

Diversidade de inimigos naturais em algodão cultivado em diferentes espaçamentos

Diversity of natural enemies in cotton cultivated in different spaces

Tardelly de Andrade Lima¹; José Bruno Malaquias²; Jéssica Karina da Silva Pachú³;
 Francisco de Sousa Ramalho⁴; Bárbara Davis Brito dos Santos⁵; Renato Isidro⁶

¹Mestrado do Curso de Pós-Graduação em Ciências Agrárias da Universidade Estadual da Paraíba em parceria com a Embrapa Algodão, tardellya@gmail.com;
²Pós-Doutorando em Bioestatística pelo Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", malaquias.josebruno@gmail.com;
³Pós-Doutoranda em Entomologia pela Embrapa Algodão: Doutora em Entomologia, jessikapachu@gmail.com;
⁴Pesquisador da Embrapa Algodão, Pós-Doutorado em Entomologia, ramalhohvv@globo.com.
⁵Pesquisador da Universidade Federal de Campina Grande, Mestrado em Engenharia Agrícola, barbara.brito90@hotmail.com.
⁶Professor da Universidade Federal de Campina Grande, Pós-Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos, renatoisidro01@gmail.com

ARTIGO

Recebido: 20/11/2020
 Aprovado: 08/09/2021

Palavras-chave:
 Pulgão do algodão
 Inimigos naturais
 Diversidade
 Controle biológico

RESUMO

Estimativas precisas de métricas faunísticas de inimigos naturais são relevantes para desenvolvimento de técnicas de manejo de pragas. Com esse conhecimento é possível otimizar o controle quando as populações alcançam o limiar econômico, com ênfase na adoção de práticas mais sustentáveis, como aquelas que preconizam o controle biológico conservativo. Diante disso, a presente pesquisa procurou caracterizar a diversidade faunística de inimigos naturais do pulgão do algodão cultivado em diferentes espaçamentos. A pesquisa foi conduzida em campo experimental da Embrapa Algodão. Foram adotados os seguintes espaçamentos: 0,40 m x 0,20 m (E1), 0,80 m x 0,20 m (E2) e 1,60 m x 0,20 m (E3). A análise faunística revelou que existe diferença no padrão de ocorrência dos inimigos naturais *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera, Chrysopidae), *Cycloneda sanguinea* (Linnaeus, 1763) (Coleoptera: Coccinellidae), *Scymnus* sp. (Coleoptera, Coccinellidae), *Toxomerus* sp. (Diptera: Syrphidae) e *Orius insidiosus* (Say) (Heteroptera, Anthocoridae) em função dos espaçamentos (entre linhas) adotados. De uma forma geral, a espécie mais abundante foi *Lysiphlebus testaceipes* (Cresson) (Hymenoptera: Aphidiidae). Por outro lado, não existem evidências de diferença entre os espaçamentos para os índices de diversidade de Shannon, o índice de Equabilidade de Pielou e o índice de Simpson. Portanto, os resultados do presente estudo reforçam a hipótese que a frequência individual das espécies de inimigos naturais levantadas varia conforme a configuração de plantio do algodão, com exceção do parasitoide *L. testaceips* que ocorreu em todos os espaçamentos estudados.

ABSTRACT

Key words:
 Natural enemies
 Narrow
 Biological control
 Fauna analysis

Accurate estimates of the abundance and diversity of natural enemies are of important for the development of pest management techniques. With this knowledge, it is possible to optimize control practices when populations reaches the economic threshold level, with focus upon the adoption of more sustainable practices, such as those that advocate conservative biological control. In view of this, the present research sought to characterize the fauna diversity of natural enemies of the cotton aphid grown in different spacing. The research was conducted in an experimental field at Embrapa Cotton. The following spacings were adopted: 0.40 m x 0.20 m (E1), 0.80 m x 0.20 m (E2) and 1.60 m x 0.20 m (E3). Fauna analysis revealed that there is a difference in the pattern of occurrence of natural enemies *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera, Chrysopidae), *Cycloneda sanguinea* (Linnaeus, 1763) (Coleoptera: Coccinellidae), *Scymnus* sp. (Coleoptera, Coccinellidae), *Toxomerus* sp. (Diptera: Syrphidae) and *Orius insidiosus* (Say) (Heteroptera, Anthocoridae) as a function of the spacing (between lines) adopted. In general, the most abundant species was *Lysiphlebus testaceipes* (Cresson) (Hymenoptera: Aphidiidae). On the other hand, there is no evidence of difference between the spacing for Shannon's diversity indexes, the Pielou Equability index and the Simpson index. Therefore, the results of the present study reinforce the hypothesis that the individual frequency of the species of natural enemies raised varies according to the cotton planting configuration, an exception is given to parasitoid *L. testaceips*. On the other hand, there are no differences between the spacing adopted in relation to the diversity of natural enemies.

