

Avaliação do Grau de Fitotoxicidade de Emulsões de Ricinoleato de Sódio com o Óleo Essencial de *Piper aduncum* L. (Piperaceae), em Plântulas de *Phaseolus vulgaris* L. (Fabaceae)

Maria Érica Costa de Lima¹, Murilo Fazolin², Natália da Silva Maisforte³ e André Fábio Medeiros Monteiro⁴

¹Graduanda em Engenharia Agrônômica, Universidade Federal do Acre, bolsista Pibic/CNPq na Embrapa Acre, Rio Branco, AC.

²Engenheiro-agrônomo, doutor em Entomologia, pesquisador da Embrapa Acre, Rio Branco, AC.

³Graduanda em Ciências Biológicas, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Acre, Rio Branco, AC.

⁴Biólogo, mestre em Ecologia, analista da Embrapa Acre, Rio Branco, AC.

Resumo – O óleo essencial de *Piper aduncum* L. (Oepa) é composto majoritariamente por dilapiol. No entanto, para utilização prática, o Oepa tem apresentado efeitos fitotóxicos quando aplicado nas brotações de plantas de laranja. O ricinoleato de sódio, um subproduto da mamona *Ricinus communis* L. (Euphorbiaceae) utilizado frequentemente como emulsificante para produtos domissanitários, tem sido avaliado em combinação com óleos vegetais para controle de pragas. Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito fitotóxico para plântulas de feijão cultivar Carioca da emulsão resultante da combinação do Oepa, em concentrações acima de 1% v v⁻¹, com a concentração fisicamente estável de ricinoleato de sódio (RS). Foi determinado o grau de severidade das lesões foliares causadas pelas diferentes emulsões consideradas. Os experimentos foram conduzidos na Embrapa Acre e o delineamento estatístico foi inteiramente casualizado (DIC), com cinco tratamentos e quatro repetições. As aplicações foram realizadas nas horas mais quentes do dia (entre 11h e 13h) para maximizar a possibilidade de ocorrência de fitotoxicidade. Todas as combinações apresentaram grau de fitotoxicidade elevado, desde necrose generalizada, folhas com pontos necróticos e folhas com necrose seca dos tecidos, tornando-se murchas e quebradiças.

Termos para indexação: emulsificante, inseticida, óleo essencial.

Introdução

A aplicação indiscriminada de inseticidas tem gerado grandes problemas, como a destruição de insetos úteis (polinizadores e inimigos naturais das pragas), ressurgência de pragas, surgimento de pragas secundárias, intoxicações humanas (de aplicadores de inseticidas e de consumidores de alimentos contaminados) de forma aguda ou crônica, contaminação ambiental e de alimentos e seleção de pragas resistentes (Vendramim, 1997).

Uma forma de amenizar o uso dos agrotóxicos é substituí-los totalmente ou em parte por compostos naturais, encontrados em plantas (e. g. óleos essenciais), que são misturas complexas de substâncias voláteis, caracterizados por um forte odor e sintetizados via metabolismo secundário das plantas (Andrade et al., 2012). Apresentam, ainda, um fator ecológico, devido a sua alta volatilidade, não se acumulam em solos nem em águas subterrâneas e muitos estudos mostram sua ação fungicida, bactericida e inseticida (Dhima et al., 2010). Os principais constituintes dos óleos essenciais são os fenilpropanoides e terpenoides (Andrade et al., 2012).

O óleo essencial de *Piper aduncum* L. (Piperaceae) (Oepa) apresenta um excelente rendimento (2,5% a 3,5%) e é rico em dilapiol (31,5% a 91,1%). A interferência enzimática do dilapiol sobre capacidade de destoxificação dos insetos pode explicar o efeito inseticida do óleo ou mesmo do extrato de *P. aduncum*, já documentado em diversos trabalhos, quando utilizado para o controle

