

Research Article

Bioatividade de extratos aquosos de folhas de plantas na biologia de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae)

Ronaldo Pavarini[✉], Ana M. A. Lourenço^{id}, Gabriel D. Neves^{id}, Gláucia M. P. Pavarini^{id}

Faculdade de Ciências Agrárias do Vale do Ribeira - Câmpus de Registro, UNESP, Registro-SP, Brasil.

[✉]Corresponding author: ronaldo.pavarini@unesp.br

Edited by: Elio C. Guzzo^{id}

Received: September 02, 2022 Accepted: April 24, 2023. Published: July 17, 2023.

Bioactivity of aqueous extracts of plant leaves on the biology of *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae)

Abstract. The armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae), is a key pest of corn, as it causes defoliation to plants throughout the year, causing significant economic losses. The most common method for its control is chemical, but the indiscriminate use of pesticides, in addition to causing adverse effects to humans and to environment due to the toxicity of the products, favors the development of resistant populations, thus making the insect in question difficult to control. Plants popularly known as myrtle [*Murraya paniculata* (L.) Jack] (Rutaceae), guaco (*Mikania glomerata* Spreng.) (Asteraceae), São Caetano melon (*Momordica charantia* L.) (Cucurbitaceae) and lemon balm (*Melissa officinalis* L.) (Lamiaceae) have demonstrated pharmacological potential, presenting repellent or toxic effects to insects. Thus, the objective of this work was to analyze in the laboratory the insecticidal activity of *M. paniculata*, *M. glomerata*, *M. charantia* and *M. officinalis* on the biological parameters of *S. frugiperda*, through the incorporation of extracts in artificial diets. Based on the results obtained, a significant insecticidal activity of *M. paniculata* leaf extract was observed on *S. frugiperda*, as it caused a significant reduction in larval and pupal viability.

Keywords: insecticidal plant, myrtle, guaco, São Caetano melon, lemon balm.

Introdução

A cultura do milho se destaca como de grande importância no cenário da agricultura mundial. A lagarta-do-cartucho-do-milho, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) é considerada praga-chave dessa cultura em todo o hemisfério ocidental, por causar desfolha às plantas durante todo o ano, provocando significativas perdas econômicas (Nagoshi et al. 2007).

Em milho, as lagartas recém eclodidas de *S. frugiperda* inicialmente se alimentam por meio da raspagem de uma das faces das folhas, deixando os tecidos do outro lado intactos. Quando as lagartas se encontram em um instar mais avançado, passam a realizar furos nas folhas. Este tipo de dano resulta na destruição de pequenas plantas ou causa severos danos em plantas maiores. As lagartas também podem se alimentar do colmo, dirigindo-se para a região da espiga. O ataque na base das espigas favorece a entrada de micro-organismos, que ocasiona a queda da espiga devido à podridão (Cruz 1995; Gallo et al. 2002).

Dentre os métodos de controle existentes, o mais utilizado para o controle de *S. frugiperda* é o químico, porém, o uso indiscriminado de defensivos favorece a seleção de indivíduos resistentes, fazendo com que o inseto em questão seja de difícil controle (Yu & McCord 2007), além de causar efeitos adversos ao ser humano e ao meio-ambiente devido à toxicidade dos produtos.

A crescente preocupação da sociedade em relação aos efeitos colaterais do uso de inseticidas tem incentivado os pesquisadores a desenvolverem estudos com novas táticas de controle alternativo de pragas (Carvalho et al. 2017). Pesquisas indicam que algumas substâncias de origem botânica apresentam atividade inseticida conhecida, tais como piretrinas, rotenona, nicotina, cevadina, veratridina, rianodina, quassinoides, azadiractina e biopesticidas voláteis (Spletzer et al. 2021).

Várias espécies vegetais são conhecidas por apresentarem efeitos adversos sobre insetos e outros organismos. No entanto, estudos

acerca dessas espécies devem ser realizados, buscando elucidar este potencial e assim realizar uma correta recomendação de controle. As plantas murta-de-cheiro [*Murraya paniculata* (L.) Jack] (Rutaceae), guaco (*Mikania glomerata* Spreng.) (Asteraceae), melão-de-são-caetano (*Momordica charantia* L.) (Cucurbitaceae) e erva-cidreira (*Melissa officinalis* L.) (Lamiaceae) têm demonstrado potencial farmacológico, bem como repelência a insetos ou efeito tóxico, quando ingeridas (Moreira et al. 2007; Czelusniak et al. 2012; Girão-Filho et al. 2014).

