

Avaliação da eficácia do óleo essencial de *Cinnamomum camphora* no controle do ácaro *Oligonychus punicae* em mudas de eucalipto: uma Abordagem sustentável e termo-ecologicamente eficiente

Ana Beatriz Gomes Brito¹; Herus Pablo Firmino Martins²; Izaias Santos Marques³; Giovana Lopes da Silva⁴; Douglas Rafael e Silva Barbosa⁵

Resumo: A pesquisa avaliou o óleo essencial de *Cinnamomum camphora* no controle de *Oligonychus punicae* em eucalipto sob diferentes temperaturas. Testes de toxicidade, efeito em ovos, crescimento populacional e repelência mostraram maior eficácia a 28 °C, reduzindo até 92% da viabilidade de ovos e 44% do crescimento populacional. Concluiu-se que o óleo apresenta potencial sustentável no manejo da praga.

Palavras chaves: *Cinnamomum camphora*. *Oligonychus punicae*. Eucalipto. Óleo essencial. Controle de pragas.

Financiamento: Este trabalho foi realizado com apoio do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica – PIBIC Ensino Superior 2024/2025, conforme Edital PRPGI nº 18/2024.

¹Estudante do Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas do IFMA *campus* Codó; Email: Imbiabritto@gmail.com

²Estudante do Curso de Bacharelado em Agronomia do IFMA *campus* Codó; Email: herus.pablo@acad.ifma.edu.br

³Professor de Química; Email: izaias-marques@hotmail.com

⁴Professora do Curso de Bacharelado em Agronomia do IFMA *campus* Codó; Email: giovana.silva@ifma.edu.br

⁵Professor do Curso de Licenciatura em Ciência Biológicas do *Campus* Codó; Email: douglas.barbosa@ifma.edu.br

Introdução

O eucalipto (*Eucalyptus* spp.) é uma espécie estratégica para a silvicultura brasileira, porém sua produtividade pode ser comprometida por pragas, como o ácaro *Oligonychus punicae*, que prejudica a fotossíntese e o crescimento das plantas. O uso de acaricidas sintéticos apresenta limitações ambientais e o desenvolvimento de resistência por parte dos ácaros, o que estimula a investigação de alternativas naturais. Óleos essenciais, como o de *Cinnamomum camphora* (*camphor oil*), destacam-se pelo seu potencial bioativo. Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a eficácia desse óleo no controle de *O. punicae* em folhas de eucalipto sob diferentes condições de temperatura.

Metodologia

Os ensaios foram conduzidos no Laboratório Multidisciplinar do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão – Campus Codó, sob condições controladas de temperatura, umidade relativa e fotofase de 12 h. O óleo essencial de *Cinnamomum camphora* (obtido por destilação a vapor das folhas) foi adquirido na Ferquima LTDA.

Caracterização química. A identificação dos constituintes foi realizada em parceria com a UFSCAR, IFMA (Monte Castelo) e UFPE, empregando cromatógrafo gasoso acoplado a espectrômetro de massas Perkin Elmer Clarus 680. Injetou-se 1 µL da solução do óleo em hexano em split 1:20, utilizando-se padrão de hidrocarbonetos C9–C34 (Sigma-Aldrich). O programa do GC foi: 60 °C por 3 min; rampa de 2,5 °C min⁻¹ até 240 °C; manutenção a 240 °C por 10 min. O fluxo de hélio foi mantido a 100 kPa, interface a 200 °C e ionização por impacto eletrônico (EI) a 70 eV; espectros registrados em m/z 20–350 com velocidade de 0,5 scan/s. Os índices de retenção foram calculados em relação aos padrões C9–C34, e a identificação confirmada pelas bibliotecas MassFinder 4, NIST08 e Wiley Registry™ 9th Edition.

