



RAFAELA COSTA PACHECO

Doru luteipes (DERMAPTERA:FORFICULIDAE) NA
CULTURA DO MILHO: AGENTE DE CONTROLE BIOLÓGICO
COM DUPLA FUNÇÃO

**LAVRAS – MG
2019**

RAFAELA COSTA PACHECO

***Doru luteipes* (DERMAPTERA:FORFICULIDAE) NA CULTURA DO MILHO:
AGENTE DE CONTROLE BIOLÓGICO COM DUPLA FUNÇÃO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Entomologia da Universidade Federal de Lavras, área de concentração em Entomologia, para obtenção do título de Mestre.

Profa. Dra. Rosangela Cristina Marucci

Orientadora

**Lavras – MG
2019**

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Pacheco, Rafaela Costa.

Doru luteipes (Dermaptera:Forficulidae) na cultura do milho :
Agente de controle biológico com dupla função / Rafaela Costa
Pacheco. - 2019.

54 p.

Orientador(a): Rosangela Cristina Marucci.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de
Lavras, 2019.

Bibliografia.

1. Controle Biológico. 2. Cultura do Milho. 3. *Spodoptera*
frugiperda e *Puccinia polysora*. I. Marucci, Rosangela Cristina. II.
Título.

RAFAELA COSTA PACHECO

***Doru luteipes* (DERMAPTERA:FORFICULIDAE) NA CULTURA DO MILHO:
AGENTE DE CONTROLE BIOLÓGICO COM DUPLA FUNÇÃO**

***Doru luteipes* (DERMAPTERA: FORFICULIDAE) IN CORN CROP: DOUBLE
FUNCTION BIOLOGICAL CONTROL AGENT**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Entomologia da Universidade Federal de Lavras, área de concentração em Entomologia, para obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 23 de agosto de 2019.

Dra.Rosangela Cristina Marucci - UFLA

Dra.Dagma Dionísia Silva EMBRAPA - Milho e Sorgo

Dra.Simone Martins Mendes EMBRAPA - Milho e Sorgo

Profa. Dra. Rosangela Cristina Marucci
Orientadora

**Lavras – MG
2019**

AGRADECIMENTOS

Agradecer, tanto pelas coisas boas que aconteceram, quanto pelas coisas que deram erradas, mas que no final viraram lições.

A Deus por sempre guiar e proteger meu passos.

Ao meu amado esposo e companheiro Alison, pelo apoio incondicional, paciência, amor e cumplicidade em todos os momentos desta nossa caminhada.

A meus pais, Renato e Rita e minha irmã Renata pelo incentivo e apoio.

A Teresinha por toda ajuda e apoio.

A Universidade Federal de Lavras, em especial ao departamento de entomologia e aos professores pelos ensinamentos. .

A Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pela concessão da bolsa de mestrado.

A Clóvis Geraldo Ribeiro, pelas observações de campo e curiosidades, as quais contribuíram para o desenvolvimento desta dissertação. Pela paciência e ensinamentos para a realização das atividades.

A minha orientadora Rosangela Marucci, por toda orientação, ensinamentos e apoio durante esta etapa.

Aos meus amigos do laboratório de controle biológico (LCBIOL) pela parceria, amizade, conversas e todo apoio na execução das atividades.

Aos técnicos Elaine e Luciano pela amizade e suporte e a Isabel Nogueira, por todo o suporte durante o mestrado.

Ao professor Flávio Medeiros do Departamento de Fitopatologia – UFLA pelo apoio na realização das contagens de uredósporos.

As pesquisadoras Simone Mendes e Dagma Silva, por me receberam na Embrapa Milho e Sorgo, pela parceria nos experimentos e por todos os ensinamentos.

A Maria Lúcia Ferreira Simeone pela realização das análises de nitrogênio e proteína e Eustáquio Francisco de Oliveira pela ajuda com as tesourinhas.

A Izabelle Mello, por sempre me acolher em sua casa em Sete Lagoas, por todos os momentos compartilhados.

A Kelly Lima, Leopoldo Bernardi, Ivana Lemos e Letícia Pereira pela valiosa ajuda com as análises estatísticas. Aos amigos que encontrei durante esta caminhada e que sempre estiveram por perto, nos bons e maus momentos, o meu muito obrigado.

A minha fiel e inseparável companheira, anjo de quatro patas, Lupita.

RESUMO GERAL

Doru luteipes (Dermaptera: Forficulidae) é considerado tradicionalmente um predador generalista e onívoro associado à cultura do milho (*Zea mays*). Por estar presente na área quando há ovos e pequenas larvas de lepidópteros ou pulgões é considerado um agente versátil na regulação da população de pragas-chave da cultura. Sua presença em áreas de milho tem sido também associada à redução na incidência do fungo causador da ferrugem Polissora (*Puccinia polysora*) em milho. Como uma mesma planta pode estar infestada tanto com insetos-praga quanto infectada com uredósporos de *P. polysora*, o comportamento de forrageamento desse predador pode ser alterado com implicações no sucesso do controle biológico. Em vista do exposto, o objetivo desse trabalho foi determinar a preferência alimentar de *D. luteipes* entre estes recursos disponíveis na planta de milho (uredósporos de *P. polysora*, ovos de *Spodoptera frugiperda*, pólen de milho) e avaliar a sobrevivência de ninfas de *D. luteipes* alimentadas com estes recursos alimentares. Avaliou-se também se os uredósporos excretados por *D. luteipes* após passagem pelo sistema digestivo são capazes de germinar e infectar plantas de milho saudáveis. Verificou-se que *D. luteipes* prefere se alimentar no período noturno de pólen de milho e que a dieta mista composta por ovos de *S. frugiperda* e uredósporos de *P. polysora* permitiu maior sobrevivência e duração do ciclo semelhante a obtida em dieta artificial. No entanto, os uredósporos não foram completamente inviabilizados após o processo digestivo comprovando-se que embora ocorra o consumo de uredósporos por *D. luteipes* há possibilidade de ocorrer dispersão de estruturas fúngicas, mesmo que em pequenas proporções entre plantas infectadas e saudáveis.