Material e Métodos

Coleta, identificação e processamento do material vegetal.

Ramos com folhas de *M. paniculata*, *M. glomerata*, *M. charantia* e *M. officinalis* foram coletados em plantas localizadas no município de Registro – SP (24°29'15"S; 47°50'37"W), dando-se preferência a estruturas vegetais que apresentassem bom estado de conservação. Parte do material coletado foi utilizada para confecção de exsiccatas, obtendo-se o material testemunho (*voucher*), o qual foi utilizado para a confirmação da espécie vegetal. Estas exsiccatas foram depositadas no herbário SPVR na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Unesp – Câmpus de Registro.

O restante do material foi encaminhado ao laboratório de Fitossanidade, para separação das folhas, sendo lavadas em água corrente e enxaguadas com água destilada e dispostas em bancada para secagem parcial. Na sequência, foram acondicionadas em sacos de papel, pesadas e dispostas em estufa com ventilação forçada à temperatura de 40 °C sendo mantidos até peso constante. As folhas secas foram moídas em triturador de facas, obtendo-se o pó vegetal de cada espécie coletada. Este pó foi acondicionado em recipiente de vidro, hermeticamente fechado e envolto em papel de alumínio, e armazenado em freezer a -16 °C até ser utilizado no experimento.

Preparação do extrato aquoso. Para obtenção do extrato aquoso, 10 g de pó de cada espécie vegetal foram transferidos individualmente



para erlenmeyer de vidro de 100 mL, completando-se o volume com água destilada, obtendo-se um preparado com 10% (peso/volume). A mistura foi manualmente agitada visando boa homogeneização dos componentes. Em seguida, o recipiente foi fechado com filme plástico, envolto com papel alumínio e armazenado em refrigerador por período de 24 h. Após este período, o material obtido foi filtrado utilizando-se sistema filtrante com bomba de vácuo, obtendo-se assim o extrato aquoso. Este extrato foi utilizado no ensaio biológico por um período não superior a 24 h após a sua obtenção.

Criação de *S. frugiperda*. As lagartas utilizadas no ensaio biológico foram oriundas de criação estoque mantida em laboratório em dieta artificial, conforme descrito por Greene et al. (1976) e Sâmia et al. (2016).

Bioatividade de plantas sobre *S. frugiperda*. O experimento foi desenvolvido em ambiente climatizado à temperatura de 25 ± 2 °C, umidade relativa de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 14 h. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, composto por 5 tratamentos (quatro espécies vegetais e um controle), com 5 repetições, cada uma envolvendo cinco lagartas de segundo instar de *S. frugiperda*.

Os extratos aquosos das folhas foram incorporados à dieta artificial logo após o seu preparo, na concentração de 5% (v/v), quando esta atingiu a temperatura de aproximadamente 50 °C, a fim de se evitar a degradação de possíveis moléculas termosensíveis (Sâmia et al. 2016).

Água destilada foi adicionada na dieta do tratamento controle na concentração de 5% (v/v) para se igualar a consistência da dieta incorporada com os extratos aquosos. As dietas, ainda líquidas, foram vertidas em moldes plásticos com células de 7 mL cada, onde permaneceram até seu resfriamento e endurecimento. Após o endurecimento, as porções da dieta foram retiradas dos moldes plásticos, pesadas individualmente e acondicionadas em recipiente plástico translúcido com tampa e volume de 50 mL. Duas amostras da dieta referentes a cada tratamento foram individualizadas em sacos de papel, pesadas e acondicionadas em estufa com ventilação forçada à temperatura de 40 °C, onde foram mantidas para secagem até peso constante, obtendo-se assim o peso seco da dieta fornecida. Cada recipiente plástico contendo dieta artificial, incorporada ou não com extratos aquosos, foi inoculado com uma lagarta de 2º instar de *S. frugiperda*, com auxílio de pincel fino, e tampado com tampa acrílica transparente.