Criação de *Oligonychus punicae*. Os ácaros foram mantidos em vasos de 15 L contendo solo, substrato comercial e esterco caprino na proporção 3:1:1, em casa de vegetação com plantas de *Eucalyptus grandis* com aproximadamente 40 dias; as folhas foram substituídas a cada cinco dias. No laboratório, o estoque foi mantido em arenas em placas de Petri plásticas (140 × 15 mm), forradas com espuma saturada em água e cobertas com papel filtro, em câmara climatizada a 25 ± 1 °C, 70 ± 10% UR e fotofase de 12 h, sem exposição ao óleo (*Camphor oil*) (Santana et al., 2020).

Toxicidade em fêmeas adultas. Avaliou-se o efeito do óleo às temperaturas de 25, 28, 30 e 32 ± 1 °C, com 70 ± 10% UR, em câmara tipo BOD. Discos foliares de *E. grandis* (3,0 cm Ø; ≈40 dias) foram imersos nas concentrações do óleo e na testemunha (água destilada + DMSO) sob agitação leve por 5 s; após 30 min de secagem, cada disco recebeu 10 fêmeas adultas (4–5 dias). Os discos foram dispostos em placas de Petri (90 × 15 mm) sobre espuma umedecida e papel filtro, e a mortalidade foi registrada 48 h após a infestação (Santana et al., 2020).

Efeito sobre ovos. Utilizaram-se as concentrações letais CL50 e CL90 obtidas no ensaio residual na temperatura de maior toxicidade. Discos foliares (3,0 cm Ø) foram infestados com 10 fêmeas por 48 h; em seguida, 20 ovos por disco foram selecionados e imersos em

CL50, CL90 ou controle (água destilada + DMSO). A viabilidade foi monitorada diariamente até a eclosão completa.

Crescimento populacional. A taxa instantânea de crescimento populacional (*instantaneous rate of population increase*, r_i) foi calculada conforme Walthall & Stark (1997): $r_i = [\ln(N_f/N_0)]/\Delta t$, onde N_f é o número final, N_0 o número inicial e Δt a duração do ensaio. Testaram-se as concentrações subletais CL30 e CL20 na temperatura de maior toxicidade; contagens de ovos, formas imaturas móveis e adultos foram realizadas durante 10 dias após a instalação dos experimentos.

Repelência. Testes realizados com CL30 e CL20 na temperatura mais tóxica. Arenas em placas de Petri (150 × 15 mm) preenchidas com espuma úmida de 1 cm e papel filtro; no centro, colocou-se uma lamínula de 18 × 18 mm interligando dois discos foliares de *Phaseolus vulgaris* (*pinto bean*), sendo um tratado com óleo e outro com água destilada + DMSO (controle). Dez fêmeas adultas (4–5 dias) foram liberadas na lamínula; após 48 h, registrou-se o número de fêmeas em cada disco (Breda et al., 2016). Calculou-se o índice de repelência $IR = 2G/(G + P)$ (G = ácaros no disco tratado; P = no controle), classificando-se conforme Matos et al. (2020): $IR < 1 - DP$ = repelente; $IR > 1 + DP$ = atraente; entre $1 - DP$ e $1 + DP$ = neutro.

Delineamento e análise estatística. Todos os ensaios adotaram delineamento inteiramente casualizado com cinco repetições. CL50, CL90, CL30 e CL20 foram estimadas por análise PROBIT (PROC PROBIT, SAS 8.02), e as razões de toxicidade (RT) calculadas como quociente entre CLs obtidas em diferentes temperaturas. Os dados sobre efeito de ovos e crescimento populacional foram submetidos à ANOVA, com médias comparadas pelo teste de Tukey a 5%. A repelência foi analisada pelo Qui-quadrado (PROC FREQ, SAS Institute, 2001). A análise multivariada por *Principal Component Analysis* (PCA) foi conduzida no software R, empregando os pacotes *stats*, *ggplot2*, *ggrepel* e *ggnewscale*, com representação gráfica para facilitar a interpretação dos padrões de agrupamento e a contribuição das variáveis.