de vários artrópodes tais como: *Ostrinia nubilalis* Hübner, 1796 (Lepidoptera: Crambidae) (Bernard et al., 1990; 1995); *Aedes atropalpus* (Coquillett, 1902) (Diptera: Culicidae) (Bernard et al., 1995); *Cerotoma tingomarianus* Bechyné, 1951 (Coleoptera: Chrysomelidae) (Fazolin et al., 2005); *Sitophilus zeamais* Motschulsky & V.de, 1855 (Coleoptera: Curculionidae) (Estrela et al., 2006); *Tenebrio molitor* Linnaeus, 1758 (Coleoptera: Tenebrionidae) (Fazolin et al., 2007); *Aetalion* sp. (Hemiptera: Aetalionidae) (Silva et al., 2007); *Aleurocanthus woglumi* Ashby, 1915 (Hemiptera: Aleyrodidae) (Castro et al., 2009); *Solenopsis saevissima* F. Smith, 1855 (Hymenoptera: Formicidae) (Souto et al., 2011); e *Diaphorina citri* Kuwayama, 1908 (Hemiptera: Psyllidae), vetor do Huanglongbing (HLB) em citros (Volpe et al., 2015).

No entanto, para utilização prática, o Oepa tem apresentado efeitos fitotóxicos principalmente nas brotações de plantas de laranja (Volpe et al., 2015). Devido à ação dos óleos serem primariamente de contato, há necessidade de reaplicação, e a maximização de sua eficiência depende de uma boa cobertura sobre a superfície foliar. No entanto, deve ser observada a possibilidade da ocorrência de fitotoxicidade para algumas culturas (Fenigstein et al., 2001).

O ricinoleato de sódio (RS) é um subproduto da mamona *Ricinus communis* L. (Euphorbiaceae) utilizado frequentemente como emulsificante para produtos domissanitários e em combinação com óleos vegetais para o controle de pragas (Oliveira; Bleicher, 2006). A partir dessas informações, considera-se que o RS não apresenta efeito fitotóxico quando utilizado no controle de pragas. No entanto, Hill (1983) ressalta que é de suma importância que as emulsões sejam estáveis o suficiente para aplicação em campo, apresentando uma diluição uniforme e concentração conhecida. Assim, o ricinoleato de sódio pode ser considerado um adjuvante promissor para a emulsificação do Oepa, com a finalidade de mitigar o efeito fitotóxico causado na sua utilização para o controle de pragas.

Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito fitotóxico para plântulas de feijão pulverizadas com emulsões fisicamente estáveis resultantes da combinação do Oepa, em concentrações acima de 1% v v⁻¹, com diferentes concentrações de ricinoleato de sódio e determinar o grau de severidade das lesões foliares causadas pelos diferentes tratamentos.

Material e métodos

O experimento foi conduzido na Embrapa Acre, localizada no município de Rio Branco, Acre. Foram avaliados efeitos fitotóxicos das concentrações a 0,5%, 0,75%, 0,9%, 1,0% e 1,5% de ricinoleato de sódio (RS) combinadas com as concentrações a 1,0%, 1,5%, 1,8%, 2,0% e 3,0% v v⁻¹ do óleo de *P. aduncum* (Oepa).

O ricinoleato de sódio (C₁₈H₃₃NaO₃) foi adquirido diretamente da distribuidora industrial paranaense Ltda. – Dipa Química. Para a obtenção do Oepa, plantas adultas de *P. aduncum* foram coletadas em área de produção da Embrapa Acre (10°1'30"S, 67°42'18"O), cortadas a 0,4 m do solo, separando-se somente as folhas e ramos finos para processamento e secagem. O óleo essencial foi obtido em um extrator, utilizando o princípio de arraste de vapor em um sistema de caldeira aquecida a diesel, adaptada de Pimentel e Silva (2000). O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado (DIC) com cinco tratamentos e quatro repetições. Cada tratamento consistiu na emulsão da concentração estável do ricinoleato de sódio adicionado as cinco concentrações de Oepa (1,0%, 1,5%, 1,8%, 2,0% e 3,0% v v⁻¹), comparado entre si e com uma testemunha (pulverização de água somente).

