAR, M. *et al.* Physical, metabolic, and microbial rumen development in goat kids: a review on the challenges and strategies of early weaning. **Animals**, v. 13, n. 15, 2420, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani13152420>.
- ABU, S.; MOHAMED, A.; BEKELE, M. Evaluation of *in vitro* and *in vivo* effectiveness of diazinon against *Damalina ovis*. **Acta Parasitologica Globalis**, v. 5, n. 3, p. 198-205, 2014. DOI: 10.5829/idosi.apg.2014.5.3.85137.
- AGUIAR, A. A. R. M. *et al.* *In vitro* efficacy of *Carapa guianensis* Aublet (Meliaceae) oil on *Damalinea (Bovicola) ovis* Schrank (1781). **Acta Veterinaria Brasilica**, v. 15, n. 4, p. 330-334, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.21708/avb.2021.15.4.10142>.
- AJITH, Y. *et al.* A field study on the efficacy of ivermectin via subcutaneous route against chewing lice (*Bovicola caprae*) infestation in naturally infested goats. **Onderstepoort Journal of Veterinary Research**, v. 86, n. 1, a1635, 2019. DOI: <https://doi.org/10.4102/ojvr.v86i1.1635>.
- AKKUŞ, M.; AKÇAY, Ç.; YALÇIN, M. Antifungal and larvicidal effects of wood vinegar on wood-destroying fungi and insects. **Maderas: Ciencia y tecnologia**, v. 24, n. 37, p. 1-10, 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-221X2022000100437>.
- AKRAM, M. *et al.* Therapeutic potential of medicinal plants for the management of scabies. **Dermatologic Therapy**, v. 33, n. 1, e13186, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1111/dth.13186>.
- AL-DAWOOD, A. *et al.* Awareness of pesticides' residues in food and feed among students of the Faculty of Agriculture, Mutah University, Jordan. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v. 22, n. 8, p. 514-523, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2023.05.003>.
- AMANZOUGAGHENE, N. *et al.* Complexin in ivermectin resistance in body lice. **Plos Genetics**, v. 14, n. 8, e1007569, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pgen.1007569>.
- ARAÚJO, E. de S. *et al.* Antibacterial and antifungal activities of pyroligneous acid from wood of *Eucalyptus urograndis* and *Mimosa tenuiflora*. **Journal of Applied Microbiology**, v. 124, n. 1, p. 85-96, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1111/jam.13626>.
- ARAÚJO-FILHO, J. V. de *et al.* Anthelmintic activity of *Eucalyptus citriodora* essential oil and its major component, citronellal, on sheep gastrointestinal nematodes. **Brazilian Journal of Veterinary Parasitology**, v. 28, n. 4, p. 644-651, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/s1984-29612019090>.
- BAKÓ, C. *et al.* Flowering phenophases influence the antibacterial and anti-biofilm effects of *Thymus vulgaris* L. essential oil. **BMC Complementary Medicine and Therapies**, v. 23, 168, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12906-023-03966-1>.
- BALLADOS-GONZÁLEZ, G. G. *et al.* Molecular detection of hemotropic *Mycoplasma* and *Bartonella* species in lice from sheep and goats of Mexico. **Veterinary Parasitology**:

Regional Studies and Reports, v. 44, e100921, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.vprsr.2023.100921>.

BANULS, D. *et al.* A dietary plant extract formulation helps reduce flea populations in cats: a double-blind randomized study. **Pharmaceuticals**, v. 16, n. 2, e195, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/ph16020195>.

BAJ, T. *et al.* Chemical composition and in vitro activity of *Origanum vulgare* L., *Satureja hortensis* L., *Thymus serpyllum* L. and *Thymus vulgaris* L. essential oils towards oral isolates of *Candida albicans* and *Candida glabrata*. **Open Chemistry**, v. 18, n. 1, p. 108-118, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1515/chem-2020-0011>.

BEICU, R. *et al.* Antimicrobial potential and phytochemical profile of wild and cultivated populations of thyme (*Thymus* sp.) growing in western Romania. **Plants**, v. 10, n. 9, 1833, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants10091833>.

BENELLI, G. *et al.* Control of biting lice, Mallophaga – a review. **Acta Tropica**, v. 177, p. 211-219, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2017.05.031>.

BENKADDOUR, R. *et al.* Micropropagation and acclimatization of common oregano (*Origanum vulgare* L. Subsp. *vulgare*) by shoot tip culture. **American Journal of Plant Sciences**, v. 13, n. 6, p. 833-855, 2022. DOI: <https://doi.org/10.4236/ajps.2022.136056>.

BLANK, D. E. *et al.* Bioactive compounds and antifungal activities of extracts of Lamiaceae species. **Journal of Agricultural Chemistry and Environment**, v. 9, p. 85-96, 2020. DOI: <https://doi.org/10.4236/jacen.2020.93008>.

BOWMAN, D. D. **Georgis - Parasitologia veterinária**. 9. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010. 1184 p.