Resultados e discussões

O óleo essencial de *C. camphora* apresentou como principais constituintes os monoterpenos 1,8-cineole (75,1%), α -pineno (12,04%) e β -sabinene (7,1%). Além desses, foram identificados em menores proporções o camphene (0,58%), o monoterpeno oxigenado ascaridole (0,46%) e os sesquiterpenos oxigenados elemol (0,53%), γ -eudesmol (0,22%) e β -eudesmol (2,41%), compostos que contribuem para a

complexidade química do óleo. Essa composição evidencia o predomínio de monoterpenos, tanto hidrocarbonetos quanto oxigenados, complementados por sesquiterpenos, indicando um perfil químico diversificado e potencialmente associado a efeitos biológicos relevantes, achado que converge com Micić et al. (2021), os quais também observaram α -pineno e eucaliptol como constituintes majoritários em óleos de alecrim, diretamente relacionados às suas atividades bioativas. (Tabela 1).

Tabela 1. Composição química do óleo essencial de *Cinnamomum camphora*:

| Composto | Tempo de retenção | LRI obtido | LRI literatura | Método de identificação* | % | CAS |
|--------------------|-------------------|------------|----------------|--------------------------|-------|-----------|
| α -pinene | 2,38 | 896 | 933 | NIST + LRI | 12,04 | 80-56-8 |
| Camphene | 2,46 | 913 | 947 | NIST + LRI | 0,58 | 79-92-5 |
| β -sabinene | 2,60 | 941 | 977 | NIST + LRI | 7,1 | 3387-41-5 |
| 1,8-cineole | 2,90 | 1003 | 1039 | NIST + LRI | 75,1 | 470-82-6 |
| Ascaridole | 3,80 | 1186 | 1257 | NIST + LRI | 0,46 | 512-85-6 |
| Elemol | 5,05 | 1457 | 1542 | NIST + LRI | 0,5 | 639-99-6 |
| γ -eudesmol | 5,35 | 1545 | 1630 | NIST + LRI | 0,22 | 1209-71-9 |
| β -eudesmol | 5,42 | 1567 | 1649 | NIST + LRI | 2,41 | 473-15-4 |

NIST = Identificação feita através da biblioteca de espectrometria de massas (NIST); LRI = identificação feita através do índice de retenção linear. $I.R^L$ = índice de retenção de Kratz da literatura; $I.R^c$ = índice de retenção de Kratz calculado; % Porcentagem.

Na avaliação da toxicidade do óleo essencial de *C. camphora* sobre *O. punicae*, observou-se que a CL50 na temperatura de 28 °C apresentou o menor valor entre os tratamentos (7,69 μ L/mL; IC95%: 6,48–8,81), evidenciando maior eficácia do óleo nesta condição (Tabela 2). O intervalo de confiança nessa temperatura não se sobrepôs ao obtido para 25 °C (CL50 = 17,29 μ L/mL; IC95%: 15,32–19,66), o que indica diferença estatística significativa entre esses tratamentos. Dessa forma, o óleo essencial foi aproximadamente 2,25 vezes mais tóxico a 28 °C do que a 25 °C, segundo a razão de toxicidade. Para as demais temperaturas (30 e 32 °C), houve sobreposição dos intervalos de confiança em relação à 28 °C, não sendo constatadas diferenças estatísticas entre essas condições. Achados semelhantes foram descritos por Fu et al. (2015), que demonstraram toxicidade fumigante significativa do óleo de cânfora contra operárias da formiga vermelha (*Solenopsis invicta*), além de forte efeito repelente, evidenciando que a ação desse óleo essencial se estende a diferentes artrópodes-praga. Na CL90, a temperatura de

28 °C apresentou valor estimado de 20,98 $\mu\text{L}/\text{mL}$ (IC95%: 17,65–26,84), o qual se mostrou superior ao da temperatura de 32 °C (18,88 $\mu\text{L}/\text{mL}$; IC95%: 16,58–22,45) e 30 °C (20,37 $\mu\text{L}/\text{mL}$; IC95%: 15,97–32,51). Apesar dessa diferença numérica, houve sobreposição dos intervalos de confiança, portanto, não apresentando diferença estatística.