INTRODUÇÃO

No Brasil, o algodão (*Gossypium hirsutum* L.) é uma cultura de grande importância social, visto que, dela resulta a ocupação direta e indireta de um enorme contingente de mão-de-obra no campo e nas cidades (MALAQUIAS et al. 2017a; MALAQUIAS et al. 2017b; MALAQUIAS et al. 2020; PACHU et al. 2020). É, também, a cultura que mais gera divisas internas para mobilizar diversos setores de economia do País (IAMAMOTO, 2005). No entanto, a produtividade do algodoeiro pode ser afetada pela ocorrência de insetos-praga dentre elas, o pulgão (*Aphis gossypii*), que têm alta incidência nos cultivos de algodão, que ao se alimentarem sugam a seiva da planta reduzindo o teor de nutrientes e podendo transmitir vírus patogênicos para as plantas (HOGENHOUT et al. 2008).

A densidade de plantas e o espaçamento entre linhas podem afetar primariamente a produção, devido à mudança no crescimento da planta. Um dos fatores que mais determinam o cultivo do algodoeiro adensado é a época de semeadura. Se as condições de crescimento da planta são ótimas, então, o aumento na densidade de planta geralmente aumenta a sua produção, devido o aumento da interceptação de luz pela cultura (CLEGG; FRANCIS, 1994).

O espaçamento entre as plantas influencia a dinâmica populacional do *A. gossypii* e dos seus inimigos naturais (MALAQUIAS et al. 2017). Contudo, são escassos os estudos que abordam os efeitos do adensamento de plantas na comunidade de inimigos naturais em culturas de importância agrícola, como o algodão.

A presença de organismos que exercem o controle biológico (predadores, parasitoides e patógenos) de pragas é indispensável como fator de equilíbrio no agroecossistema do algodoeiro. A presença desses inimigos naturais minimiza a necessidade do uso de controle químico para redução de insetos-praga. Gravena e Sterling (1983) afirmaram que abundância e importância de inimigos naturais em cultivos de algodão variam consideravelmente de ano para ano e de região para região. A utilização do controle biológico conservativo e/ou aplicado constituem estratégias utilizáveis no moderno esquema do manejo integrado de pragas.

O controle biológico natural refere-se à população de agentes de controle que ocorrem naturalmente. Portanto, esses agentes devem ser preservados (e, se possível, aumentados) por meio da manipulação de seu ambiente de forma favorável, como por exemplo, evitar práticas culturais inadequadas e preservar o habitat natural e fontes de alimentação para os inimigos naturais. Para obtenção de programas de controle biológico de sucesso, é de grande relevância o conhecimento sobre os seus potenciais como agentes controladores de insetos-praga.

No manejo integrado de praga a tomada de decisão é um aspecto chave para se decidir sobre a necessidade ou não de alguma ação de controle com base na população da praga e, de forma ideal, nas populações dos inimigos naturais. Dessa forma, estimativas precisas da abundância e diversidade de inimigos naturais são absolutamente primordiais no desenvolvimento e aplicação de táticas de controle. Diante disso, a presente pesquisa procurou caracterizar a diversidade faunística de

inimigos naturais de *A. gossypii* no cultivo de algodão em diferentes espaçamentos.

MATERIAL E MÉTODOS

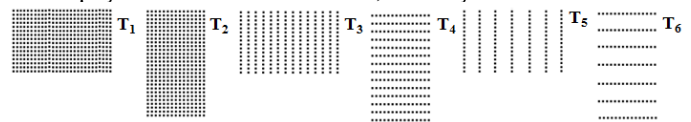
Local de instalação e delineamento experimental.

A pesquisa foi conduzida na Estação Experimental da Embrapa Algodão nos anos de 2013 e 2014. A área experimental é localizada em Campina Grande – PB, na mesoregião do agreste paraibano, de altitude aproximada de 550 m, 7°13'11" latitude Sul e 35°52'31" longitude Oeste de Greenwich (Figura 1).