A sobrevivência das lagartas foi avaliada diariamente até a pupação. O peso das lagartas foi determinado com auxílio de balança analítica, aos sete e nove dias após o início do experimento. Quando as lagartas atingiram a fase pupal, foram determinadas a duração e viabilidade larval. Neste momento, também foi realizada a retirada das fezes produzidas por cada lagarta e da dieta artificial não consumida. Estes materiais foram individualizados em sacos de papel, pesados e colocados em estufa com ventilação forçada à temperatura de 40 °C, onde foram mantidos para secagem até peso constante. Após a secagem, as fezes e dieta não consumida foram pesadas, obtendo-se assim o peso seco de fezes produzidas pelas lagartas e o peso seco da dieta não consumida. Foi determinado o consumo alimentar da fase larval, conforme descrito por Parra et al. (2009).

Após 24 horas da pupação, as pupas obtidas foram pesadas individualmente separadas por sexo de acordo com Butt & Cantu (1962), e acondicionadas individualmente em recipientes plásticos de 100 mL, sendo observadas diariamente até a emergência dos adultos, visando a determinação da duração e viabilidade pupal. A razão sexual foi calculada como descrito por Silveira Neto et al. (1976). Os indivíduos adultos não alimentados foram mantidos em recipientes plásticos de 100 mL e observados diariamente até sua morte, visando-se determinar a longevidade de machos e fêmeas.

A tabulação, sistematização e análise dos resultados seguiram as pressuposições do rigor científico. A pesquisa utilizou planilhas eletrônicas desenvolvidas especificamente para o estudo. A análise estatística dos parâmetros biológicos avaliados foi realizada por meio de uma análise de variância dos dados, sendo os mesmos comparados pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando para isto o software AgroEstat (Barbosa & Maldonado Junior 2015).

Resultados e Discussões

O peso médio larval aos 7 e 9 DAE (dias após a exposição) nos diferentes tratamentos testados está apresentado na Tab. 1. Na média geral, o peso larval foi de 336,10 mg e 327,79 mg, respectivamente, aos 7 e 9 DAE. Nos 7 DAE ($F = 1,610$; $gl = 4$; $P > 0,05$) e 9 DAE ($F = 1,144$; $gl = 4$; $P > 0,05$), não foram observados efeitos significativos dos tratamentos testados, em relação à testemunha.

Tabela 1. Peso larval (média \pm erro padrão) de *S. frugiperda* alimentada com dieta artificial contendo extrato aquoso de folhas de diferentes espécies de plantas.

Tratamentos	Peso larval médio (mg)	
	7 DAE	9 DAE
Testemunha	326,98 \pm 14,51 a	363,77 \pm 50,71 a
<i>M. paniculata</i>	299,88 \pm 19,61 a	307,32 \pm 7,13 a
<i>M. glomerata</i>	350,61 \pm 24,26 a	350,58 \pm 46,30 a
<i>M. charantia</i>	354,13 \pm 21,40 a	312,63 \pm 18,29 a
<i>M. officinalis</i>	348,92 \pm 25,07 a	304,90 \pm 26,88 a
CV (%)	14,18	23,27
Valor de P	0,3606	0,6394

Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$). DAE = dias após a exposição.

Substâncias possivelmente tóxicas presentes no substrato alimentar de lagartas podem provocar baixa eficiência na taxa de conversão do alimento ingerido e digerido pelo inseto, o que pode interferir no ganho de peso (Vendramim & Scampini 1997). No presente trabalho, pode-se inferir que, se existem substâncias tóxicas ao inseto, este efeito não se refletiu no parâmetro ganho de peso larval.

Quanto aos valores médios dos parâmetros biológicos consumo larval ($F = 6,709$; $gl = 4$; $P > 0,05$), excremento larval ($F = 0,805$; $gl = 4$; $P > 0,05$), duração larval ($F = 0,273$; $gl = 4$; $P > 0,05$) e viabilidade larval ($F = 3,083$; $gl = 4$; $P > 0,05$) (Tab. 2), observou-se menor consumo larval no tratamento contendo *M. charantia*. No entanto, mesmo com menor ingestão alimentar, as lagartas deste tratamento mantiveram o peso, em relação às lagartas submetidas aos demais tratamentos. O menor consumo alimentar pode estar associado à não preferência do inseto pelos tratamentos, em função da presença de algumas substâncias químicas.