Para os testes subsequentes de repelência e taxa instantânea de crescimento populacional, foram utilizadas as concentrações subletais correspondentes a CL_{20} (3,98 $\mu\text{L}/\text{mL}$; IC95%: 2,88–4,94) e CL_{30} (4,54 $\mu\text{L}/\text{mL}$; IC95%: 3,40–5,52), que permitiram avaliar os efeitos não letais do óleo sobre o ácaro *O. punicae*.

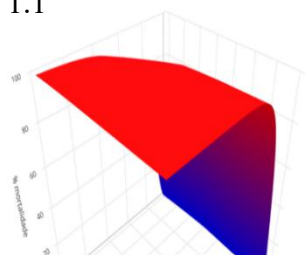
Tabela 2. Efeito da temperatura sobre a toxicidade do óleo essencial de *Cinnamomum camphora* sobre *Oligonychus punicae*:

| Composto | Tempo de retenção | LRI obtido | LRI literatura | Método de identificação* | % | CAS |
|--------------------|-------------------|------------|----------------|--------------------------|-------|-----------|
| α -pinene | 2,38 | 896 | 933 | NIST + LRI | 12,04 | 80-56-8 |
| Camphene | 2,46 | 913 | 947 | NIST + LRI | 0,58 | 79-92-5 |
| β -sabinene | 2,60 | 941 | 977 | NIST + LRI | 7,1 | 3387-41-5 |
| 1,8-cineole | 2,90 | 1003 | 1039 | NIST + LRI | 75,1 | 470-82-6 |
| Ascaridole | 3,80 | 1186 | 1257 | NIST + LRI | 0,46 | 512-85-6 |
| Elemol | 5,05 | 1457 | 1542 | NIST + LRI | 0,5 | 639-99-6 |
| γ -eudesmol | 5,35 | 1545 | 1630 | NIST + LRI | 0,22 | 1209-71-9 |
| β -eudesmol | 5,42 | 1567 | 1649 | NIST + LRI | 2,41 | 473-15-4 |

n= número de insetos usados no teste; GL= grau de liberdade; CL= concentração letal; EP = erro padrão da média; IC= intervalo de confiança; RT = razão de toxicidade; χ^2 = Qui-quadrado; P= probabilidade.

A mortalidade de *O. punicae* aumentou progressivamente com o incremento das concentrações do óleo essencial de *C. camphora* em todas as temperaturas avaliadas. O gráfico de superfície (Figura 1.1) evidencia essa interação entre dose e temperatura, mostrando que as maiores taxas de mortalidade foram observadas nas doses elevadas, mas também indicando que a toxicidade foi potencializada em condições intermediárias de temperatura, sobretudo a 28 °C, que apresentou a menor CL_{50} estimada (7,69 $\mu\text{L}/\text{mL}$; IC95%: 6,48–8,81). O mapa de calor (Figura 1.2) reforça esse padrão, destacando faixas ótimas de eficácia entre 25 e 30 °C, onde se concentram as regiões avermelhadas associadas à alta mortalidade, enquanto áreas azuladas refletem menor efeito em doses reduzidas ou em extremos térmicos. Esses resultados demonstram que tanto a concentração quanto a temperatura modulam a ação acaricida, sendo a condição de 28 °C especialmente favorável para a atividade do óleo essencial.

1.1



1.2

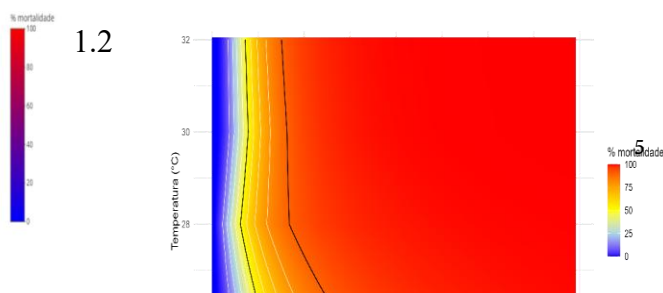


Figura 1. Superfície de resposta (1.1) e mapa de calor (1.2) da mortalidade de *Oligonychus punicae* em diferentes temperaturas e concentrações do óleo essencial de *Cinnamomum camphora*.