Foram utilizadas cinco bandejas da Nutriplan, cada uma contendo 200 células, que foram preenchidas com substrato vermiculita. As sementes de feijão, *Phaseolus vulgaris* L. (Fabaceae),

utilizadas para a sementeira após o teste de germinação positivo (acima de 80%), foram da cultivar Carioca adquiridas no comércio local. As plantas foram mantidas durante todo o ensaio em casa de vegetação e o desenvolvimento foi acompanhado diariamente (Figuras 1A e 1B). No momento em que se constatou a presença de dois pares de folhas definitivas, as plantas sofreram o desbaste de folhas, realizando-se a seguir as pulverizações de cada um dos cinco tratamentos. Para que não houvesse o efeito de deriva durante a pulverização de cada bandeja, os tratamentos foram separados no momento da pulverização. A aplicação dos tratamentos foi realizada utilizando pulverizadores manuais tipo borrifadores, com capacidade de 500 mL.



Figura 1. Plântulas de feijão antes da aplicação de concentrações de óleo essencial de *Piper aduncum* + ricinoleato de sódio (A) e aspecto de plântulas de feijão após 1 dia de aplicação, apresentando sinais de fitotoxicidade (B).

As aplicações foram realizadas nas horas mais quentes do dia (entre 11h e 13h) para maximizar a possibilidade de ocorrência de fitotoxicidade. A pulverização de cada tratamento ocorreu até o escorrimento da calda sobre a folha, evitando que o excesso de calda aplicada se depositasse nas bordas e nas pontas, contribuindo para um possível erro durante as avaliações. Para tanto, as folhas das plântulas foram levemente agitadas após a pulverização. As avaliações da fitotoxicidade foram realizadas a cada 24 horas, por um período de 7 dias consecutivos. Nesse intervalo de tempo foram atribuídas notas de danos para cada planta submetida aos diferentes tratamentos adotando-se o seguinte critério: nota 0 = nº de folhas sem alteração de cor; nota 1 = nº de folhas apresentando leve alteração na cor (clorose); nota 2 = nº de folhas apresentando pontos necróticos; nota 3 = nº de folhas apresentando necrose generalizada; nota 4 = nº de folhas apresentando necrose e seca dos tecidos, tornando-os quebradiços (Oliveira; Bleicher, 2006). Os dados de cada tratamento (concentração de Oepa) foram submetidos à análise de regressão (SAS Institute, 2001), selecionando-se a curva de concentração de Oepa que apresentou menores índices de fitotoxicidade (número médio de folhas com notas 0 e 1) em função do tempo de avaliação (7 dias).

Resultados e discussão

Todas as combinações apresentaram grau de fitotoxicidade elevado, desde necrose generalizada, folhas com pontos necróticos e folhas com necrose seca dos tecidos, tornando-se murchas e quebradiças. Na Figura 1B, pode-se observar o grau de severidade resultante da aplicação das diferentes combinações de ricinoleato + Oepa. Pode-se considerar que o efeito fitotóxico ocorreu em 100% das plantas, ou seja, todas as plantas de feijão apresentaram folhas queimadas, independentemente do tratamento considerado, quando comparado à testemunha.

Os resultados obtidos confirmaram que o óleo essencial de *P. aduncum* apresenta efeitos fitotóxicos à planta do feijão. Essa fitotoxicidade pode estar relacionada com a presença de alguns sesquiterpenos na composição do óleo essencial, descritos como causadores de fitotoxicidade, ou até mesmo na possível interação sinérgica ou aditiva com os arilpropanoides também presentes na composição. Sendo assim, torna-se necessário realizar avaliações sobre a fitotoxicidade dos arilpropanoides, para que sejam determinados os efeitos das interações negativas desses compostos com as plantas tratadas, principalmente aquelas que apresentam folhas mais tenras, ou brotações.

Na literatura é possível encontrar resultados de pesquisas que tratam sobre a atividade fitotóxica dos monoterpenos hidrocarbonados e oxigenados (Bouajaj et al., 2014). Os monoterpenos dos óleos essenciais apresentam efeitos fitotóxicos que podem causar alterações anatômicas e fisiológicas nas mudas das plantas levando ao acúmulo de glóbulos lipídicos no citoplasma, redução em algumas organelas como as mitocôndrias, possivelmente devido à inibição da síntese de DNA ou rompimento das membranas ao redor das mitocôndrias e núcleos (Bouajaj et al., 2014).