Quanto aos parâmetros produção de excremento e duração da fase larval (Tab. 2), não foram observados efeitos significativos dos tratamentos testados. Para a viabilidade larval, o menor resultado (80%) foi observado no tratamento contendo extrato de *M. paniculata*, porém este só diferiu do tratamento com *M. officinalis*, que apresentou 100% de viabilidade.

Os metabólitos secundários presentes nas plantas podem afetar a mortalidade dos insetos. Os parâmetros biológicos de lagartas de *S. frugiperda* podem ser afetados quando este inseto é exposto a diferentes extratos aquosos, como por exemplos os extratos de folhas de *Malva silvestres*, *Bacharis genistelloides*, *Artemisia verlotorum*, *Cymbopogon citratus* e *Ruta graveolens*; e das raízes de *Petiveria alliacea* e *Zingiber officinale*, que apresentaram mortalidade para lagartas de *S. frugiperda* (Tagliari et al. 2010).

O peso ($F = 0,246$; $gl = 4$; $P > 0,05$) e duração pupal ($F = 2,194$; $gl = 4$; $P > 0,05$) não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos, porém, na viabilidade pupal ($F = 8,184$; $gl = 4$; $P > 0,05$), *M. paniculata* foi o tratamento que mais reduziu este parâmetro, sendo o único que diferiu estatisticamente da testemunha (Tab. 3).

Essa alta mortalidade na fase pupal pode estar relacionada ao fato de que plantas produzem uma gama de compostos químicos e derivados do metabolismo secundário que são utilizados para sua defesa (Taiz & Zeiger 2009). Esses compostos podem atuar de forma negativa sobre os insetos, afetando sua fisiologia e até aumentando as taxas de mortalidade desses organismos (Rodríguez & Vendramim 1997).



Quanto aos parâmetros biológicos longevidade de fêmeas ($F = 3,041$; $gl = 4$; $P < 0,05$), longevidade de machos ($F = 1,128$; $gl = 4$; $P < 0,05$) e razão sexual ($F = 0,553$; $gl = 4$; $P < 0,05$), apresentados na Tab. 4, não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos testados. Isso mostra que, nos insetos que sobreviveram até a fase adulta, estes parâmetros não foram afetados pela ingestão de dieta artificial incorporada com extratos aquosos das plantas durante a fase

larval.

Os resultados obtidos destacam a espécie *M. paniculata* afetando de maneira negativa o desenvolvimento de *S. frugiperda*, podendo ser promissora para o uso no controle dessa praga. No entanto, é necessária a realização de estudos complementares, avaliando-se outras concentrações, estruturas vegetais e solventes, a fim de melhorar a sua efetividade.

Tabela 2. Consumo, excremento, duração e viabilidade larval (média \pm erro padrão) de *S. frugiperda* alimentada com dieta artificial contendo extrato aquoso de folhas de diferentes espécies de plantas.

Tratamentos	CL (g)	EL (g)	DL (dias)	VL (%)
Testemunha	0,55 \pm 0,04 a	0,17 \pm 0,02 a	11,62 \pm 0,37 a	96,00 \pm 4,00 ab
<i>M. paniculata</i>	0,60 \pm 0,01 a	0,13 \pm 0,02 a	11,44 \pm 0,34 a	80,00 \pm 6,32 b
<i>M. glomerata</i>	0,57 \pm 0,03 a	0,17 \pm 0,3 a	11,52 \pm 0,25 a	92,00 \pm 4,90 ab
<i>M. charantia</i>	0,38 \pm 0,05 b	0,13 \pm 0,02 a	11,36 \pm 0,18 a	96,00 \pm 4,00 ab
<i>M. officinalis</i>	0,49 \pm 0,02 ab	0,16 \pm 0,01 a	11,64 \pm 0,23 a	100,00 \pm 0,00 a
CV (%)	13,81	32,15	4,63	10,56
Valor de P	0,06	0,5243	0,9102	0,0395

Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$). CL = consumo larval; EL = excremento larval; DL = duração larval; VL = viabilidade larval.

Tabela 3. Peso, duração e viabilidade pupal (média \pm erro padrão) de *S. frugiperda* alimentada com dieta artificial contendo extrato aquoso de folhas de diferentes espécies de plantas.