A utilização do óleo essencial de *C. camphora* sobre *O. punicae*, à temperatura de 28 °C, ocasionou uma diminuição significativa ($P < 0,05$) na viabilidade dos ovos em relação ao tratamento testemunha (Figura 2). O tratamento com a concentração letal CL₅₀ resultou em uma redução de cerca de 74% na viabilidade em comparação à testemunha (26,00% contra 100%), enquanto a CL₉₀ reduziu esse valor em aproximadamente 92% (8,00% contra 100%). As duas concentrações exibiram variações estatísticas em relação ao controle, confirmando o efeito ovicida significativo do óleo. A redução significativa na viabilidade dos ovos demonstra que *C. camphora* impacta de forma direta o êxito reprodutivo da praga, limitando a permanência do ciclo biológico e, por conseguinte, favorecendo a diminuição do aumento populacional de *O. punicae* ao longo do tempo.

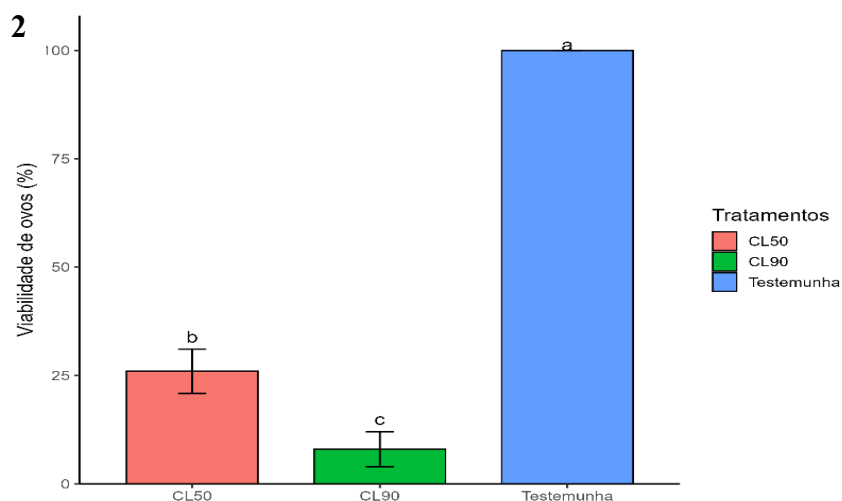


Figura 2. Viabilidade de ovos (%) de *Oligonychus punicae* tratados com óleo essencial de *Cinnamomum camphora* nas concentrações letais CL₅₀ e CL₉₀ a 28 °C. *Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; barras indicam média ± EP.

As concentrações subletais do óleo essencial de *C. camphora* reduziram de forma significativa ($P < 0,05$) a taxa de crescimento populacional (r_i) de *O. punicae* em relação à testemunha (Figura 3). A CL₂₀ apresentou valor médio de 0,4425, enquanto a CL₃₀

resultou em 0,2818, ambos estatisticamente inferiores à testemunha (0,5036). Considerando esses valores, observa-se uma redução aproximada de 12% na taxa de crescimento com a aplicação da CL₂₀ e de 44% com a CL₃₀ em comparação à testemunha. Embora ainda tenha ocorrido incremento populacional, o efeito supressor do óleo essencial sobre a dinâmica do ácaro é evidente, especialmente na CL₃₀, que limitou de forma mais acentuada o potencial de aumento da população.