Foi utilizado um delineamento em blocos ao acaso com quatro repetições. Os três espaçamentos adotados foram: 0,40 m x 0,20 m (E1), 0,80 m x 0,20 m (E2) e 1,60 m x 0,20 m (E3) (Figura 2). Após o desbaste, foram mantidas 10 plantas/m de fileira. A cultivar de algodão que foi utilizada nesse estudo foi BRS 286. As avaliações foram realizadas em 5 plantas por parcela. As unidades amostrais foram escolhidas de forma aleatória.

Figura 1. Esquema representativo dos tratamentos.

T1= espaçamento entre linhas de 0,40 direção Leste/Oeste.
T2= espaçamento entre linhas de 0,40 direção Norte/Sul.
T3= espaçamento entre linhas de 0,80 direção Leste/Oeste.
T4= espaçamento entre linhas de 0,80 direção Norte/Sul.
T5= espaçamento entre linhas de 1,60 direção Leste/Oeste.
T6= espaçamento entre linhas de 1,60 direção Norte/Sul.



Amostragens e coletas de dados

As determinações da distribuição e dinâmica dos insetos nas plantas de algodão foram realizadas em intervalos de sete dias (no período da manhã, iniciando às 8h), a partir da emergência das plantas. Cada planta foi escolhida de forma aleatória evitando as bordas, posteriormente dividida em três regiões, basal (1/3 inferior da planta), mediana (1/3 médio da planta) e apical (1/3 superior da planta)

Para a identificação dos inimigos naturais utilizamos o guia de identificação de Predadores e Parasitoides elaborado pela Emater, Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, como também contamos com o apoio dos Entomologistas presentes na Unidade da Embrapa Algodão. As quantificações dos insetos foram feitas por contagem (contagem direta ou observação direta dos insetos e de forma não automatizada) e suas localizações específicas foram registradas tendo como ponto de referência a localização dos nós no caule principal da planta (do nó zero ao nó terminal) e também nas folhas e estruturas frutíferas.

Análise dos dados

Para estimar a diferença entre os espaçamentos adotados e a relação com o número de espécies diferentes e quão uniformemente os indivíduos estão distribuídos entre essas espécies. Para isto, levamos em consideração três índices de diversidade, sendo eles o índice de diversidade de Shannon, o índice de Equabilidade de Pielou e o índice de Simpson.

O índice de diversidade espécies (H') é um índice estatístico de informação, e assume que todas as espécies são representadas em uma amostra e são amostradas aleatoriamente, sendo calculado usando a função de informação de Shannon-Wiener (Equação 1).

$$H' = \sum P_i \times \ln P_i \quad (\text{Eq. 1})$$

O índice de Equabilidade de Pielou é derivado do índice de diversidade de Shannon, seu valor apresenta uma amplitude de 0 (uniformidade mínima) a 1 (uniformidade máxima) e foi calculado usando a equação 2.

$$J = \frac{H'}{\ln S} \quad (\text{Eq. 2})$$

O índice de Simpson, mede a probabilidade de dois indivíduos, selecionados ao acaso na amostra, pertencerem à mesma espécie. Uma comunidade de espécies com maior diversidade terá uma menor dominância (BROWER; ZARR, 1984), sendo calculado pela equação 3.

$$C = \sum P_i^2 \quad (\text{Eq. 3})$$

Em que: P_i é a proporção da i ésima espécie em todas as populações de predadores, $P_i = N_i/N$, N_i é o número de indivíduos de uma espécie de predador i , N é o número de indivíduos para todas as espécies de predadores, \ln é o natural logaritmo, e S é a riqueza de todas as espécies de predadores.

A análise faunística de inimigos naturais foi determinada por meio dos cálculos de abundância, que para estimá-la utiliza os limites estabelecidos pelos intervalos de confiança (IC) a 5% e 1% de probabilidade, determinado as classes propostas por Southwood (1995), sendo: R= *Rara* (número de indivíduos da espécie, menor do que o limite inferior do intervalo de confiança (IC) a 1%). D= *Dispersa* (número de indivíduos entre os limites inferiores dos intervalos de confiança (IC) a 1 e 5% de probabilidade). C= *Comum* (número de indivíduos dentro do intervalo de confiança a 5%). A= *Abundante* (número de indivíduos entre os limites superiores aos intervalos de confiança a 5 e 1% de probabilidade). MA= *Muito abundante* (número de indivíduos maior que o limite superior do intervalo de confiança a 1% de probabilidade).