Palavras-chave: Pólen de milho. Esporos de *P. polysora*. Ovos de *Spodoptera*. Dispersão. Sobrevivência

GENERAL ABSTRACT

Doru luteipes (Dermaptera: Forficulidae) is traditionally considered a generalist and omnivore predator associated with crop (*Zea mays*). Being present in the area when there are eggs and small larvae of Lepidoptera or aphids is considered a versatile agent in regulating the population of key crop pests. Its presence in maize areas has also been associated with a reduction in the incidence of the polissora rust fungus (*Puccinia polysora*) in maize. As the same plant may be infested with both pest insects and *P. polysora* uredospores, the foraging behavior of this predator may be altered with implications for successful biological control. In view of the above, the objective of this study was to determine the feeding preference of *D. luteipes* among these resources available in the corn plant (*P. polysora* uredospores, *Spodoptera frugiperda* eggs, corn pollen) and to evaluate the survival of *D. luteipes* nymphs fed with these food resources. It was also evaluated whether uredospores excreted by *D. luteipes* after passage through the digestive system are able to germinate and infect healthy maize plants. It was found that *D. luteipes* prefers to feed corn pollen at night and that the mixed diet consisting of *S. frugiperda* eggs and *P. polysora* uredospores allowed longer survival and cycle duration similar to that obtained in artificial diet. However, the uredospores were not completely unfeasible after the digestive process proving that although the consumption of uredospores by *D. luteipes* occurs there is a possibility of fungal structure dispersion, even in small proportions between infected and healthy plants.

Keywords: Corn pollen. *P. polysora* spores. *Spodoptera* eggs. Dispersal. Survival

SUMÁRIO

PRIMEIRA PARTE.....	1
1. INTRODUÇÃO GERAL.....	2
REFERÊNCIAS.....	5
SEGUNDA PARTE: ARTIGOS *.....	9
ARTIGO 1: SOBREVIVÊNCIA E PREFERÊNCIA ALIMENTAR DE <i>Doru luteipes</i> (DERMAPTERA: FORFICULIDADE) POR FONTES ALIMENTARES DA PLANTA DE MILHO E UREDÓSPOROS DE <i>Puccinia polysora</i>	10
RESUMO	11
1. INTRODUÇÃO.....	13
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	15
2.1. Obtenção e manutenção de <i>Doru luteipes</i> e <i>Puccinia polysora</i>	15
2.2. BIOENSAIOS.....	16
2.2.1.Sobrevivência.....	16
2.2.2.Preferência alimentar	16
2.3. Estatística	17
3. RESULTADOS.....	18
Sobrevivência	18
Preferência alimentar	19
DISCUSSÃO	23
4. CONCLUSÕES	25
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	26
ARTIGO 2: PRIMEIRO RELATO DA DISPERSÃO DE UREDÓSPOROS DE <i>Puccinia polysora</i> (UNDERW) POR <i>Doru luteipes</i> (SCCUDER) (DERMAPTERA: FORFICULIDAE) EM MILHO	31
RESUMO	32
1. INTRODUÇÃO.....	34
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	36
Obtenção e manutenção de <i>Doru luteipes</i> e <i>Puccinia polysora</i>	36
3. BIOENSAIOS.....	37
Bioensaio I: Viabilidade e infectividade de uredósporos de <i>Puccinia polysora</i> excretados por <i>Doru luteipes</i>	37
Bioensaio II: Viabilidade e infectividade de uredósporos de <i>Puccinia polysora</i> excretados por <i>Doru luteipes</i> diretamente em folhas de milho	38

RESULTADOS.....	39
Bioensaio I	39
Bioensaio II.....	40
DISCUSSÃO	41
CONCLUSÕES	42
REFERÊNCIAS	43

PRIMEIRA PARTE

1. INTRODUÇÃO GERAL

Doru luteipes (Scudder, 1876) (Dermaptera: Forficulidae) é um importante inseto entomófago em lavouras de milho (Picanço et al., 2003), pois além de estar associado à cultura, sua ocorrência coincide com o pico populacional de pragas-chave como *Spodoptera frugiperda* (Smith), *Helicoverpa zea* (Boddie) (Lepidoptera, Noctuidae) (Cruz; Oliveira 1997; Passini et al., 2007) e pulgões (Cruz, 2007). Além disso, estudos preliminares e observações de campo indicaram o consumo de uredósporos de *Puccinia polysora* Underwood, agente causal da ferrugem polissora por *D. luteipes* (Ribeiro et al., 2015) ressaltando a importância de sua manutenção nas áreas de milho como predador de insetos praga e de fungos patogênicos.

Adultos de *Doru luteipes* apresentam alta longevidade (Reis et al., 1988; Guerreiro et al., 2003), podendo chegar a um ano. São insetos hemimetábolos (Cruz, 2007) passando pelos estágios de ovo, ninfa e adulto, sendo predador ativo em todas as fases (Cruz, 2009). As fêmeas colocam em média 25 ovos por postura e apresentam cuidado maternal com a prole.

Possuem relação íntima com a cultura do milho, pois a mesma oferece condições ideais para seu desenvolvimento e permanência no campo. Adultos e ninfas consomem diariamente aproximadamente 21 e 12 ovos de *S. frugiperda*, respectivamente; até 8.276 ovos de *H. zea*, com média de 39 ovos por dia e 3.832 ninfas de pulgão *Schizaphis graminum* (Rondani) (Hemiptera: Aphididae) (Cruz, 2007).