BOYD, B. M.; REED, D. L. Taxonomy of lice and their endosymbiotic bacteria in the post-genomic era. **Clinical Microbiology and Infection**, v. 18, p. 324-331, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1469-0691.2012.03782.x>.

BRANCALION, P. H. S. *et al.* Exotic eucalypts: from demonized trees to allies of tropical forest restoration? **Journal Applied Ecology**, v. 57, n. 1, p. 55-66, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13513>.

BRIGGS, L. L.; COLWELL, D. D.; WALL, R. Control of the cattle louse *Bovicola bovis* with the fungal pathogen *Metarhizium anisopliae*. **Veterinary Parasitology**, v. 142, n. 3, p. 344-349, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2006.07.018>.

BURKHART, C. N.; BURKHART, C. G. Recommendation to standardize pediculicidal and ovicidal testing for head lice (Anoplura: Pediculidae). **Entomological Society of America**, v. 38, n. 2, p. 127-129, 2001. DOI: <https://doi.org/10.1603/0022-2585-38.2.127>.

BURKHART, C. G.; BURKHART, C. N. Asphyxiation of lice with topical agents, not a reality ... yet. **Journal of the American Academy of Dermatology**, v. 54, n. 4, p. 721-722, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jaad.2005.11.1040>.

CAMPOS, A. D. **Técnicas para produção de extrato pirolenhoso para uso agrícola.**

Pelotas: Embrapa (Empresa Brasileira de Agropecuária), 2007. 8 p. (Circular Técnica, 65).

Disponível

em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/746002/1/Circular65.pdf>

>. Acesso em: 31 de dez. de 2024.

CÂNDIDO, N. R. *et al.* Understanding the multifunctionality of pyroligneous acid from waste biomass and the potential applications in agriculture. **Science of the Total Environment**, v. 881, e163519, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.163519>.

CANDY, K. *et al.* Essential oils as a potential treatment option for pediculosis. **Planta Medica**, v. 86, n. 9, p. 619-630, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1055/a-1161-9189>.

CHAI, W-M. *et al.* Antityrosinase and antimicrobial activities of furfuryl alcohol, furfural and furoic acid. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 57, p. 151-157, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2013.02.019>.

CHAKRABARTTY, I. *et al.* Exploration of Lamiaceae in cardio Vascular diseases and functional foods: medicine as food and food as medicine. **Frontiers in Pharmacology**, v. 13, 894814, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3389/fphar.2022.894814>.

CHASE, M. R. *et al.* Purification, characterization and molecular cloning of prophenoloxidas from *Sarcophaga bullata*. **Insect Biochemistry and Molecular Biology**, v. 30, ed. 10, p. 953-967, 2000. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0965-1748\(00\)00068-0](https://doi.org/10.1016/S0965-1748(00)00068-0).

COTTICELLI, A. *et al.* Efficacy and safety of Neem oil for the topical treatment of bloodsucking lice *Linognathus stenopsis* in goats under field conditions. **Animals**, v. 13, n. 15, 2541, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani13152541>.

ÇELİK, G. *et al.* Biological activity, and volatile and phenolic compounds from five Lamiaceae species. **Flavour and Fragrance Journal**, v. 36, ed. 2, p. 167-318, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1002/ffj.3636>.

DÍAZ-SÁNCHEZ, A. A. *et al.* Advances in the epidemiological surveillance of tick-borne pathogens. **Pathogens**, v. 12, n. 5, e633, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/pathogens12050633>.

DISASA, D. D. Lice infestations in sheep and goats in Kombolcha district, east Hararghe zone, Oromia Regional State, Ethiopia. **Veterinary Medicine International**, e8889755, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1155/2020/8889755>.

DRUMMOND, J.; MILLER, D. K.; PINNOCK, D. E. Toxicity of *Bacillus thuringiensis* against *Damalinea ovis* (Phthiraptera: Mallophaga). **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 60, p. 102-103, 1992.

EBADOLLAHI, A.; ZIAEE, M.; PALLA, F. Essential oils extracted from different species of the Lamiaceae plant family as prospective bioagents against several detrimental pests. **Molecules**, v. 25, n. 7, e1556, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules25071556>.

FARIAS, M. P. O. *et al.* Eficácia *in vitro* do óleo da semente de *Carapa guianensis* aulb. (meliaceae) sobre *Damalinia caprae* (Gurlt, 1843) (Mallophaga: Trichodectidae). **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**, v. 11, n. 1, p. 87-93, 2017. Disponível em: <<http://periodicos.ufc.br/higieneanimal/article/view/82679/227177>>. Acesso em: 31 de dez. de 2024.

FEDELI, R. *et al.* Wood distillate (pyroligneous acid) boosts nutritional traits of potato tubers. **Annals of Applied Biology**, v. 183, p. 135-140, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1111/aab.12837>.

FIGUEIREDO, J. C. G. *et al.* Effects of leaf extracts of *Protium spruceanum* against adult and larval *Rhipicephalus microplus*. **Experimental and Applied Acarology**, v. 79, p. 447-458, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10493-019-00447-4>.