Estes índices de diversidade foram estimados com uso do pacote “vegan” (R). Os intervalos de confiança foram gerados com a técnica não paramétrica de bootstrap, com 10.000 pseudo-replicações sendo o número de ovos re-amostrados em cada tratamento com o pacote boot do programa R. O índice de diversidade de Shannon ao longo do tempo foi estimado com regressão não paramétrica do tipo polinomial local, utilizando o método loess, função parametric= false no programa R.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise mostrou que não houve diferença entre o número total de inimigos naturais presentes nos espaçamentos (Tabela 1) avaliados (houve sobreposição dos IC = não diferiu estatisticamente). Na tabela 1 são expostos os valores dos parâmetros: média, variância e intervalo de confiança a 95% de probabilidade, estimados para a população de inimigos naturais

encontrada em cada sistema de cultivo.

Tabela 1 Análise descritiva do número de indivíduos de populações de inimigos naturais em algodoeiro cultivado em diferentes espaçamentos entre linhas

Espaçamento (metros)	μ	σ^2	IC (95%)
0,40	26,50	1745,14	0,01 – 61,42
0,80	19,50	184,28	8,15 – 30,84
1,60	28,62	833,12	4,49 – 52,75

μ = média. σ^2 = variância. IC= Intervalos de confiança

Contudo, a análise faunística revelou que existe diferença no padrão de ocorrência dos inimigos naturais *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera, Chrysopidae), *Cycloneda sanguinea* (Linnaeus, 1763) (Coleoptera: Coccinellidae), *Scymnus* sp. (Coleoptera, Coccinellidae), *Toxomerus* sp. (Diptera: Syrphidae) e *Orius insidiosus* (Say) (Heteroptera, Anthocoridae) em função dos espaçamentos (entre linhas) adotados (Tabela 2).

Estes resultados são semelhantes aos encontrados por Malaquias et al. (2017) que ao avaliarem a ocorrência de *A. gossypii* e as populações inimigas naturais em diferentes espaçamentos de cultivo de algodão, observaram que no espaçamento convencional (0,80 m), ocorreu maior incidência de *Toxomerus. Watsoni*, *Lysiphlebus testaceipes*, *Scymnus (Pullus) rubicundus* e *C. sanguinea*.

Em nosso estudo, o inimigo natural mais abundante foi a *L. testaceipes* em todos os espaçamentos estudados conforme é mostrado na tabela 2. Entretanto, segundo Lima et al. (2021) ao analisarem a distribuição espacial de *L. testaceipes* em algodoeiro cultivado em sistema adensado observaram que a dispersão deste parasitoide foi afetada pelo espaçamento onde em condições de cultivo adensado de 0,40 m e cultivos com espaçamentos de 1,60 m entre fileiras a forma de distribuição do *L. testaceipes* foi de forma agregada, enquanto que no espaçamento de 0,80 m a distribuição ocorreu de modo uniforme.

Ao analisar o índice médio de Shannon para as safras 2013 (Tabela 3) e 2014 (Tabela 4), os dados nos mostraram a sobreposição dos intervalos de confiança, portanto, o sistema de cultivo não alterou a diversidade média mensurada pelo índice de Shannon (Figuras 3 e 4).

Tabela 2. Análise faunística de populações de inimigos naturais em algodoeiro cultivado em diferentes espaçamentos entre linhas¹

Espaçamento (metros)	<i>C. externa</i>	<i>C. sanguinea</i>	<i>Scymnus</i> sp.	<i>L. testaceipes</i>	<i>Toxomerus</i> sp.	<i>O. insidiosus</i>
0,40	26 (C)	32 (C)	22 (C)	116 (MA)	8 (C)	8 (C)
0,80	43 (MA)	31 (A)	37 (MA)	39 (MA)	1 (R)	5 (D)
1,60	56 (A)	3 (D)	30 (C)	136 (MA)	4 (D)	0 (D)

¹Número de indivíduos (Classificação Southwood). Sendo: R= *Rara* (menor que (IC) a 1%). D= *Dispersa* (entre os limites (IC) a 1 e 5% de probabilidade). C= *Comum* (dentro do intervalo de confiança a 5%). A= *Abundante* (entre os limites superiores aos intervalos de confiança a 5 e 1%). MA= *Muito abundante* (maior que o limite superior do intervalo de confiança a 1% de probabilidade).