Apresentam tigmotropismo positivo, ou seja, precisam permanecer em contato com a planta, tendo preferência por locais escuros e úmidos (Jarvis et al., 2004) como os cartuchos e espigas do milho e são predadores que forrageiam ativamente à noite (Naranjo-Guevara et al., 2017).

Além da capacidade de predação, *D. luteipes* apresenta também hábito onívoro, ou seja, se alimenta de recursos provenientes de mais de um nível trófico da cadeia alimentar (Coll; Guershon, 2002; Pasini et al., 2007) como pólen (Redoan, 2010; Marucci et al., 2019) e estruturas fúngicas (Ribeiro et al., 2015).

A onivoria é um fenômeno muito comum na natureza, porém pouco estudado e compreendido. No passado acreditava-se que tal interação ocasionava uma desestabilização do sistema (Pimm, 1982). Posteriormente, com o desenvolvimento de novos estudos, comprovou-se que o hábito onívoro é extremamente importante, comum

na natureza e que pode ajudar na estabilização da dinâmica das cadeias alimentares (Attayde et al., 2006), as quais são altamente conectadas (Lemos, 2005).

Insetos onívoros podem ser classificados como oportunistas obrigatórios ou facultativos, de acordo com a importância do material consumido, seja animal ou vegetal (Lemos, 2005). Dentro dos oportunistas obrigatórios, destacam-se os fitozoófagos, herbívoros que eventualmente se alimentam de presas e os zoofitófagos, insetos carnívoros e que eventualmente se alimentam de plantas (Coll; Guershon, 2002).

O fato de *D. luteipes* se alimentar também de estruturas fúngicas a caracteriza como potencial agente micófago de controle. As ordens Diptera e Coleoptera foram às pioneiras no hábito de micofagia (Hanski, 1989). Tal hábito pode ser encontrado também nas ordens Lepidoptera e Hymenoptera (Jonsell et al., 2001), em ácaros (Yamashita and Hijii, 2003) e relatado recentemente na ordem Dermaptera (Haas, 2012; Paula et al., 2016).

Para se alimentar de estrutura fúngicas, os insetos necessitam de adaptações evolutivas diferenciadas de outros predadores (Lawrence, 1989). Como este hábito ainda é pouco estudado, o conhecimento acerca desses mecanismos também é escasso.

A ferrugem polissora é capaz de reduzir a produtividade do milho em até 65% (Colombo et al., 2014). Os danos estão relacionados à redução de área foliar e vigor das plantas, bem como a redução do peso dos grãos, além de, senescência precoce e acamamento das plantas (Costa et al., 2015).

O fungo infecta folhas de milho completamente expandidas, tendo como condições ideais para infecção temperaturas em torno de 26 a 30 °C e umidade relativa elevada (Von Pinho, 1998). Os uredósporos são considerados os inóculos primários e secundários e não existe hospedeiro alternativo conhecido para este patógeno (Pataky, 2000).

As medidas de controle dessa doença são: o uso de cultivares resistentes, plantio na época adequada e uso de fungicidas (Pereira et al., 2005), os quais estão restritos a cinco grupos químicos (triazol, estrobilurinas, carboxamidas, pirazol carboxamidas e alquilenobis) (COTA et al., 2018), porém afetam negativamente a população de inimigos naturais presentes na área. Assim, encontrar uma alternativa para o controle biológico para reduzir a disseminação do patógeno é quase uma medida emergencial.

Apesar de se conhecer o hábito onívoro de *D. luteipes* pouco se sabe sobre seu potencial como agente micófago e sua capacidade de suprimir ou dispersar fitopatógenos em lavouras de milho, pois insetos que forrageiam diretamente

uredósporos podem utilizar este inóculo e servir como vetores mecânicos de patógenos. Nesse contexto, o objetivo desse trabalho foi avaliar o papel de *Doru luteipes* na micofagia como possível agente biológico de controle com dupla função na cultura do milho: entomófago e micófago.

REFERÊNCIAS

- ATTAYDE, J. L.; ISKIN, M, AND CARNEIRO, L. O papel da onivoria na dinâmica das cadeias alimentares. **Oecol. Bras.**, v.10. p. 69-77. 2006.
- COLL, M. AND GUERSHON, M. Omnivory in terrestrial larthropods: mixing plant andprey diets. **Annu. Rev. Entomol.**, v. 47, p. 267-297, 2002.
- COLOMBO, G. A.; VAZ-DE-MELO, A.; TAUBINGER, M.; TAVARES, R. C AND SILVA, R, R. Análise dialética para resistência a ferrugem polissora em milho em diferentes níveis de adubação fosfatada. **Bragantina**, Campinas, v. 73, n. 1, p.65-71, 2014.
- COSTA, R. V.; SILVA, D. D AND COSTA, L. V. Reação de cultivares de milho à ferrugem Polissora em casa de vegetação. **Circular Técnica 214**, EMBRAPA Milho e Sorgo, Sete Lagoas, p. 5, 2015.
- COTA, L.V.; COSTA, R.V.; SILVA, D. D.; LANDAU, S. C.; GUIMARÃES, D. P.; MACHADO, J. R.; MENDONÇA, L. B. P.; SILVA, A F.; TARDIN, F. D.; MEIRELLES, W. F. Monitoramento do Uso de Fungicidas na Cultura do Milho no Brasil. **Circular Técnica 249**, Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, dezembro 2018.
- CRUZ, I AND OLIVEIRA, A.C. Flutuação populacional do predador *Doru luteipes* (Scudder) em plantas de milho. **Pesq. Agropec. Bras.** Brasília, v. 32, n.34, p 364, abr. 1997.
- CRUZ, I. Controle Biológico de pragas na cultura de milho na produção de conservas (mini-milho), por meio de parasitoides e predadores. Ago.16 p. **Circular Técnica 91**, Embrapa Milho e Sorgo, 2007.
- CRUZ, I. Métodos de criação de agentes entomófagos de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith). In: Bueno VHP (ed) **Controle biológico de pragas: produção massal e controle de qualidade**. UFLA, Lavras, pp111-135, 2009
- GUERREIRO, J. C.; BERTI FILHO, E ANDBUSOLI, A. C. Ocorrência estacional de *Doru luteipes* na cultura do milho em São Paulo, Brasil. **Manejo Integrado de Pragas y Agroecología**, Costa Rica, n. 70, p. 46-49, 2003.