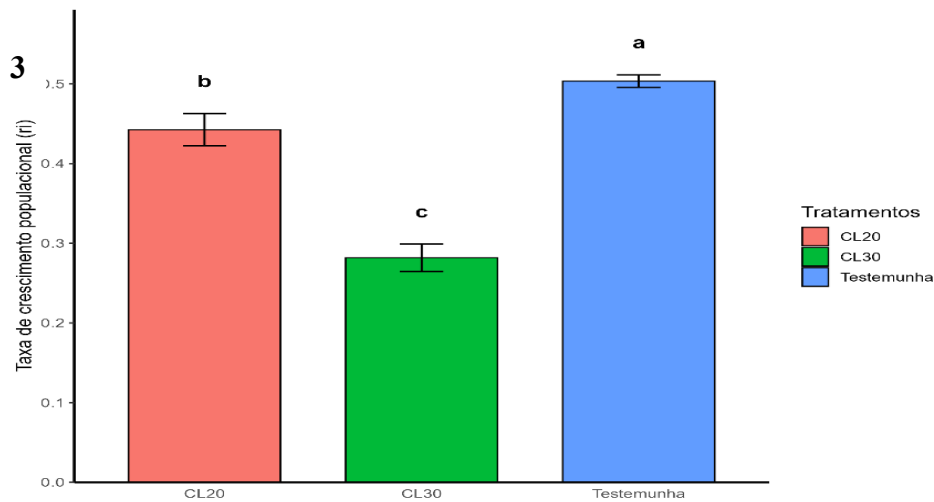


Figura 3. Taxa instantânea de crescimento populacional (ri) de *Oligonychus punicae* em discos foliares tratados com a CL₂₀ e CL₃₀ do óleo essencial de *Cinnamomum camphora* a 28 °C. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; barras indicam média ± EP.

O índice de repelência (IR) do óleo essencial de *C. camphora* apresentou variações conforme a concentração testada (Figura J). Na CL₂₀, o IR foi de 0,80, valor classificado como neutro, não indicando efeito consistente de afastamento sobre *O. punicae*. Já na CL₃₀, o IR foi de 0,64, caracterizado como repelente, evidenciando que concentrações mais elevadas exercem maior influência no comportamento do ácaro.

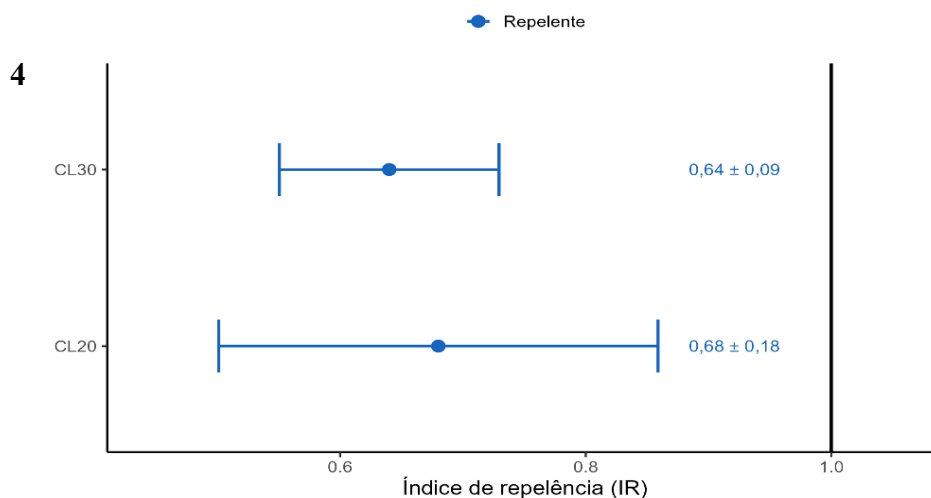


Figura 4. Índice de repelência (IR) de *Oligonychus punicae* em relação ao óleo essencial de *Cinnamomum camphora* nas concentrações letais CL₂₀ e CL₃₀ a 28 °C.

A utilização do óleo essencial de *C. camphora* evidenciou diferença significativa ($P>0,05$) na quantidade de *O. punicae* atraídos entre os lados submetidos ao tratamento e aqueles não tratados a 28 °C apenas na CL₃₀ (Figura 5). Na concentração CL₂₀, a média de ácaros atraídos no lado que recebeu tratamento foi de 4,0 , enquanto no lado não tratado foi de 6,0, o que resulta em uma repelência estimada de 20%. Na CL₃₀, registrou-se uma média de 3,2 ácaros no lado tratado, enquanto no lado não tratado o número foi de 6,8, correspondendo a uma repelência de 32%.