FRANÇA, A. K. de A. *et al.* *In vitro* action of *Lippia gracilis* Schauer essential oil on *Damalinia Bovicola ovis* (Schränk, 1781). **Brazilian Journal of Veterinary Science**, v. 28, n. 2, p. 92-96, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.4322/rbcv.2021.0017>.

GAMA, G. S. P. *et al.* Antimicrobial activity and chemical profile of wood vinegar from eucalyptus (*Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* - clone I144) and bamboo (*Bambusa vulgaris*). **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 39, n. 186, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11274-023-03628-x>.

GARG, S. K.; KATOCH, R.; BHUSHAN, C. Efficacy of flumethrin pour-on Against *Damalinia caprae* of goats (*Capra hircus*). **Tropical Animal Health and Production**, v. 30, p. 273-278, 1998. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1005014100819>.

GAZAFI, K. S.; TAVASSOLI, M.; MARDANI, K. Detection of pyrethroids resistance alleles in goat biting louse *Bovicola caprae* (Phthiraptera: Trichodectidae) in west and northwest of Iran. **Veterinary Research Forum**, v. 14, n. 9, p. 489-494, 2023. DOI: <https://doi.org/10.30466/vrf.2023.556815.3565>.

GEMEDA, N. *et al.* Insecticidal activity of some traditionally used ethiopian medicinal plants against sheep ked *Melophagus ovinus*. **Journal of Parasitology Research**, 978537, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1155/2014/978537>.

GIATROPOULOS, A. *et al.* Chemical composition and assessment of larvicidal and repellent capacity of 14 Lamiaceae essential oils against *Aedes albopictus*. **Parasitology Research**, v. 117, p. 1953-1964, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00436-018-5892-9>.

GHITEA, T. C. *et al.* The antimicrobial activity of *Origanum vulgare* L. correlated with the gastrointestinal perturbation in patients with metabolic syndrome. **Molecules**, v. 26, n. 2, 283, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules26020283>.

GHAZANFAR, S. *et al.* Antimicrobial effect of non-polar compounds extracted from medicinal plants. **American Journal of Food and Nutrition**, v. 8, ed. 3, p. 61-68, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.12691/ajfn-8-3-2>.

GINGRICH, R. E.; ALLAN, N.; HOPKINS, D. E. *Bacillus thuringiensis*: laboratory tests against four species of biting lice (Mallophaga: Trichodectidae). **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 23, p. 232-236, 1974. DOI: [https://doi.org/10.1016/0022-2011\(74\)90189-X](https://doi.org/10.1016/0022-2011(74)90189-X).

GODOI, S. N. de *et al.* *Eucalyptus* oil nanoemulsions against eggs and larvae of *Haemonchus contortus*. **Experimental Parasitology**, v. 241, e108345, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.exppara.2022.108345>.

GOVINDARAJAN, M. *et al.* Larvicidal potential of carvacrol and terpinen-4-ol from the essential oil of *Origanum vulgare* (Lamiaceae) against *Anopheles stephensi*, *Anopheles subpictus*, *Culex quinquefasciatus* and *Culex tritaeniorhynchus* (Diptera: Culicidae). **Research in Veterinary Science**, v. 104, p. 77-82, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rvsc.2015.11.011>.

GUIMARÃES, J. H.; TUCCI, E. C.; BATTESTI-BARROS, D. M. **Ectoparasitos de importância veterinária**. 1. ed. São Paulo: Plêiade/FAPESP, 2001. 218p.

GUIMARÃES, V. P. *et al.* The future of small ruminants in Brazil: Lessons from the recent period and scenarios for the next decade. **Small Ruminant Research**, v. 209, e106651, 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.smallrumres.2022.106651>.

GUPTA, P. *et al.* Preparation of *Thymus vulgaris* (L.) essential oil nanoemulsion and its chitosan encapsulation for controlling mosquito vectors. **Scientific Reports**, v. 12, 4335, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-022-07676-5>.

GUZMÁN-TORRES, M.; CANO-SANTANA, Z. Actualización del listado de piojos (Insecta: Phthiraptera) de México: distribución, riqueza, grado de especificidad y pediculosis humana. **Revista Mexicana de Biodiversidad**, v. 92, e923800, 2021. DOI: <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2021.92.3800>.

HEATH, A. C. G.; LEVOT, G. W. Parasiticide resistance in flies, lice and ticks in New Zealand and Australia: mechanisms, prevalence and prevention. **New Zealand Veterinary Journal**, v. 63, n. 4, p. 199-210, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1080/00480169.2014.960500>.

HERMES, T. R. *et al.* High mitochondrial diversity of domesticated goats persisted among Bronze and Iron Age pastoralists in the Inner Asian Mountain Corridor. **PloS One**, v. 15, n. 5, e0233333, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0233333>.