- HAAS, F. Dermaptera. In: J.A. Rafael, G.A.R. Melo, C.J.B. Carvalho, S.A., Casari, and R. Constantino, eds. **Insetos do Brasil: diversidade e taxonomia**. Ribeirão Preto: Holos, pp. 297-305, 2012.
- HANSKI, I. Fungivory: fungi, insects and ecology. Insect-Fungus Interactions. In: 14th Symposium of Royal Entomological Society London. (ed. By Wilding, N. M. Collins, P. M. Hammond and J.F Webber), p. 24-68. **Academic Press**, London, 1989.
- HASS, M. Efeito de horários de aplicação de fungicida no controle de *Phakopsora pachyrhizi* na cultura da soja. **Dissertação (mestrado)** – Universidade de Cruz Alta–UNICRUZ 41f, 2017.
- JARVIS, J. K.; HAAS, F AND WHITING, M.F. A phylogeny of earwigs (Insecta: Dermaptera) base on molecular and morphological evidence: reconsidering the classification of Dermaptera. **Systematic Entomology, Oxford**, v. 30, 2004
- JONSELL, M., NOEDLANDER, G. AND EHNSTROM, B. Substrate association of insects breeding in fruiting bodies of wood-decaying fung. **Ecological Bulletins**, 49, 173-194, 2001.
- LAWRENCE, J. F. Mycophagy in the Coleoptera: Feeding Strategies and Morphological Adaptations. Insect- Fungus Interactions. In: 14TH Symposium of Royal Entomological Society London (ed. By Wilding, N.M. Collins, P.M. Hammond and J.F Webber), p. 1-23. **Academic Press**, London, 1989.
- LEMOS, W. DE. P. Fitofagia do predador *Brontocoris tabidus* (Heteroptera: Pentatomidae) no campo: aspectos morfo-fisiológicos e populacionais. Viçosa: UFV, xiv, 161f. 2005.
- MARUCCI, R.C., I.L. SOUZA, L.O. SILVA, A.M. AUAD, A.M., AND S.M. MENDES. Pollen as a component of the diet of *Doru luteipes* (Scudder, 1876) (Dermaptera: Forficulidade). **Braz. J. Biol.** 79:584-588. 2019.
- NARANJO-GUEVARA, N., PEÑAFLORES, M.F.G.V., CABEZAS-GUERRERO, M.F., BENTO J.M.S. Nocturnal herbivore-induced plant volatiles attract the generalist predatory earwig *Doru luteipes* Scudder. **Sci Nat** 104:77, 2017.

PASSINI, A; PARRA, J. R. P; LOPES, J. M. Dieta artificial para criação de *Doru luteipes* (Scudder) (Dermaptera: Forficulidae), predador da lagarta-do-cartucho do milho, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). *Neotrop Entomol.* vol. 36, n. 2, p 309, 2007.

PATAKY, J. K. Rusts. In: White, D. G. (Ed.). Compendium of corn diseases. 3. ed. St. Paul: American **Phytopathological Society**, p. 35- 38, 2000.

PAULA, D.P., LINARD, B., CRAMPTON-PLATT, A., SRIVATHSAN, A., TIMMERMANS, M.J.T.N., SUJII, E.R., PIRES, C.S.S., SOUZA, L. M., ANDOW, D.A., VOGLER, A.P., Uncovering Trophic Interactions in Arthropod Predators through DNA Shotgun-Sequencing of Gut Contents. **PLOS ONE** 11, 1-14, 2016.

PEREIRA, O.A.P., R.V. CARVALHO, AND L.E.A. CAMARGO. Doenças do milho (*Zea mays*). In: Kimati. H; Amorim, L; Rezende, M.A. J; Filho, B.A; Camargo, A.E.L. **Manual de fitopatologia, doenças das plantas cultivadas**. 3º edição. São Paulo, 2005

PICANÇO, M. C., GALVAN, T. L., GALVÃO, J. C. C., SILVA, E. DO C ANDCONTIJO, L. M. Intensidades de perdas ataque de insetos e incidência de inimigos naturais em cultivares de milho em cultivo de safrinha. **Ciênc. Agrotec.** Lavras, v.27, n.2, p.339 – 347, 2003.

PIMM, S.L. *Food webs*. **Chapman & Hall**, London, 1982

REDOAN, A. C.; CARVALHO, G.A.; CRUZ, I. FIGUEIRO, M.DE. L.C ANDSILVA, R.B. DA. Efeito de inseticidas usados na cultura do milho (*Zea mays*L.) sobre ninfas e adutos de *Doru luteipes* (Scudder) (Dermaptera: Forficulidae) em semicampo. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.9, n.3, p.223-235, 2010.

REIS, L. L; OLIVEIRA, L. J AND CRUZ, I. Biologia e potencial de *Doru luteipes* no controle de *Spodoptera frugiperda*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 23, n. I, p. 333-342, 1988.

RIBEIRO, A.C.G.; MENDES, S.M.; DIONISIA, D.; MARUCCI, R.C.; FONSECA, M.F.; SILVA, R.L.L.; ARAÚJO, O, G AND GOMES, S, X. O papel da micofagia para *Doru luteipes* (Scudder,1876) (Dermaptera: Forficulidae). In: **Simpósio de Controle biológico**, 14; Teresópolis, RJ, 2015.