Tratamentos	PP (mg)	DP (dias)	VP (%)
Testemunha	232,88 \pm 0,37 a	9,25 \pm 0,17 a	92,00 \pm 8,00 a
<i>M. paniculata</i>	228,48 \pm 0,03 a	9,52 \pm 0,20 a	52,00 \pm 4,90 b
<i>M. glomerata</i>	234,55 \pm 0,23 a	9,70 \pm 0,21 a	92,00 \pm 4,90 a
<i>M. charantia</i>	226,62 \pm 0,18 a	9,84 \pm 0,14 a	84,00 \pm 4,00 a
<i>M. officinalis</i>	228,04 \pm 0,23 a	9,98 \pm 0,30 a	72,00 \pm 8,00 ab
CV (%)	4,63	4,86	17,67
Valor de P	0,9102	0,1583	0,0008

Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$). PP = peso pupal; DP = duração pupal; VP = viabilidade pupal.

Tabela 4. Longevidade de fêmeas e machos e razão sexual (média \pm erro padrão) de *S. frugiperda* alimentada com dieta artificial contendo extrato aquoso de folhas de diferentes espécies de plantas.

Tratamentos	LF (dias)	LM (dias)	RS
Testemunha	5,26 \pm 0,90 a	4,15 \pm 0,22 a	0,78 \pm 0,13 a
<i>M. paniculata</i>	6,37 \pm 0,30 a	4,50 \pm 0,40 a	0,84 \pm 0,10 a
<i>M. glomerata</i>	6,33 \pm 0,54 a	4,37 \pm 0,65 a	0,72 \pm 0,10 a
<i>M. charantia</i>	6,30 \pm 0,44 a	4,63 \pm 0,38 a	0,64 \pm 0,10 a
<i>M. officinalis</i>	7,43 \pm 0,57 a	4,27 \pm 0,26 a	0,62 \pm 0,16 a
CV (%)	20,44	20,64	37,63
Valor de P	0,1762	0,9242	0,6766

Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$). LF = longevidade de fêmeas; LM = longevidade de machos; RS = razão sexual.

Informações de Financiamento

Não houve financiamento.

Contribuições dos Autores

RP orientador docente tendo contribuído em todas as etapas desde a montagem e execução do experimento, como também análise dos dados e elaboração do artigo. AMAL estagiária do laboratório de Fitossanidade responsável pela condução do experimento. GDN aluno do curso de Engenharia agrônoma auxiliou na análise estatística e na elaboração do artigo. GMPP docente auxiliou na definição das concentrações das soluções dos extratos a serem testados e auxílio na execução.

Declaração de Conflito de Interesse

Declaramos não haver conflito de interesses.

Referências

- Barbosa, J. C.; Maldonado Júnior, W. (2015) *Experimentação Agrônoma & AgroEstat: Sistema para Análises Estatísticas de Ensaios Agrônomicos*. Jaboticabal: Gráfica Multipress Ltda.
- Butt, B. A.; E. Cantu (1962) *Sex determination of lepidopterous pupae*. Washington: USDA.
- Carvalho, G. A.; Alves D. S.; Oliveira, D. F. (2017) Bioensaios para a seleção de metabólitos secundários de plantas ativos contra insetos. In: Lopes, E. A.; Carvalho Filho, A.; Nobre, D. A. C.; Mendes, F. Q.; Fernandes, F. L.; Pinto, F. G.; Silva, G. H.; Tronto, J.; Visôto, L. E.; Borges, L. P.; et al. (Eds.), *A química na produção vegetal*, pp. 50-85. Rio Paranaíba: Edição dos autores.