HEUKELBACH, J.; OLIVEIRA, F. A. S.; SPEARE, R. A new shampoo based on neem (*Azadirachta indica*) is highly effective against head lice in vitro. **Parasitology Research**, v. 99, n. 4, p. 353-356, 2006. DOI: 10.1007/s00436-006-0146-7.

HEUKELBACH, J. *et al.* In vitro efficacy of over-the-counter botanical pediculicides against the head louse *Pediculus humanus* var *capitis* based on a stringent standard for mortality assessment. **Medical and Veterinary Entomology**, v. 22, n. 3, p. 264-272, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2915.2008.00738.x>.

HOSSAIN, A.; ALRASHDI, Y. B. A.; TOUBY, S. A. A review on essential oil analyses and biological activities of the traditionally used medicinal plant *Thymus vulgaris* L.

International Journal of Secondary Metabolite, v. 9, n. 1, p. 103-111, 2022. DOI: <https://doi.org/10.21448/ijsm.1029080>.

IBÁ. Indústria Brasileira de Árvores. **Relatório Anual 2022**. Disponível em: <<https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorio-anual-iba2022-compactado.pdf>>. Acesso em: 31 out. 2023.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção da Pecuária Municipal, 2023**. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/84/ppm_2023_v51_br_informativo.pdf>. Acesso em: 25 set. 2024.

IQBAL, Z. *et al.* Prevalence and distribution of hard ticks and their associated risk factors in sheep and goats from four agro-climatic zones of Khyber Pakhtunkhwa (KPK), Pakistan. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 19, n. 18, 11759, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph191811759>.

ISLAM, A. K. M. M. *et al.* Allelopathic properties of Lamiaceae species: prospects and challenges to use in agriculture. **Plants**, v. 11, n. 11, 1478, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants11111478>.

ISLAM, S. *et al.* In-vitro efficacy of verenda (*Ricinus communis*) leaves extract against ticks in cattle. **Bangladesh Journal of Veterinary Medicine**, v. 16, n. 1, p. 81-86, 2018. DOI: <https://doi.org/10.3329/bjvm.v16i1.37380>.

ITALIAN MINISTERIAL AGRICULTURE, FOOD, FOREST AND TOURISM. Decreto n. 6793 de 18 Julho de 2018. **Disposizioni per l'attuazione dei regolamenti (CE) n. 834/2007 e n. 889/2008 e loro successive modifiche e integrazioni, relativi alla produzione biologica e all'etichettatura dei prodotti biologici**. Disponível em: <<https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2018/09/05/18A05693/sg>>. Acessado em: 31 out. 2023.

JAIN, N.; CHOUDHARY, P. Phytochemistry, traditional uses and pharmacological aspect of *Thymus vulgaris*: a review. **Indian Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 84, n. 6, p. 1369-1379, 2022. DOI: 10.36468/pharmaceutical-sciences.1035.

JAMES, P. J.; HOOK, S. E.; PEPPER, P. M. In vitro infection of sheep lice (*Bovicola ovis* Schrank) by Steinernematid and Heterorhabditid nematodes. **Veterinary Parasitology**, v. 174, n. 1, p. 85-91, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2010.08.003>.

JINDO, K. *et al.* Sustainable plant growth promotion and chemical composition of pyroligneous acid when applied with biochar as a soil amendment. **Molecules**, v. 27, n. 11, 3397, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules27113397>.

JOHNSON, P. W.; BORAY, J. C.; DAWSON, K. L. Resistance to synthetic pyrethroid pour-on insecticides in strains of the sheep body louse *Bovicola (Darnalinia) ovis*. **Australian Veterinary Journal**, v. 69, n. 9, p. 213-217, 1992. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1751-0813.1992.tb09927.x>.

KAZEMPOUR, S. *et al.* Larvicidal activities of essential oils of indigenous medicinal plants, *Mentha pulegium* L., *Satureja hortensis* L., and *Thymus vulgaris* L. against malaria vector, *Anopheles stephensi*. **South African Journal of Botany**, v. 139, p. 38-41, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2021.01.029>.

KESHARWANI, V. *et al.* A review on therapeutics application of eucalyptus oil. **International Journal of Herbal Medicine**, v. 6, n. 6, p. 110-115, 2018. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/332370890_A_review_on_therapeutics_application_of_eucalyptus_oil>. Acesso em: 31 de dez. de 2024.

KIM, B. *et al.* Quantification of microbial growth pattern on growth medium using image processing program and evaluation of antifungal activities of wood vinegar. **BioResources**, v. 17, n. 4, p. 6532-6541, 2022. Disponível em: <<https://ojs.bioresources.com/index.php/BRJ/article/view/22102>>. Acesso em: 31 de dez. de 2024.

KIM, S. *et al.* The valorization of food waste via pyrolysis. **Journal of Cleaner Production**, v. 259, 120816, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120816>.

KOSAKOWSKA, O. *et al.* Antioxidant and antibacterial activity of essential oils and hydroethanolic extracts of greek oregano (*O. vulgare* L. subsp. *hirtum* (Link) ietswaart) and common oregano (*O. vulgare* L. subsp. *vulgare*). **Molecules**, v. 26, n. 4, 988, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules26040988>.