VON PINHO, R. G. Metodologia de avaliação, quantificação de danos e controle genético da resistência a *Puccinia polysora* Underw. E *Physopellazeae* (Mains) Cummins e Ramachar na cultura do milho. **Tese** (Doutorado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1998.

YAMASHITA, S; HIJII, N. Effects of mushroomsize on the structure of a mycophagous arthropod community: comparis on between infra communities with differentty pes of resource utilization. *Ecological Research*, v. 18, p. 131-143. 2003

SEGUNDA PARTE: ARTIGOS *

*Segunda parte-artigos: sem identificação do periódico. Elaborado de acordo com a NBR 6022 (ABNT, 2003a).

**ARTIGO 1: SOBREVIVÊNCIA E PREFERÊNCIA ALIMENTAR DE *Doru luteipes*
(DERMAPTERA: FORFICULIDADE) POR FONTES ALIMENTARES DA PLANTA
DE MILHO E UREDÓSPOROS DE *Puccinia polysora***

RESUMO

Doru luteipes está diretamente associado à cultura do milho, a qual oferece recursos alimentares diversos, possibilitando mesclar sua alimentação entre presas como ovos de *Spodoptera frugiperda*, recursos da planta como pólen e ainda estruturas fúngicas de *Puccinia polysora*, agente causal da ferrugem polissora. Diante da disponibilidade de diversos recursos alimentares o comportamento de forrageamento e a capacidade de predação de *D. luteipes* podem ser afetados quando uma mesma planta oferece todos os recursos concomitantemente. Assim, avaliou-se a sobrevivência ninfal e preferência entre os recursos alimentares da planta de milho e dieta artificial. Ninfas recém eclodidas de *D. luteipes* foram expostas as dietas compostas exclusivamente por uredósporos de *P. polysora*, ovos de *S. frugiperda*, pólen de milho, combinação de uredósporos + ovos e dieta artificial para verificar se os mesmos recursos garantem a sobrevivência e mantém a duração do período ninfal. Ninfas e adultos de *D. luteipes* com 24 e 48 horas de inanição foram expostos a uredósporos de *P. polysora*, ovos de *S. frugiperda*, pólen de milho e dieta artificial durante o período diurno e noturno, sendo contabilizado o número de escolhas pelo alimento e o tempo de alimentação. A alimentação exclusiva com ovos de *S. frugiperda* ocasionou a menor sobrevivência ninfal, porém a combinação de uredósporos de *P. polysora* + ovos de *S. frugiperda* possibilitou sobrevivência e duração do período ninfal similar a dieta artificial. *Doru luteipes* preferiu se alimentar durante o período noturno de pólen de milho e dieta artificial, utilizando maior tempo de alimentação nestes recursos.

Palavras-chave: Pólen. Uredósporos. Ovos. Sobrevivência. Ninfas

ABSTRACT

Doru luteipes is directly associated with maize crop, which offers diverse food resources, allowing it to merge its feeding among prey such as *Spodoptera frugiperda* eggs, plant resources such as pollen and also fungal structures of *Puccinia polysora*, causative agent of polysore rust. Given the availability of different food resources, the foraging behavior and predation capacity of *D. luteipes* can be affected when the same plant offers all the resources concurrently. Thus, the nymphal survival and preference between corn plant food resources and artificial diet were evaluated. Freshly hatched nymphs of *D. luteipes* were exposed to diets composed exclusively of *P. polysora* uredospores, *S. frugiperda* eggs, maize pollen, uredospore + egg combination and artificial diet to verify that the same resources guarantee survival and maintain their survival duration of the nymph period. Nymphs and adults of *D. luteipes* with 24 and 48 hours of starvation were exposed to *P. polysora* uredospores, eggs of *S. frugiperda*, corn pollen and artificial diet during the day and night, and the number of choices for food was accounted for and the feeding time. Feeding exclusively with *S. frugiperda* eggs caused the lowest nymph survival, but the combination of *P. polysora* uredospores + *S. frugiperda* eggs allowed survival and duration of the nymph period similar to artificial diet. *Doru luteipes* preferred to eat during the corn pollen night and artificial diet, using longer feeding time in these resources.

Keywords: Pollen. Uredospores. Eggs. Survival. Nymphs

1. INTRODUÇÃO

Doru luteipes Scudder (Dermaptera, Forficulidae), são predadores de hábito críptico permanecendo escondidos durante o dia e ativos à noite (Lamb 1975; Sueldo et al., 2010). Por apresentarem comportamento tigmotátil, durante o dia ficam protegidos em contato com superfícies de plantas, tendo preferência por locais escuros e úmidos (Jarvis et al. 2004) como o cartucho e a espiga das plantas de milho (Pasini et al., 2007), onde comumente são encontrados ninfas e adultos (Figueiredo et al., 2006).

Um dos grandes diferenciais desse predador é a alta capacidade de predação (Cruz 2007, Sueldo and Virla 2017) e a exploração de diversas presas em diferentes fases de desenvolvimento, alimentando-se de ovos e formas jovens das ordens Lepidoptera, Hemiptera, Coleoptera e Diptera (Bacci, et al., 2001; Cruz 2007; Costa et al., 2007).

Doru luteipes se alimenta também de recursos da planta de milho como pólen, sendo considerado um predador onívoro em que o consumo do pólen aumenta a sobrevivência das ninfas e a fecundidade e fertilidade de fêmeas (Marucci et al., 2019).

A onivoria consiste na alimentação em mais de um nível trófico e ocorre amplamente em artrópodes que habitam plantas terrestres (Pimm and Lawton, 1978; Polis 1996; Stutz and Etling, 2011). A alimentação, tanto da presa quanto dos recursos alimentares vegetais, são difundidos entre inimigos naturais de vários artrópodes-praga em ecossistemas manejados e naturais (Coll 1996; Coll and Guerson, 2002).