Figura 3. Evolução do índice Shannon-Weaver ao longo do tempo (em dias) após a primeira ocorrência do pulgão do algodão (TAPOP). Pontos são os dados observados, enquanto as linhas e áreas sombreadas correspondem as estimativas do modelo de regressão não paramétrica do tipo local. Safra agrícola: 2013.

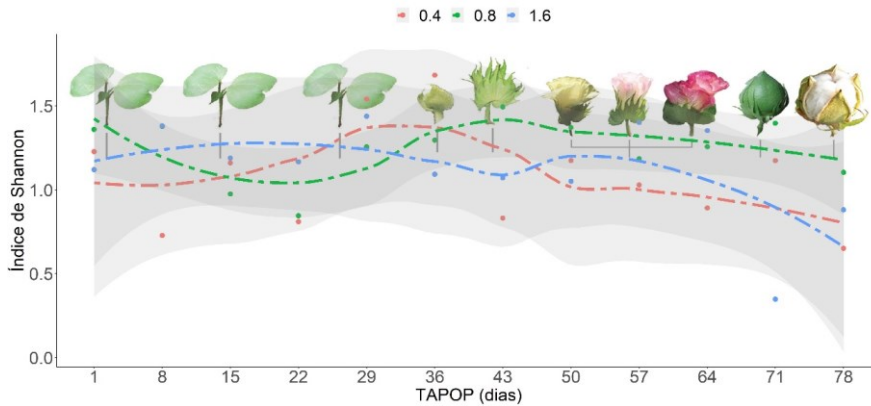


Tabela 3. Índices de diversidade alfa estimados para inimigos naturais de *Aphis gossypii* conforme espaçamento entre linhas de algodão BRS 286, Safra 2013

Espaçamento entre linhas (m)	Índice		
	Shannon	Equabilidade de Pielou	Simpson
0,40	0,93 (0,78 - 1,10)	0,80 (0,72 - 0,87)	0,52 (0,46 - 0,59)
0,80	1,12 (1,03 - 1,20)	0,81 (0,75 - 0,86)	0,61 (0,56 - 0,65)
1,60	0,93 (0,81 - 1,04)	0,76 (0,66 - 0,85)	0,53 (0,45 - 0,59)

No entanto, para Mhlanga et al., (2020) ao avaliarem a dinâmica da população de insetos em cultivos consorciados de milho e algodão constataram variações na ocorrência de inimigos naturais ao longo dos anos e sendo também afetada pela interação com o sistema de cultivo.

A ocorrência dos insetos nos sistemas de cultivo pode ser determinada pela disponibilidade de alimentos, que podem ser plantas ou espécies de presas, abrigo para proteção contra inimigos naturais e para reprodução as e condições ambientais que são encontrados no sistema (WALLNER, 2003).

Através do índice de Equabilidade de Pielou foram encontrados valores de equabilidade variando de 0,61 a 0,81 para as duas safras, permitindo inferir que a uniformidade da distribuição dos indivíduos entre as espécies existentes não difere entre os espaçamentos (Tabelas 3 e 4).

Considerando a proporção do total de ocorrências de cada espécie, foi possível estimar o índice de Simpson. Em todas as safras e espaçamentos avaliados percebe-se valores mais baixos desse índice na safra 2014 (Tabela 4) em relação a 2013 (Tabela 3), contudo os resultados revelam

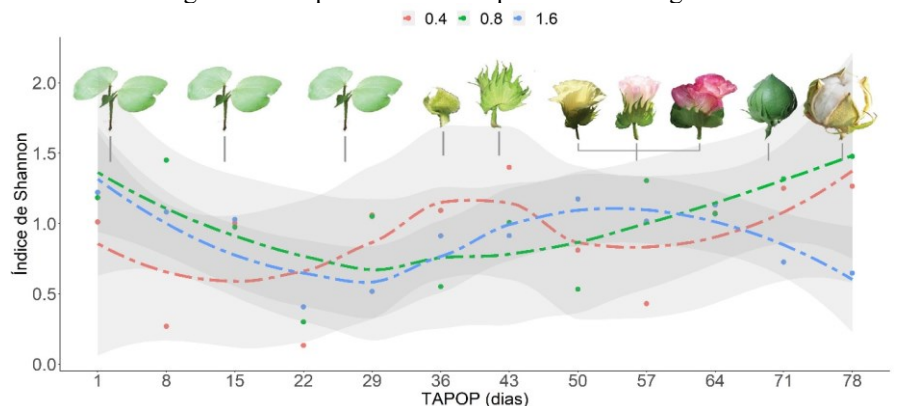
evidências de não diferença entre os espaçamentos em relação à distribuição equitativa da riqueza das espécies de inimigos naturais encontradas para o pulgão *A. gossypii* (Tabela 4). Entretanto, segundo Malaquias et al. (2017) o espaçamento entre as fileiras de plantas promove diferenças na ocorrência de pulgões alados e ápteros e seus inimigos naturais em relação ao espaçamento convencional entre fileiras de algodão (0,80 m); no entanto, não há diferenças na dinâmica populacional dos insetos nos espaçamentos 0,40 e 1,60 m.