LARKIN, K. *et al.* First evidence of the mutations associated with pyrethroid resistance in head lice (Phthiraptera: Pediculidae) from Honduras. **Parasites & Vectors**, v. 13, e312, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13071-020-04183-2>.

LEGESSE, S. *et al.* Epidemiological and therapeutic studies on sheep lice in Sayint district, South Wollo Zone, Northeast Ethiopia. **Frontiers in Veterinary Science**, v. 9, 1008455, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3389/fvets.2022.1008455>.

LI, Z. *et al.* Characterization of five kinds of wood vinegar obtained from agricultural and forestry wastes and identification of major antioxidants in wood vinegar. **Chemical Research in Chinese Universities**, v. 35, n. 1, p. 12-20, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40242-019-8207-5>.

LIN, G. *et al.* Process optimization for supercritical carbon dioxide extraction of *Origanum vulgare* L. essential oil based on the yield, carvacrol, and thymol contents. **Journal of AOAC INTERNATIONAL**, v. 105, ed. 6, p. 1719-1729, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1093/jaoacint/qsac062>.

LINGBECK, J. M. *et al.* Functionality of liquid smoke as an all-natural antimicrobial in food preservation. **Meat Science**, v. 97, n. 2, p. 197-206, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.02.003>.

LOMBREA, A. *et al.* A recent insight regarding the phytochemistry and bioactivity of *Origanum vulgare* L. essential oil. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 21, n. 24, 9653, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms21249653>.

- LÓPEZ, M. D.; PASCUAL-VILLALOBOS, M. J. Mode of inhibition of acetylcholinesterase by monoterpenoids and implications for pest control. **Industrial Crops and Products**, v. 31, n. 2, p. 284-288, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2009.11.005>.
- LOURENÇO, Y. B. C. *et al.* Eucalyptus wood vinegar: chemical profiling, evaluation of acute toxicity to *Artemia salina* and effect on the hatching of *Betta splendens* eggs. **Ensaios e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde**, v. 25, n. 5-esp, p. 776-782, 2021. DOI: <https://doi.org/10.17921/1415-6938.2021v25n5-esp.p776-782>.
- LU, C. D. The role of goats in the world: society, science, and sustainability. **Small Ruminant Research**, v. 227, 107056, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2023.107056>.
- MADRESEH-GHAHFAROKHI, S. *et al.* *Zingiber officinalis* and *Eucalyptus globulus*, potent lethal/repellent agents against *Rhipicephalus bursa*, probable carrier for zoonosis. **Journal of Arthropod-Borne Diseases**, v. 13, n. 2, p. 214-223, 2019. Disponível em: <<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6885137/>>. Acesso em: 31 de dez. de 2024.
- MAGALHÃES, H. F. *et al.* Farmers' perceptions of the effects of extreme environmental changes on their health: a study in the semiarid region of Northeastern Brazil. **Frontiers in Environmental Science**, v. 9, 735595, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3389/fenvs.2021.735595>.
- MAHAR, J. E. *et al.* Comparative analysis of RNA virome composition in rabbits and associated ectoparasites. **Journal of Virology**, v. 94, n. 11, e02119-19, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1128/jvi.02119-19>.
- MAHRYE *et al.* Phenolics profiling and biological activities of different solvent extracts from aerial parts of wild thyme (*Thymus vulgaris* L.). **Journal of Food Measurement and Characterization**, v. 16, p. 610-618, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11694-021-01185-1>.
- MAITHANI, A.; MAITHANI, U.; SINGH, M. Botanical description, cultivation practices, essential oil composition and therapeutic values of *Origanum vulgare* L. and its future prospective. **Current Agriculture Research Journal**, v. 11, n. 9, 2023. DOI: <http://dx.doi.org/10.12944/CARJ.11.2.01>.
- MATTOS, C. *et al.* Biocidal applications trends of bio-oils from pyrolysis: Characterization of several conditions and biomass, a review. **Journal of Analytical and Applied Pyrolysis**, v. 139, p. 1-12, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2018.12.029>.
- MAZINANI, M.; RUDE, B. Population, world production and quality of sheep and goat products. **American Journal of Animal and Veterinary Sciences**, v. 15, n. 4, p. 291-299, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3844/ajavsp.2020.291.299>.
- MEGUINI, M. N. *et al.* Inventory of lice of mammals and farmyard chicken in North-eastern Algeria. **Veterinary World**, v. 11, n. 3, p. 386-396, 2018. DOI: <https://doi.org/10.14202/vetworld.2018.386-396>.

MELO, R. S. *et al.* Promoting bird functional diversity on landscapes with a matrix of planted *Eucalyptus* spp. in the Atlantic Forest. **Environmental Management**, s00267-023-01888-9, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00267-023-01888-9>.

MILLER, B. A.; LU, C. D. Current status of global dairy goat production: an overview. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 32, n. 8, p. 1219-1232, 2019. DOI: <https://doi.org/10.5713/ajas.19.0253>.