Assim, os suplementos alimentares fornecidos por plantas aos predadores onívoros podem influenciar o controle biológico de duas formas: *i*) aumentando as populações de predadores ou *ii*) reduzindo o consumo do número de presas por predadores individuais (Schuldiner-Harpaz 2017).

A onivoria possibilita a manutenção de *D. luteipes* na área durante todo ciclo do milho regulando pragas-chave como *Spodoptera frugiperda* (Smith), *Helicoverpa zea* (Boddie) (Lepidoptera, Noctuidae) e diversas espécies de pulgões. Além disso, estudos preliminares e observações de campo indicaram o consumo por *D. luteipes* de uredósporos de *Puccinia polysora*, agente causal da ferrugem polissora em milho, evidenciando hábito micófago (Ribeiro et al., 2015).

Ao se considerar o estágio do milho suscetível a *S. frugiperda* (Valicente 2015, Giolo et al., 2002) e a ferrugem polissora (Dudienas and Dias de Sá 2017, Costa et al., 2015)

verifica-se a ocorrência concomitante dos dois recursos, presa e uredósporos na mesma planta.

Paralelamente, o fato de *D. luteipes* apresentar hábito noturno cria um espaço livre de competição à noite como estratégia de forrageamento e de proteção durante o dia, momento em que são realizadas as aplicações com produtos fitossanitários (Soares 2014; Hass 2017). Dessa forma, a disponibilidade do alimento, o estágio de desenvolvimento e a composição nutricional da planta, além da condição atual do predador influenciam diretamente na escolha e consumo de recursos e presas preferenciais ou não (Coll 1996).

Relações entre o inseto onívoro e suas preferências nutricionais são de extrema importância, pois ajudam a explorar as potencialidades do controle biológico (Vankosky; Van Laerhoven 2015). Além disso, o hábito onívoro e micófago de *D. luteipes* reforça a importância da manutenção desse inseto nas áreas de milho como consumidor de insetos-praga e de fungos patogênicos, caracterizando-o como um potencial agente de controle biológico com dupla função.

Diante dessa diversidade de recursos alimentares disponíveis no milho surgem alguns questionamentos. *i)* o horário de alimentação influencia na escolha do alimento? *ii)* a preferência alimentar varia entre as fases jovens e adulto de *D. luteipes*? *iii)* o comportamento onívoro de *D. luteipes* interfere na seleção alimentar do predador? *iv)* *D. luteipes* se alimenta tanto de uredósporos quanto das presas presentes no milho? *v)* a alimentação exclusiva em um dos recursos alimentares presentes no milho interfere na biologia e sobrevivência das ninfas do predador?

Para responder a tais questionamentos avaliaram-se a sobrevivência ninfal e, a preferência alimentar de ninfas e adultos de *D. luteipes* expostos a diferentes fontes alimentares presentes na cultura do milho.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Obtenção e manutenção de *Doru luteipes* e *Puccinia polysora*

Doru luteipes

A criação de *D. luteipes* foi realizada no Laboratório de Controle Biológico (LCBIOL) no Departamento de Entomologia (DEN) da Universidade Federal de Lavras – UFLA, utilizando-se gaiolas de acrílico revestidas com papel pardo, mantidas em sala climatizada (27 ± 2 °C, 70 ± 10 % de UR e 12h de fotofase). Em cada gaiola foram adicionados dieta artificial, acondicionada em formas de papel (3 cm), algodão umedecido, papel sanfonado e abrigo artificial constituído por canudos de polipropileno semitransparente com altura de 10 cm e diâmetro de 8 mm vedados em uma de suas extremidades com algodão.

A dieta artificial foi composta por 35% de ração de gato ®MaxCat; 27% de farelo de trigo; 23% de levedo de cerveja; 14% de leite em pó; 0,5% de nipagin; 0,5% de ácido sórbico segundo Cruz (2009), foram triturados e homogeneizados em liquidificador. A manutenção da criação realizada semanalmente e os canudos contendo posturas, retirados e mantidos em potes de vidro (15x10 cm), contendo dieta, para as fêmeas até a eclosão das ninfas. Posteriormente, as ninfas transferidas para recipientes plásticos (37 x 27 cm) contendo papel sanfonado, algodão umedecido e dieta artificial até se tornarem adultos e as fêmeas retornavam a criação.

Puccinia polysora

A obtenção dos uredósporos de *P. polysora* foi realizada no laboratório de Fitopatologia da Embrapa Milho e Sorgo localizado em Sete Lagoas, MG, utilizando-se a cultivar de milho BRS1010, suscetível à ferrugem. Para obtenção do inóculo inicial foram utilizados uredósporos pertencentes à coleção de fungos do laboratório de Fitopatologia e previamente multiplicados em plantas mantidas em casa de vegetação. Para a multiplicação de novos uredósporos utilizou-se uma parte do inóculo inicial o qual foi diluído em solução surfactante Tween 80, mantido em erlenmeyer de 500 mL e submetido à agitação por meio de um agitador magnético durante três minutos para a homogeneização da massa de uredósporos. Após agitação, o inóculo na concentração de 10^4 uredósporos/mL foi adicionado em pulverizador manual de 500 mL e aplicado por meio de pulverização em plantas de milho aos

15 dias após semeadura. As plantas foram mantidas no interior de casa de vegetação em vasos de 5 Kg contendo terra e substrato comercial até o momento de coleta dos uredósporos. Os primeiros sintomas da ferrugem, caracterizados por pústulas de formato circular a alongado de coloração castanho claro a escuro, foram observados na superfície das folhas após 15 a 20 dias da pulverização. Os uredósporos foram coletados, acondicionados em tubos de microcentrifugação e mantidos em temperatura de 10 °C para utilização nos bioensaios.