- Cruz, I. (1995) *A lagarta-do-cartucho na cultura do milho*. (EMBRAPA-CNPMS. Circular técnica, 21). Sete Lagoas: Embrapa. <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/37439/1/circ-21.pdf>
- Czelusniak, K. E.; Brocco, A.; Pereira, D. F.; Freitas, G. B. L. (2012) Farmacobotânica, fitoquímica e farmacologia do guaco: revisão considerando *Mikania glomerata* Sprengel e *Mikania laevigata* Schulyz Bip. ex Baker. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, 14(2): 400-409. doi: [10.1590/s1516-05722012000200022](https://doi.org/10.1590/s1516-05722012000200022)
- Gallo, D.; Nakano, O.; Sinval, S. N.; Carvalho, R. P. L.; Baptista, G. C.; Berti Filho, E.; Parra, J. R. P.; Zucchi, R. A.; Alves, S. B.; Vendramim, J. D.; et al. (2002) *Entomologia agrícola*. Piracicaba: FEALQ.
- Girão Filho, J. E.; Alcântara Neto, F.; Pádua, L. E. M.; Pessoa, E.F. (2014) Repelência e atividade inseticida de pós vegetais sobre *Zabrotes subfasciatus* (Boheman) em feijão-fava armazenado. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, 16(3): 499-504. doi: [10.1590/1983-084x/13_087](https://doi.org/10.1590/1983-084x/13_087)
- Greene, G. L.; Leppla, N. C.; Dickerson, W. A. (1976) Velvetbean caterpillar: a rearing procedure and artificial medium. *Journal of Economic Entomology*, 69(4): 487-488. doi: [10.1093/jee/69.4.487](https://doi.org/10.1093/jee/69.4.487)
- Moreira, M. D., Picanço, M. C.; Barbosa, L. C. A.; Guedes, R. N. C.; Campos, M. R.; Silva, G. A.; Martins, J. C. (2007) Plant compounds insecticide activity against Coleoptera pests of stored products. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 42(7): 909-915. doi: [10.1590/s0100-204x2007000700001](https://doi.org/10.1590/s0100-204x2007000700001)
- Nagoshi, R. N., P. Silvie, R. L. Meagher, J. Lopez, V. Machado (2007) Identification and comparison of fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) host strains in Brazil, Texas, and Florida. *Annals of the Entomological Society of America*, 100(3): 394-402. doi: [10.1603/0013-8746\(2007\)100\[394:iacofa\]2.0.co;2](https://doi.org/10.1603/0013-8746(2007)100[394:iacofa]2.0.co;2)
- Parra, J. R. P.; Panizzi, A. R.; Haddad, M. L. (2009) Índices nutricionais para medir consumo e utilização de alimentos por insetos. In: Panizzi, A. R.; Parra, J. R. P. (Eds.), *Bioecologia e nutrição de insetos: base para o manejo integrado de pragas*, pp. 37-90. Brasília: Embrapa.
- Rodríguez, H. C.; Vendramim, J. D. (1997) Avaliação da bioatividade de extratos aquosos de Meliaceae sobre *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith). *Revista de Agricultura*, 72(3): 305-318.
- Sâmia, R. R., Oliveira, R. L.; Moscardini, V. F.; Carvalho, G. A. (2016) Effects of aqueous extracts of *Copaifera langsdorffii* (Fabaceae) on the growth and reproduction of *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). *Neotropical Entomology*, 45(5): 580-587. doi: [10.1007/s13744-016-0398-6](https://doi.org/10.1007/s13744-016-0398-6)
- Silveira Neto, S., Nakano, O.; Barbin, D.; Villa Nova, N. A. (1976) *Manual de ecologia dos insetos*. Piracicaba: Ceres.
- Spletzer, A. G.; Santos, C. R.; Sanches, L. A.; Garlet, J. (2021) Plantas com potencial inseticida: enfoque em espécies amazônicas. *Ciência Florestal*, 31(2): 974-997. doi: [10.5902/1980509832244](https://doi.org/10.5902/1980509832244)
- Tagliari, M. S.; Knaak, N.; Fiuza, L. M. (2010) Efeito de extratos de plantas na mortalidade de lagartas de *Spodoptera frugiperda*. *Arquivos do Instituto Biológico*, 77(2): 259-264. doi: [10.1590/1808-1657v77p2592010](https://doi.org/10.1590/1808-1657v77p2592010)
- Taiz, L.; Zeiger, E. (2009) *Fisiologia vegetal*. 4ed. Porto Alegre: Artmed.
- Vendramim, J. D.; Scampini, P. J. (1997) Efeito do extrato aquoso de *Melia azedarach* sobre o desenvolvimento de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) em dois genótipos de milho. *Revista de Agricultura*, 72(2): 159-170.
- Yu, S. J.; McCord, E. (2007) Lack of cross-resistance to indoxacarb in insecticide-resistant *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) and *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Yponomeutidae). *Pest Management Science*, 63(1): 63-67. doi: [10.1002/ps.1309](https://doi.org/10.1002/ps.1309)