MOAZENI, M. *et al.* *In vitro* evaluation of the protoscolicidal effect of *Eucalyptus globulus* essential oil on protoscolices of hydatid cyst compared with hypertonic saline, povidone iodine and silver nitrate. **Journal of Visceral Surgery**, v. 156, n. 4, p. 291-295, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jvisc Surg.2019.01.002>.

MOHAMMEDI, Z. Carvacrol: na update of biological activities and mechanism of action. **Open Access Journal of Chemistry**, v. 1, n. 1, p. 53-62, 2017. DOI: <https://doi.org/10.22259/2637-5834.0101008>.

MOKHTARI, R. *et al.* Antioxidant, antimicrobial activities, and characterization of phenolic compounds of hyme (*Thymus vulgaris* L.), Sage (*Salvia officinalis* L.), and thyme–sage mixture extracts. **Journal of Food Quality**, n. 1, 2602454, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1155/2023/2602454>.

MONTEIRO, S. G. **Parasitologia na medicina veterinária**. 2. ed. Rio de Janeiro: Roca, 2017. 621 p.

MOOG, F. *et al.* Evaluation of a plant-based food supplement to control flea populations in dogs: a prospective double-blind randomized study. **International Journal for Parasitology: Drugs and Drug Resistance**, v. 12, p. 35-38, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijpddr.2020.02.001>.

MOUSSA, H. *et al.* Action of thymol, carvacrol and eugenol on *Penicillium* and *Geotrichum* isolates resistant to commercial fungicides and causing postharvest citrus decay. **Canadian Journal of Plant Pathology**, v. 43, n. 1, p. 26-34, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1080/07060661.2020.1767692>.

MUHAMMAD, A. *et al.* Epidemiology of ectoparasites (ticks, lice, and mites) in the livestock of Pakistan: a review. **Frontiers in Veterinary Science**, v. 8, 780738, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.780738>.

NAEEM, M.; IQBAL, Z.; ROOHI, N. Ovine haemonchosis: a review. **Tropical Animal Health and Production**, v. 53, n. 19, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11250-020-02439-8>.

NASIRU, A.; SULEIMAN, M. Entomocidal effect of some essential oils: an alternative for synthetic pesticides in the control of *Dermestes maculatus* Degeer 1774 (Coleoptera: Dermestidae). **UMYU Journal of Microbiology Research**, v. 9, n. 1, 2024. DOI: <https://doi.org/10.47430/ujmr.2491.007>.

NEVES, D. P. **Parasitologia humana**. 14. ed. São Paulo: Editora Atheneu, 2022. 616 p.

NGUYEN, V. D. *et al.* Goat production, supply chains, challenges, and opportunities for development in Vietnam: a Review. **Animals**, v. 13, n. 15, 2546, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani13152546>.

NIKOLAOU, P. *et al.* Controlling stored products' pests with plant secondary metabolites: a review. **Agriculture**, v. 11, n. 9, 879, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture11090879>.

NIETO, G. A review on applications and uses of *Thymus* in the food industry. **Plants**, v. 9, n. 8, 961, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants9080961>.

NIZAMOV, N. S. Identification of ectoparasitic insects among domestic goats in Bulgaria. **Veterinary World**, v. 16, n. 4, p. 728-734, 2023. DOI: <https://doi.org/10.14202/vetworld.2023.728-734>.

NIZAMOV, N. S.; ILIEV, P. Clinical and hemato-biochemical studies on goats naturally infested with sucking and biting lice. **Trakia Journal of Sciences**, v. 21, n. 1, p. 18-24, 2023. DOI: <http://dx.doi.org/10.15547/tjs.2023.01.003>.

OLIVEIRA, A. A. de *et al.* Larvicidal, adulticidal and repellent activities against *Aedes aegypti* L. of two commonly used spices, *Origanum vulgare* L. and *Thymus vulgaris* L. **South African Journal of Botany**, v. 140, p. 17-24, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2021.03.005>.

OLIVEIRA, I. V. de *et al.* Effect of eucalyptus wood vinegar on reproductive performance of *Rhipicephalus sanguineus* (Acari: Ixodidae) ticks. **International Journal of Acarology**, v. 50, n. 1, p. 75-80, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1080/01647954.2024.2305290>.

OUARTI, B. *et al.* Development of MALDI-TOF mass spectrometry for the identification of lice isolated from farm animals. **Parasite**, v. 27, n. 28, e2020026, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1051/parasite/2020026>.

PATIL, S. M. *et al.* A systematic review on ethnopharmacology, phytochemistry and pharmacological aspects of *Thymus vulgaris* Linn. **Heliyon**, v. 7, n. 5, e07054, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07054>.

PANDUR, E. *et al.* Antioxidant and anti-Inflammatory effects of thyme (*Thymus vulgaris* L.) essential oils prepared at different plant phenophases on *Pseudomonas aeruginosa* LPS-activated THP-1 macrophages. **Antioxidants**, v. 11, n. 7, 1330, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/antiox11071330>.