Utilizando abordagens multivariadas para prospecção de inimigos naturais do pulgão do algodão, Malaquias et al. (2017a) observaram que o espaçamento entre linhas do algodão influencia na importância relativa de cada espécie de inimigo natural para o controle desse afídeo. *L. testaceipes*, por exemplo, tem uma maior participação mais significativa quando a população do pulgão apresenta indivíduos alados; entretanto isso é apenas evidenciado quando na adoção dos espaçamentos de 0,40 e 0,80 metros entre linhas.

Tabela 4. Índices de diversidade alfa estimados para inimigos naturais de *Aphis gossypii* conforme espaçamento entre linhas de algodão BRS 286, Safra 2014

Espaçamento entre linhas (m)	Índice		
	Shannon	Equabilidade de Pielou	Simpson
0,40	0,78 (0,61 - 0,94)	0,69 (0,56 - 0,80)	0,45 (0,34 - 0,54)
0,80	0,85 (0,68 - 1,00)	0,70 (0,58 - 0,82)	0,47 (0,37 - 0,56)
1,60	0,66 (0,52 - 0,80)	0,61 (0,54 - 0,68)	0,37 (0,28 - 0,40)

Figura 4. Evolução do índice Shannon-Weaver ao longo do tempo (em dias) após a primeira ocorrência do pulgão do algodão (TAPOP). Pontos são os dados observados, enquanto as linhas e áreas sombreadas correspondem as estimativas do modelo de regressão não paramétrica do tipo local. Safra agrícola: 2014.



CONCLUSÕES

O plantio do algodão mediada pelos espaçamentos interfere na frequência relativa dos inimigos naturais *Chrysoperla externa*, *Cycloneda sanguinea*, *Scymnus* sp., *Toxomerus* sp. e *Orius insidiosus*. Porém, não há influência dos espaçamentos na frequência relativa de *L. testaceipes*. A diversidade faunística de inimigos naturais varia conforme a configuração de plantio do algodão, sendo que dentre as espécies levantadas, *L. testaceipes* é o inimigo natural mais abundante em todos os espaçamentos.