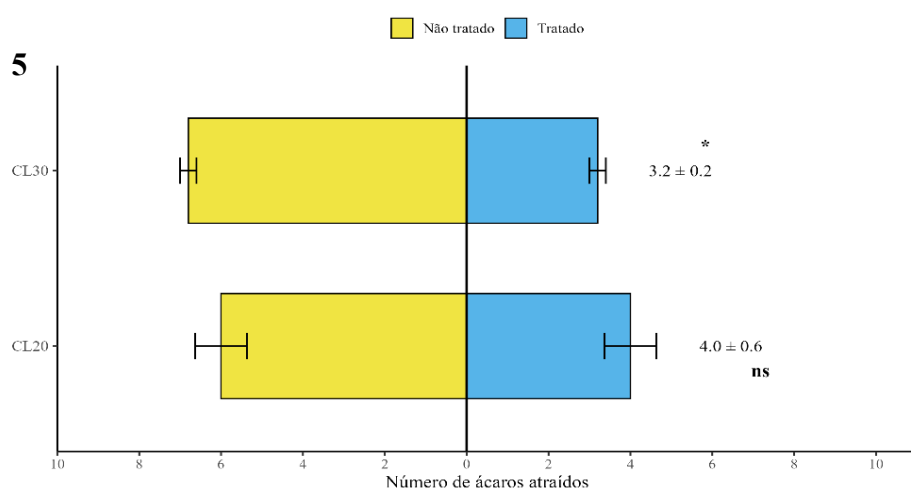


Figura 5. Número de ácaros *Oligonychus punicae* atraídos (média ± EP) após a aplicação do óleo essencial de *Cinnamomum camphora* nas concentrações letais CL₂₀ e CL₃₀ a 28 °C.

A análise multivariada por componentes principais (PCA) permitiu sintetizar a relação entre os parâmetros biológicos e comportamentais de *O. punicae* expostos ao óleo essencial de *C. camphora* a 28 °C. Os dois primeiros componentes explicaram conjuntamente 81,1% da variabilidade total, sendo 47,8% atribuídos ao PC1 e 33,3% ao PC2. O PC1 foi fortemente associado às variáveis viabilidade de ovos e taxa de crescimento populacional (ri), ambas negativamente relacionadas com as concentrações mais elevadas do óleo, evidenciando que a redução desses parâmetros biológicos está diretamente ligada ao aumento da toxicidade. Já o PC2 destacou a variável repelência, que contribuiu de forma independente para a variação observada, separando principalmente o grupo não tratado em relação ao tratado (Figura 6).

No *biplot* (Figura 6), observa-se que os tratamentos CL₉₀ e CL₃₀ se distanciaram da testemunha, indicando maior impacto sobre a viabilidade de ovos e o crescimento populacional do ácaro. As concentrações CL₂₀ e CL₅₀ agruparam-se próximas entre si, refletindo efeitos intermediários. A repelência, por sua vez, apresentou fraca contribuição para a separação dos tratamentos, reforçando que os efeitos mais expressivos do óleo essencial ocorreram sobre parâmetros biológicos, e não comportamentais, especialmente porque somente a CL₃₀ afetou o comportamento de escolha do ácaro.