Pode-se destacar o provável efeito negativo principalmente dos monoterpenos hidrocarbonados: α -pineno, β -pineno, limoneno, p-cimeno e sabineno; assim como dos monoterpenos oxigenados: linalol, cânfora e Terpinen-4-ol. Apesar de serem minoritários na composição do Oepa, os monoterpenos podem estar atuando de forma sinérgica (Pavela, 2015) potencializando assim a fitotoxicidade causada pelo Oepa. Tal hipótese encontra respaldo pelo fato de se tratarem de compostos que, de uma maneira geral, apresentam efeitos fitotóxicos em diferentes estruturas nas plantas, desde a semente e sua germinação, crescimento e desenvolvimento de mudas, podendo

interferir negativamente no desenvolvimento das raízes (Abrahim et al., 2000; Singh et al., 2002; Mancini et al., 2009; Andrianjafinandrasana et al., 2013; Grichi et al., 2016; Zhou et al., 2019).

Outros compostos presentes no Oepa que poderiam estar associados à sua fitotoxicidade podem ser os sesquiterpenos hidrocarbonados (13,2%) e oxigenados (1,8%), considerados como majoritários por apresentarem teor acima de 10% na composição do óleo. Os sesquiterpenos oxigenados presentes no Oepa (nerolidol, ledol, viridiflorol, óxido de cariofileno e humuleno) são relatados na literatura como fitotóxicos, principalmente na germinação de sementes, crescimento de mudas e folhas de *Chenopodium murale* L., 1753 (Abd-Elgawad et al., 2019) e também no desenvolvimento das raízes de *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh, 1842 (Landi et al., 2020), enquanto a fitotoxicidade dos sesquiterpenos hidrocarbonados, cadinene e β -cariofileno pode alterar o crescimento de mudas, causando queimaduras nas folhas de videiras da cultivar Pinot Noir ENTAV (Lazazzara et al., 2018).

Quanto aos arilpropanoides, embora não tenha sido possível recuperar informações na literatura, por se tratarem de compostos majoritários na composição do Oepa (80,4%), talvez possam apresentar efeito fitotóxico à semelhança dos terpenoides, quando em contato com as folhas de feijão. Sob esse aspecto, considera-se inócua a sua combinação com o ricinoleato de sódio, confirmando os resultados obtidos por Braga Sobrinho et al. (2012) quando avaliaram o efeito fitotóxico do Oepa para plantas de meloeiro.

Portanto, para minimizar os problemas causados pela fitotoxicidade do Oepa é necessário o desenvolvimento de novas formulações para as concentrações que apresentem efeito inseticida. Rao et al. (2021) sugerem formulações à base de suspensão das cápsulas (CS) sintetizadas usando o processo de microencapsulação que, segundo os autores, ajudaria a minimizar os efeitos de fitotoxicidade às plantas. Para a proteção vegetal, as formulações de microcápsulas de pesticidas têm uma vantagem sobre as formulações convencionais, pois não só eliminam efetivamente a fitotoxicidade, mas também reduzem a degradação, diminuem a toxicidade dérmica e reduzem a poluição ambiental (Singh et al., 2010).

Porém, na falta de opções de nanoformulações, a alternativa seria a continuidade da utilização dos emulsificantes, explorando novas concentrações e proporções para novas formulações, pois o ricinoleato de sódio, por ser um emulsificante para produtos domissanitários, tem sido avaliado com sucesso em combinação com óleos vegetais para controle de pragas (Oliveira; Bleicher, 2006). Além disso, é um produto que apresenta baixo custo quando comparado a outros emulsificantes, aliado à facilidade para sua aquisição (Vieira et al., 2018).