PIMENTA, A. S. *et al.* Evaluation of acute toxicity and genotoxicity of liquid products from pyrolysis of *Eucalyptus grandis* wood. **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 38, p. 169-175, 2000. DOI: 10.1007/s002449910022.

PIMENTA, A. S. *et al.* Chemical composition of pyroligneous acid obtained from Eucalyptus GG100 clone. **Molecules**, v. 23, n. 2, 426, 2018. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules23020426>.

POPA, C. L. *et al.* Chemical and biochemical characterization of essential oils and their corresponding hydrolats from six species of the Lamiaceae Family. **Plants**, v. 10, n. 11, 2489, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants10112489>.

PRELEZOV, P.; NIZAMOV, N.; VELEVA, P. Tests on the efficacy of amitraz, ivermectin and eprinomectin for control of lice in goats. **Bulgarian Journal of Veterinary Medicine**, v. 25, n. 3, p. 492-499, 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.15547/bjvm.2358>.

QI, X. *et al.* Mechanisms of antifungal and mycotoxin inhibitory properties of *Thymus vulgaris* L. essential oil and their major chemical constituents in emulsion-based delivery system. **Industrial Crops & Products**, v. 197, 116575, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2023.116575>.

REIS-MENINI, C. M. R. *et al.* Compatibility between the entomopathogenic nematode *Steinernema glaseri* (Rhabditida: Steinernematidae) and an acaricide in the control of *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Acari: Ixodidae). **Parasitology Research**, v. 103, p. 1391-1396, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00436-008-1147-5>.

ROSÁRIO, C. J. R. M. do *et al.* Essential oil *Ageratum conyzoides* chemotypes and anti-tick activities. **Veterinary Parasitology**, v. 319, 109942, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2023.109942>.

ROSARIO, I. L. dos S. *et al.* Artisanal goat coalho cheese with cachaça as flavoring agente. **Foods**, v. 12, n. 10, 1945, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods12101945>.

SALEHI, B. *et al.* Insights into *Eucalyptus* genus chemical constituents, biological activities and health-promoting effects. **Trends in Food Science & Technology**, v. 91, p. 609-624, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2019.08.003>.

SALGADO, J. I. *et al.* Situación actual y perspectivas del sector caprino mundial y español. **Archivos de Zootecnia**, v. 72, n. 278, p. 144-155, 2023. DOI: <https://doi.org/10.21071/az.v72i278.5717>.

SALMAN, M. *et al.* Repellent and acaricidal activity of essential oils and their componentes against *Rhipicephalus* ticks in cattle. **Veterinary Parasitology**, v. 283, 109178, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2020.109178>.

SAMISH, M. *et al.* Biocontrol of the cat flea, *Ctenocephalides felis*, by entomopathogenic nematodes and fungi. **Biological Control**, v. 149, n. 11, 104301, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2020.104301>.

SANTOS, P. S. *et al.* Ivermectin and albendazole withdrawal period in goat milk. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 20, e0112019, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1519-99402001012019>.

SANTOS, R. C. dos *et al.* Energy potential of species from forest management plan for the Rio Grande do Norte state. **Ciência Florestal**, v. 23, n. 2, p. 493-504, 2013. DOI: <https://doi.org/10.5902/198050989293>.

SANTOS, S. B.; FACCINI, J. L.; SANTOS, A. C. G. Variação estacional de *Bovicola caprae* parasitando caprinos no estado da Paraíba. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 26, n. 4, p. 249-253, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-736X2006000400010>.

SAWITRI, D. H.; YUNINGSIH, Y. Coconut oil extract of *Gliricidia sepium* leaves as botanical acaricides for scabies in goats. **Indonesian Veterinary Journal**, v. 21, n. 4, p. 617-628, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.19087/jveteriner.2020.21.4.617>.

SIM, L. Y.; RANI, N. Z. A.; HUSAIN, K. Lamiaceae: an insight on their anti-allergic potential and its mechanisms of action. **Frontiers in Pharmacology**, v. 10, 677, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3389/fphar.2019.00677>.

SILVA, B. A. da *et al.* Use of a product based on wood vinegar of *Eucalyptus* clone I144 used in the control of bovine mastitis. **Veterinary Microbiology**, v. 279, 109670, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2023.109670>.

SILVA, E. C. A. da *et al.* Physicochemical characteristics and antimicrobial activity of *Origanum vulgare* L. essential oil and carvacrol on cariogenic bacteria: an in vitro and in silico study. **Natural Product Research**, v. 36, n. 24, p. 6410-6413, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1080/14786419.2022.2034809>.

SILVA, M. F. da; FORTES, M. M.; SETTE-JUNIOR, C. R. Characteristics of wood and charcoal from *Eucalyptus* clones. **Floresta e Ambiente**, v. 25, n. 3, e20160350, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.035016>.

SILVA, L. R. R. da *et al.* Lamiaceae essential oils, phytochemical profile, antioxidant, and biological activities. **Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine**, n. 1, 6748052, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1155/2021/6748052>.