2.2.BIOENSAIOS

Os bioensaios foram conduzidos no LCBIOL/ do DEN – UFLA em condições controladas de temperatura (25 ± 2 °C), umidade relativa (70 ± 10 %) e 12h de fotofase.

2.2.1. Sobrevivência

Ninfas recém-eclodidas de *Doru luteipes* individualizadas em recipientes plásticos (500 mL) contendo abrigo artificial formado por canudo de polipropileno semitransparente (10 cm de comprimento e 0,8 cm de diâmetro) vedado em uma de suas extremidades com algodão, forma de papel (3 cm) como recipiente para os alimentos e algodão umedecido. Os recipientes foram vedados com tecido tipo *voile* e mantidos em condições controladas 27 ± 2 °C, 70 ± 10 % de UR e 12h de fotofase. As parcelas foram constituídas por cinco tratamentos: i) uredósporos de *P. polysora*; ii) ovos de *S. frugiperda*; iii) uredósporos de *P. polysora* + ovos de *S. frugiperda*; iv) pólen de milho e v) dieta artificial) e 25 repetições até tornarem-se adultos.

Os recipientes foram higienizados e os alimentos trocados conforme a necessidade e diariamente, avaliado a sobrevivência e a duração do período ninfal até se tornarem adultos. Os adultos foram mantidos na mesma dieta durante 30 dias, quando o experimento foi finalizado.

2.2.2. Preferência alimentar

Visando determinar a preferência de *D. luteipes* entre as diversas fontes alimentares disponíveis no milho e dieta artificial como recurso neutro e experiência prévia, utilizaram-se ninfas de 1º, 2º, 3º e 4º ínstaes e adultos de *D. luteipes* em teste com chance de escolha entre:

i) ovos de *S. frugiperda*, ii) pólen de milho, iii) uredósporos de *P. polysora* e iv) dieta artificial.

Os ovos de *S. frugiperda* foram provenientes da criação de manutenção do DEN/UFLA obtidos conforme metodologia descrita por Cruz (2000) e inviabilizados previamente por meio de baixa temperatura. O pólen de milho foi coletado diretamente da inflorescência de diversos híbridos da planta em cultivos de milho comercial na fazenda Muquém/UFLA na safra de 2018 e os uredósporos provenientes da coleção da Embrapa Milho e Sorgo/ Sete Lagoas, MG. A dieta artificial foi à mesma utilizada na criação de manutenção dos insetos.

Objetivando simular o comportamento de predador de hábito noturno, ninfas e adultos de *D. luteipes* foram mantidos em inanição por 24 e 48 horas em tubos de ensaio contendo algodão umedecido como fonte de água. Após este período liberou-se um inseto no centro de um recipiente plástico (500 mL) contendo as quatro fontes alimentares em formas de papel (3 cm) dispostas equidistantes umas das outras. Durante 10 minutos foram determinados o alimento escolhido e o tempo de alimentação utilizando-se de cronômetro.

Os testes foram realizados durante o período diurno na presença de luz, entre 13 e 17 horas e noturno, entre 19 e 22 horas e na ausência de luz, utilizando-se 20 indivíduos por repetição.

2.3.Estatística

Os dados foram analisados utilizando-se o Software R versão 3.4.1 (R Core Team 2017).

Os dados referentes à sobrevivência do período ninfal e sobrevivência total foram submetidos à análise de Kaplan-Meier.

Os dados referentes à associação entre escolha do alimento em função do estágio de desenvolvimento, no período diurno e noturno e inanição por 24 e 48 horas foram submetidos à análise do teste qui-quadrado e para o caso em que a frequência foi menor que 5 usou-se o teste exato de Fisher. Além disso, para verificar quais os grupos são diferentes uns dos outros, usou-se um teste post hoc do qui-quadrado ao nível de significância de 5%. Para comparar o tempo de alimentação e alimento escolhido, realizou-se o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$).

3. RESULTADOS

Sobrevivência

A duração de cada ínstar ninfal de *D. luteipes* foi afetada em função do alimento ingerido, porém, o número de ínstaes se manteve o mesmo em todos os recursos alimentares testados.

A dieta a base de ovos de *S. frugiperda* ($p < 0,001$) proporcionou a menor sobrevivência na fase ninfal e, conseqüentemente, o número de ninfas que conseguiu avançar no desenvolvimento foi significativamente menor quando comparada as demais fontes alimentares (Figura 1, Tabela 1).