Conclusões

As concentrações de 0,5%, 0,75%, 0,9%, 1,0% e 1,5% de ricinoleato de sódio (RS), combinadas com as concentrações do óleo essencial de *P. aduncum* (Oepa) a 1,0%, 1,5%, 1,8%, 2,0% e 3,0% v v⁻¹, causaram efeito fitotóxico em 100% das plântulas de feijoeiro. Todas as combinações apresentaram grau de fitotoxicidade elevado, necrose generalizada, folhas com pontos necróticos e folhas com necrose seca dos tecidos. Assim, a estabilidade física do ricinoleato de sódio não serviu como referência para a produção de formulações com o Oepa com vistas à mitigação da fitotoxicidade das plantas tratadas.

Agradecimento

Os autores agradecem aos colaboradores do Laboratório de Entomologia da Embrapa Acre, o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de iniciação científica e a Embrapa Acre pela infraestrutura física para condução dos experimentos.

Referências

- ABRAHIM, D.; BRAGUINI, W. L.; KELMER-BRACHT, A. M.; ISHII-IWAMOTO, E. L. Effects of four monoterpenes on germination, primary root growth, and mitochondrial respiration of maize. **Journal of Chemical Ecology**, v. 26, n. 3, p. 611-624, Mar. 2000. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1005467903297>.
- ABD-ELGAWAD, A. M.; ELSHAMY, A. I.; AL-ROWAILY, S. L.; EL-AMIER, Y. A. Habitat affects the chemical profile, allelopathy, and antioxidant properties of essential oils and phenolic enriched extracts of the invasive plant *Heliotropium curassavicum*. **Plants**, v. 8, n. 11, p. 482, Nov. 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants8110482>.
- ANDRADE, M. A.; CARDOSO, M. D. G.; BATISTA, L. R.; MALLET, A. C. T.; MACHADO, S. M. F. Óleos essenciais de *Cymbopogon nardus*, *Cinnamomum zeylanicum* e *Zingiber officinale*: composição, atividades antioxidante e antibacteriana. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 2, p. 399-408, jun. 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1806-66902012000200025>.
- ANDRIANJAFINANDRASANA, S. N.; ANDRIANOELISOA, H. S.; JEANSON, M. L.; RATSIMALA RAMONTA, I.; DANTHU, P. Allelopathic effects of volatile compounds of essential oil from *Ravensara aromatica* Sonnerat chemotypes. **Allelopathy Journal**, v. 31, n. 2, p. 333-344, Feb. 2013.
- BERNARD, C. B.; ARNASON, J. T.; PHILOGÈNE, B. J. R.; LAM, J.; WADDEL, T. *In vivo* effect of mixtures of allelochemicals in the life cycle of the European corn borer, *Ostrinia nubilalis*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 57, n. 1, p. 17-22, Oct. 1990. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.1990.tb01411.x>.
- BERNARD, C. B.; KRISHANMURTY, H. G.; CHAURET, D.; DURST, T.; PHILOGENE, B. J. R.; SANCHEZ-VINDAS, P.; HASBUN, C.; POVEDA, L.; SAN ROMAN, L.; ARNASON, J. T. Insecticidal defenses of Piperaceae from the neotropics. **Journal of Chemical Ecology**, v. 21, n. 6, p. 801-814, June 1995. DOI: <https://doi.org/10.1007/bf02033462>.
- BOUAJAJ, S.; ROMANE, A.; BENYAMNA, A.; AMRI, I.; HANANA, M.; HAMROUNI, L.; ROMDHANE, M. Essential oil composition, phytotoxic and antifungal activities of *Ruta chalepensis* L. leaves from High Atlas Mountains (Morocco). **Natural Product Research**, v. 28, n. 21, p. 1910-1914, Aug. 2014. DOI: <https://doi.org/10.1080/14786419.2014.945085>.
- BRAGA SOBRINHO, R.; MESQUITA, A.; MOTA, M.; PIMENTEL, F.; de ARAÚJO, K. L. B.; GUIMARAES, J.; DIAS, N. D. S. **Avaliação de fitotoxicidade de óleos essenciais de plantas ao meloeiro**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2012. 12 p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 71). Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/951827>. Acesso em: 15 maio 2021.
- CASTRO, R. S.; PENA, M. R.; SILVA, N. M.; VENDRAMIM, J. D.; COSTA, I. B. Atividade ovicida de extratos aquosos de folhas de *Piper aduncum* L. sobre a mosca-negra-dos-citros, *Aleurocanthus woglumi* Ashby (Aleyrodidae) em condições de laboratório. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O PROGRESSO DA CIÊNCIA, 61., 2009, Manaus. **Anais...** Manaus: SBPC, 2009.
- DHIMA, K.; VASILAKOGLU, I.; GARANE, V.; RITZOULIS, C.; LIANOPOULOU, V.; PANOU-PHILOTHEOU, E. Competitiveness and essential oil phytotoxicity of seven annual aromatic plants. **Weed Science**, v. 58, n. 4, p. 457-465, Dec. 2010. DOI: <https://doi.org/10.1614/WS-D-10-00031.1>.