SILVA, S. M. *et al.* *Ocimum basilicum* essential oil combined with deltamethrin to improve the management of *Spodoptera frugiperda*. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 41, n. 6, p. 665-675, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/1413-70542017416016317>.

SOARES, W. N. C. *et al.* Pyroligneous acid from *Mimosa tenuiflora* and *Eucalyptus urograndis* as an antimicrobial in dairy goats. **Journal of Applied Microbiology**, v. 131, n. 2, p. 604-614, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1111/jam.14977>.

SOONWERA, M.; WONGNET, O.; SITTICHOK, S. Ovicidal effect essential oils from *Zingiberaceae* plants and *Eucalyptus globulus* on eggs of head lice, *Pediculus humanus capitis* De Geer. **Phytomedicine**, v. 47, p. 93-104, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2018.04.050>.

SOUZA, J. L. S. de *et al.* Antimicrobial and cytotoxic capacity of pyroligneous extracts films of *Eucalyptus grandis* and chitosan for oral applications. **Scientific Reports**, v. 11, e21531, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-00529-7>.

SPRÉA, R. M. *et al.* Chemical and bioactive evaluation of essential oils from edible and aromatic mediterranean Lamiaceae plants. **Molecules**, v. 29, n. 12, 2827, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules29122827>.

STACEY, R. J. *et al.* Birch bark tar in early Medieval England – Continuity of tradition or technological revival? **Journal of Archaeological Science: Reports**, v. 29, 102118, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2019.102118>.

SUN, J. *et al.* Chemical composition and biological activities of essential oils from six lamiaceae folk medicinal plants. **Frontiers in Plant Science**, v. 13, 919294, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.919294>.

TAVARES, W. S. *et al.* Deleterious activity of natural products on postures of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) and *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Pyralidae). **Zeitschrift für Naturforschung**, 65c, p. 412-418, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1515/znc-2010-5-615>.

THOMAS, D. R. *et al.* Surveillance of insecticide resistance in head lice using biochemical and molecular methods. **Archives of Disease in Childhood**, v. 91, p. 777-778, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1136/ad.2005.091280>.

TOMANIĆ, D. *et al.* Environmental bovine mastitis pathogens: prevalence, antimicrobial susceptibility, and sensitivity to *Thymus vulgaris* L., *Thymus serpyllum* L., and *Origanum vulgare* L. essential oils. **Antibiotics**, v. 11, n. 8, 1077, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/antibiotics11081077>.

URRUTIA, R. I. *et al.* Sunflower seed hulls waste as a novel source of insecticidal product: Pyrolysis bio-oil bioactivity on insect pests of stored grains and products. **Journal of Cleaner Production**, v. 287, 125000, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125000>.

UTAAKER, K. S. *et al.* Global goat! Is the expanding goat population an important reservoir of *Cryptosporidium*? **Frontiers in Veterinary Science**, v. 8, 648500, 2021. DOI: [10.3389/fvets.2021.648500](https://doi.org/10.3389/fvets.2021.648500).

VALIZADEH, B. *et al.* Ovicidal and physiological effects of essential oils extracted from six medicinal plants on the elm leaf beetle, *Xanthogaleruca luteola* (Mull.). **Agronomy**, v. 11, n. 10, 2015. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy11102015>.

VECCHIO, M. G.; LOGANES, C.; MINTO, C. Beneficial and healthy properties of eucalyptus plants: a great potential use. **The Open Agriculture Journal**, v. 10, suppl. 1, p. 53-57, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.2174/1874331501610010052>.

WITHROW, J. R. The chemical engineering of the hardwood distillation industry. **The Journal of Industrial and Engineering Chemistry**, v. 7, n. 11, p. 912-913, 1915. Disponível em: < <https://datapdf.com/the-chemical-engineering-of-the-hardwood-distillation-indust.html> >. Acesso em: 31 de dez. de 2024.

WU, T.-L. *et al.* Antifungal efficacy of sixty essential oils and mechanism of oregano essential oil against *Rhizoctonia solani*. **Industrial Crops and Products**, v. 191, 115975, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.115975>.

YILDIZLI, G.; CORAL, G.; AYAZ, F. Anti-bacterial, anti-fungal, and anti-inflammatory activities of wood vinegar: a potential remedy for major plant diseases and inflammatory

reactions. **Biomass Conversion and Biorefinery**, v. 14, p. 3633-3642, 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s13399-022-02482-5>.

YINGKLANG, M. *et al.* Biochemical constituents and insecticidal activities of *Callistemon viminalis* essential oil against adults and eggs of *Pediculus humanus capitis* (Phthiraptera: Pediculidae). **Phytomedicine Plus**, v. 2, n. 1, 100156, 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.phyplu.2021.100156>.

ZHAO, F. *et al.* An updated tribal classification of Lamiaceae based on plastome phylogenomics. **BMC Biology**, v. 19, n. 2, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12915-020-00931-z>.