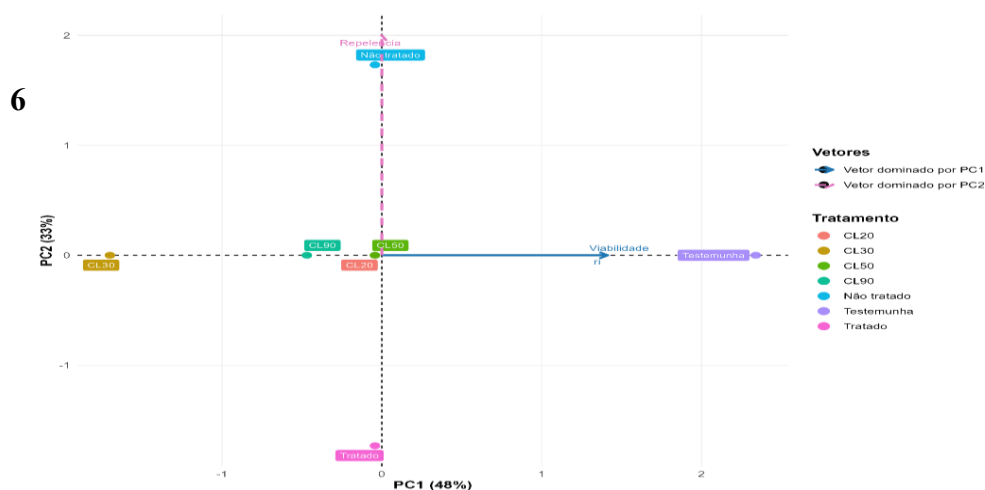


Figura 6. Análise de Componentes Principais (PCA) (Biplot) mostrando relações entre tratamentos e variáveis avaliadas.

Conclusão

O óleo essencial de *C. camphora* demonstrou elevado potencial acaricida contra *O. punicae*, sobretudo na temperatura de 28 °C, condição em que apresentou maior toxicidade. Além de reduzir significativamente a viabilidade dos ovos e a taxa de crescimento populacional, comprometendo parâmetros reprodutivos e de dinâmica populacional essenciais, resultando em forte supressão do desenvolvimento da praga. Embora os efeitos comportamentais tenham sido menos expressivos, os resultados reforçaram o impacto direto sobre a sobrevivência e a reprodução do ácaro, os quais são determinantes para a eficácia no manejo. Assim, *C. camphora* se destaca como uma ferramenta promissora para estratégias de controle sustentável de *O. punicae* em mudas de eucalipto.

Agradecimentos

Agradeço ao IFMA–Campus Codó pela infraestrutura do laboratório multidisciplinar, ao PIBIC e ao CNPq pela concessão da bolsa. À UFSCar e à Universidade Federal de São Carlos pela realização da caracterização química do óleo essencial.

Referências

ATTIA, Sabrina et al. Uma revisão das principais abordagens biológicas para controlar a praga mundial *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) com referência especial aos pesticidas naturais: abordagens biológicas para controlar *Tetranychus urticae*. **Jornal de Ciência de Pragas**, v. 86, n. 3, p. 361-386, 2013.

BAHAMONDEZ, C. et al. Avaliação global dos recursos florestais 2010 main report. Recurso eletrônico.

DE OLIVEIRA, E. B. O eucalipto e a Embrapa: quatro décadas de pesquisa e desenvolvimento. 2021.

FERRAZ, C. B. J.; JOSÉ, W. da S. P. A. S.; MELO, Debora B. de Lima; FRANÇA, Solange M. de. *Oligonychus punicae* como praga de *Eucalyptus urophylla* em cultivo e potenciais novas espécies hospedeiras no Brasil. **International Journal of Acarology**, v. 45, n. 1-2, p. 75-78, 2019. DOI: 10.1080/01647954.2018.1543349.

FLECHTMANN, Carlos A. H. Dois ácaros novos para o eucalipto, com uma lista daqueles já assinalados para esta planta. **IPEF**, Piracicaba, v. 23, p. 43-46, 1983.

FU, J. T. et al. Fumigant toxicity and repellence activity of camphor essential oil from *Cinnamomum camphora* Siebold against *Solenopsis invicta* workers (Hymenoptera: Formicidae). **Journal of Insect Science**, v. 15, n. 1, p. 129, 2015.

HIRST, Stanley. LXX. - Em alguns novos ácaros da subordem Prostigmata (Trombidioidea). **Anais e Revista de História Natural**, v. 18, n. 108, p. 609-616, 1926.

MICIĆ, Darko et al. Óleos essenciais de alecrim como fonte promissora de compostos bioativos: composição química, propriedades térmicas, atividade biológica e perspectivas gastronômicas. **Alimentos**, v. 10, n. 11, p. 2734, 2021.

YING, Gui-shuang; LIU, Chengcheng. Análise estatística de dados agrupados usando o sistema SAS. In: Anais da conferência do grupo de usuários do SAS do nordeste (NESUG), 2006. p. 17-20.