- ESTRELA, J. L. V.; FAZOLIN, M.; CATANI, V.; ALERCIO, M. R.; de LIMA, M. S. Toxicidade de óleos essenciais de *Piper aduncum* e *Piper hispidinervum* em *Sitophilus zeamais*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 2, p. 217-222, fev. 2006. DOI: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/504465>.
- FAZOLIN, M.; ESTRELA, J. L. V.; CATANI, V.; LIMA, M. S.; ALÉCIO, M. R. Toxicidade do óleo de *Piper aduncum* L. a adultos de *Cerotoma tingomarianus* Bechyné (Coleoptera: Chrysomelidae). **Neotropical Entomology**, v. 34, n. 3, p. 485-489, June 2005. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-566X2005000300018>.
- FAZOLIN, M.; ESTRELA, J. L. V.; CATANI, V.; ALECIO, M. R.; LIMA, M. S. Propriedade inseticida dos óleos essenciais de *Piper hispidinervum* C.DC., *Piper aduncum* L. e *Tanaecium nocturnum* (Barb. Rodr.) Bur. & K. Shum sobre *Tenebrio molitor* L., 1758. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 1, p. 113-120, fev. 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542007000100017>.
- FENIGSTEIN, A.; ELIYAHU, M.; GAN-MOR, S.; VEIEROV, D. Effects of five vegetable oils on the *sweetpotato whitefly*, *Bemisia tabaci*. **Phytoparasitica**, v. 29, n. 3, p. 197-206, June 2001. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02983451>.
- GRICHI, A.; NASR, Z.; KHOUJA, M. L. Phytotoxic effects of essential oil from *Eucalyptus lehmanii* against weeds and its possible use as a bioherbicide. **Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences**, v. 5, p. 17-23, Jan. 2016. Disponível em: https://www.jnsciences.org/index.php?option=com_attachments&task=download&id=207. Acesso em: 15 maio 2021.
- HILL, D. S. **Agricultural insect pests of the tropics and their control**. New York: Cambridge University Press, 1983. 746 p.
- LANDI, M.; MISRA, B. B.; MUTO, A.; BRUNO, L.; ARANITI, F. Phytotoxicity, morphological, and metabolic effects of the sesquiterpenoid nerolidol on *Arabidopsis thaliana* seedling roots. **Plants**, v. 9, n. 10, 1347, Oct. 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants9101347>.
- LAZAZZARA, V.; BUESCHL, C.; PARICH, A.; PERTOT, I.; SCHUHMACHER, R.; PERAZZOLLI, M. Downy mildew symptoms on grapevines can be reduced by volatile organic compounds of resistant genotypes. **Scientific Reports**, v. 8, n. 1, 1618, Jan. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-018-19776-2>.
- MANCINI, E.; ARNOLD, N. A.; DE MARTINO, L.; DE FEO, V.; FORMISANO, C.; RIGANO, D.; SENATORE, F. Chemical composition and phytotoxic effects of essential oils of *Salvia hierosolymitana* Boiss and *Salvia multicaulis* Vahl. var. *simplicifolia* Boiss. growing wild in Lebanon. **Molecules**, v. 14, n. 11, p. 4725-4736, Nov. 2009. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules14114725>.
- OLIVEIRA, J. N., BLEICHER, E. Seleção de emulsificantes para óleo de algodão. **Revista Ciência Agronômica**, v. 37, n. 2, p. 171-176, dez. 2006.
- PAVELA, R. Acute toxicity and synergistic and antagonistic effects of the aromatic compounds of some essential oils against *Culex quinquefasciatus* Say larvae. **Parasitology Research**, v. 114, p. 3835-3853, July 2015. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00436-015-4614-9>.
- PIMENTEL, F. A.; SILVA, M. R. da. **Recomendações sobre processo de destilação comercial de biomassa triturada de pimenta longa (*Piper hispidinervum*)**. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2000. 3 p. (Embrapa Acre. Comunicado técnico, 123). Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/492672>. Acesso em: 10 maio 2021.
- RAO, J.; CHANDRANI, A. N.; POWAR, A.; CHANDRA, S. Release behavior of oxyfluorfen polyurea capsules prepared using PVA and kraft lignin as emulsifying agents and phytotoxicity study on paddy. **Green Chemistry Letters and Reviews**, v. 14, n. 2, p. 203-219, Mar. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1080/17518253.2021.1897690>.