REFERÊNCIAS

- BROWER, J. E.; ZARR, J. H. Field & laboratory methods for general ecology. 2 ed. Wm. C. Brown Publishers, Dubuque, Iowa, 226p. 1984.
- BANDEIRA, C. M.; WANDERLEY, P. A.; RAMALHO, F. S.; SILVA, G. F.; SILVA, J. P. S.; MALAQUIAS, J. B.; PEREIRA, A. I. A.; ZANUNCIO, J. C. Spatial models of distribution of *Lisiphlebus testaceipes* (Cresson)(Hymenoptera: Braconidae) a parasitic wasp of *Aphis gossypii* Glover on cotton. In: XXI Congresso de Entomologia, 2006.
- CLEGG, M. D., Francis, C. A. Crop management. p. 135–156. In J.L. Hatfield and D.L. Karlen (ed.) Sustainable agricultural systems. CRC Press, Boca Raton, FL. 1994.
- FERREIRA, A. C. D. B.; BORIN, A. L. D. C.; BRITO, G. G. D.; SILVA FILHO, J. L. D.; BOGIANI, J. C. Épocas de semeadura, cultivares e densidades de plantas para algodão adensado em segunda safra. Pesquisa Agropecuária Tropical, 45(4), 397-405, 2015.
- GRAVENA, S.; STERLING, W. L. Natural predation on the cotton leafworm (Lepidoptera: Noctuidae). Journal of Economic Entomology, 76(4): 779, 1983.
- HOGENHOUT, S. A.; AMMAR, E.D.; WHITFIELD, A. E.; REDINBAUGH, M. G. Insect Vector Interactions with Persistently Transmitted Viruses. Annual Review of Phytopathology 46: 327–359, 2008. [10.1146/annurev.phyto.022508.092135](https://doi.org/10.1146/annurev.phyto.022508.092135)
- IAMAMOTO, M. M. Doenças foliares do algodoeiro. Jaboticabal: Funesp 45p. 2005.
- MACEDO, L. P. M.; MOURA FILHO, E. R.; CARVALHO, A. S.; BEZERRA, C. E. S.; SILVEIRA, L. C. P. Occurrence of *Lysiphlebus testaceipes* parasitizing *Aphis gossypii* in watermelon in the State of Rio Grande do Norte, Brazil. Ciência Rural, 40(9): 2030-2032, set, 2010.
- LIMA, T. A.; MALAQUIAS, J. B.; PACHU, J. K. S.; RAMALHO, F. S.; ISIDRO, R.; LIRA, A. C. S. Distribuição espacial de *Lysiphlebus testaceipes* (Cresson) (Hymenoptera: Aphidiidae) em algodoeiro cultivado em sistema adensado. v.49, n.1, p.14–18, 2021. [10.15361/1984-5529.2021v49n1p14-18](https://doi.org/10.15361/1984-5529.2021v49n1p14-18)
- MALAQUIAS, J. B.; RAMALHO, F. S.; DIAS, C. T. D. S.; BRUGGER, B. P.; LIRA, A. C. S.; WILCKEN, C. F., PACHU, J. K. S.; ZANUNCIO, J. C. Multivariate approach to quantitative analysis of *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae) and their natural enemy populations at different cotton spacings. Scientific Reports, 7: 41740, 2017a. [10.1038/srep41740](https://doi.org/10.1038/srep41740)
- MALAQUIAS, J. B.; GODOY, W. A.; GARCIA, A. G.; RAMALHO, F. D. S.; OMOTO, C. Larval dispersal of *Spodoptera frugiperda* strains on bt cotton: a model for understanding resistance evolution and consequences for its management. Scientific reports, 7(1), 1-10, 2017b. [10.1038/s41598-017-16094-x](https://doi.org/10.1038/s41598-017-16094-x)
- MALAQUIAS, J. B.; CAPRIO, M. A.; GODOY, W. A.; OMOTO, C.; RAMALHO, F. S.; PACHÚ, J. K. Experimental and theoretical landscape influences on *Spodoptera frugiperda* movement and resistance evolution in contaminated refuge areas of Bt cotton. Journal of Pest Science, 93(1): 329-340, 2020. [10.1007/s10340-019-01145-1](https://doi.org/10.1007/s10340-019-01145-1)
- MHLANGAA, B.; MUONI, T.; MASHAVAKURE, N.; MUDADIRWA, D.; MULENGA, R.; SITALI, M.; THIERFELDER, C. Friends or foes? Population dynamics of beneficial and detrimental aerial arthropods under Conservation Agriculture. Biological Control. Volume 148, 2020. [10.1016/j.biocontrol.2020.104312](https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2020.104312)
- PACHÚ, J. K.; MACEDO, F. C.; DA SILVA, F. B.; MALAQUIAS, J. B.; RAMALHO, F. S.; OLIVEIRA, R. F.; GODOY, W. A. Imidacloprid-mediated stress on non-Bt and Bt cotton, aphid and ladybug interaction: Approaches based on insect behaviour, fluorescence, dark respiration and plant electrophysiology. Chemosphere, 263: 127561. 2020. [10.1016/j.chemosphere.2020.127561](https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.127561)
- ROMANO, D.; PAPA, G. Ocorrência de lepidópteros-praga na cultura do algodoeiro transgênico (bt) e convencional cultivado no sistema adensado e não-adensado com e sem aplicação de inseticidas. Cultura Agrônômica: Revista de Ciências Agrônômicas, 24(4): 281-292, 2015.
- SOUTHWOOD, T. R. E. Ecological methods: with particular reference to the study of insect populations. 2.ed. London: Chapman & Hall, 1995. 524p.
- WALLNER, W. E. Factors affecting insect population dynamics: differences between outbreak and non-outbreak species Annu. Rev. Entomol., 32: 317-340, 2003.