SAS Institute. **User's guide**: statistics. Version 8.2. 6. 3d. Cary NC, 2001. 95 p.

SILVA, W. C.; RIBEIRO, J. D.; SOUZA, H. E. M.; CORRÊA, R. de. S. Atividade inseticida de *Piper aduncum* L. (Piperaceae) sobre *Aetalion* sp. (Hemiptera: Aetalionidae), praga de importância econômica no Amazonas. **Acta Amazonica**, v. 37, n. 2, p. 293-298, jun. 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0044-59672007000200017>.

SINGH, H. P.; BATISH, D. R.; KAUR, S.; RAMEZANI, H.; KOHLI, R. K. Comparative phytotoxicity of four monoterpenes against *Cassia occidentalis*. **Annals of Applied Biology**, v. 141, n. 2, p. 111-116, Jan. 2002. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2002.tb00202.x>.

SINGH, B.; SHARMA, D. K.; KUMAR, R.; GUPTA, A. Development of a new controlled pesticide delivery system based on neem leaf powder. **Journal of Hazardous Materials**, v. 177, n. 1-3, p. 290-299, May 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2009.12.031>.

SOUTO, R. N. P.; HARADA A. Y.; MAIA, J. G. S. Estudos preliminares da atividade inseticida de óleos essenciais de espécies de *Piper* Lineus (Piperaceae) em operárias de *Solenopsis saevissima* F. Smith (Hymenoptera: Formicidae), em laboratório. **Biota Amazônia**, v. 1, n. 1, p. 42-48, mar. 2011. <http://dx.doi.org/10.18561/2179-5746/biotaamazonia.v1n1p42-48>.

VIEIRA, L.; ROEL, A. R.; DE OLIVEIRA, J. B.; MOTTI, P. R., DE ANDRADE, K. R. Efeito do Ricinoleato de sódio sobre a biologia de *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lep.: Noctuidae) em dieta artificial. **Cadernos de Agroecologia**, v. 13, n. 2, p. 1-9, dez. 2018. Edição do AGROECOL.

VENDRAMIM, J. D. Use of insecticide plants in pest control. In: CYCLE OF LECTURES ON ORGANIC AGRICULTURE, 2., 1997, São Paulo. **Lectures...** Campinas: Fundação Cargill, 1997. p. 64-69.

VOLPE, H. X. L.; FAZOLIN, M.; GARCIA, R. B.; MAGNANI, R. F.; BARBOSA, J. C.; MIRANDA, M. P. Efficacy of essential oil of *Piper aduncum* against nymphs and adults of *Diaphorina citri*. **Pest Management Science**, v. 72, n. 6, p. 1242-1249, Sept. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1002/ps.4143>.

ZHOU, S.; WEI, C.; ZHANG, C.; HAN, C.; KUCHKAROVA, N.; SHAO, H. Chemical composition, phytotoxic, antimicrobial and insecticidal activity of the essential oils of *Dracocephalum integrifolium*. **Toxins**, v. 11, n. 10, 598, Oct. 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/toxins11100598>.