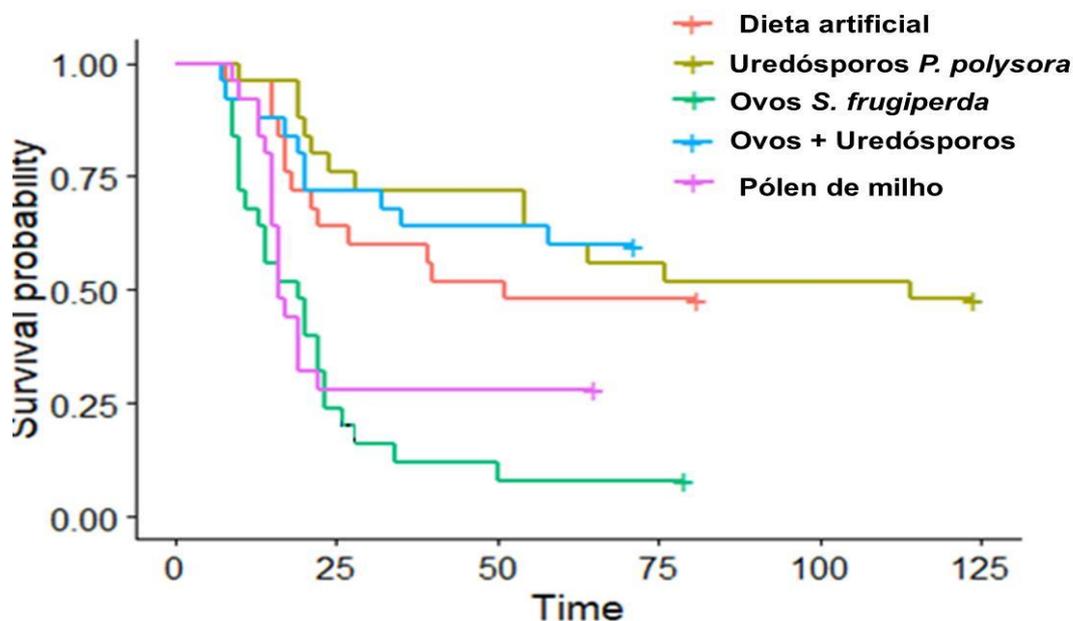


Figura 1. Curvas de sobrevivência para a fase ninfal de *Doru luteipes* estimadas pelo método não paramétrico de Kaplan-Meier utilizando diferentes recursos alimentares

A alimentação exclusiva com pólen de milho proporcionou menor número de ninfas sobreviventes quando comparada a dieta artificial ($p=0,00379$), uredósporos ($p=0,00169$) e ovos + uredósporos ($p=0,00169$) (Figura 1, Tabela 1).

O consumo exclusivo de uma única fonte alimentar pode influenciar na duração dos ínstaes bem como na duração do estágio ninfal e na porcentagem de mortalidade em cada estágio de desenvolvimento de *D. luteipes* (Tabela 1).

Ninfas de *D. luteipes* alimentadas exclusivamente com uredósporos de *P. polysora* apresentaram prolongamento da duração de todos os estádios ninfais e mortalidade por estágio variando de 10 a 20% (Figura 1, Tabela 1).

Na dieta composta exclusivamente por ovos de *S. frugiperda*, a mortalidade ninfal variou de 28% a 61% sendo que apenas 8% de insetos atingiram a fase adulta (Tabela 1). A combinação de ovos de *S. frugiperda* + uredósporos de *P. polysora* contribuiu para sobrevivência de 56% dos indivíduos de *D. luteipes* (Tabela 1).

A alimentação exclusiva com pólen de milho nos estádios iniciais de *D. luteipes* proporcionou mortalidade que variou de 16% a 61% a qual reduziu no último ínstar e na fase adulta

Tabela 1. Duração média (dias) (\pm EP) dos ínstars de *Doru luteipes* expostos a diferentes recursos alimentares, número de adultos (machos e fêmeas), mortalidade e sobrevivência total ($27\pm 1^\circ\text{C}$, $70\pm 10\%$ de UR e 12h de fotofase)

Parâmetros biológicos	Recursos alimentares				
	Ovos de <i>S. frugiperda</i>	Uredósporos de <i>P. polysora</i>	Uredósporos + Ovos	Pólen	Dieta artificial
Duração em dias					
1º instar	9,3 \pm 1,2	15,0 \pm 1,9	7,4 \pm 0,7	5,6 \pm 0,3	6,3 \pm 0,3
2º instar	7,9 \pm 0,5	19,0 \pm 2,2	8,8 \pm 0,9	8,0 \pm 0,2	8,5 \pm 1,2
3º instar	15,3 \pm 7,4	14,5 \pm 2,7	8,1 \pm 0,4	9,6 \pm 0,2	7,0 \pm 0,4
4º instar	8,0 \pm 5,0	10,5 \pm 2,3	9,2 \pm 0,6	10,0 \pm 0,5	8,4 \pm 0,4
Total	39,5 \pm 1,9	59,0 \pm 1,74	33,5 \pm 0,4	33,2 \pm 1,0	30,2 \pm 0,5
Mortalidade (%)					
1º instar	28	20	8	16	8
2º ínstar	61	10	17	38	13
3º instar	57	20	16	62	20
4º instar	33	17	6	0	13
Adultos	0	20	7	0	14
Machos	2	6	12	2	6
Fêmeas	0	4	3	3	8
Sobrevivência (%)	8	32	56	20	48

Preferência alimentar

Para *D. luteipes* providos de alimentação por 24 horas e expostos às fontes alimentares à noite, houve associação entre os recursos alimentares e o estágio de desenvolvimento ($p=0,03$). Na combinação par a par dos recursos alimentares, houve diferença estatística

significativa na combinação dieta artificial vs. pólen (Tabela 2). Tal combinação também resultou no maior número de escolhas de ninfas e adultos de *D. luteipes* (Tabela 3).

O tempo gasto durante a alimentação noturna e inanição por 24 horas por ninfas e adultos de *D. luteipes* foi significativo para ninfas de segundo ínstar ($p=0,02604$). Para as combinações dieta vs. uredósporos ($p=0,0223$) e dieta vs. pólen ($0,0292$) as ninfas de segundo ínstar se alimentaram mais tempo na dieta (Figura 2 C).

Com o aumento do período de inanição para 48 horas e a exposição a fontes alimentares à noite, não houve dependência entre os recursos alimentares e o estágio de desenvolvimento de *D. luteipes* ($p=0,25$).

O tempo gasto durante alimentação noturna e inanição por 48 horas foi significativo somente para adultos na combinação dieta vs. pólen que alimentam-se por mais tempo no pólen ($p=0,0083$) (Figura 2 J).

Para *D. luteipes* providos de alimentação por 24 horas ($p=0,66$) e 48 horas ($0,06$) durante o dia não houve dependência entre o recurso alimentar e estágio de desenvolvimento.

Não houve diferença estatística significativa para o tempo de alimentação durante o dia em função dos recursos alimentares, dos períodos de inanição e dos estágios de desenvolvimento.

Por se tratar de um predador noturno, somente a noite foi possível constatar associação da escolha entre as diferentes fontes alimentares e os estágios de desenvolvimento.

Tabela 2. Valores de P oriundos da combinação par a par entre a preferência alimentar das ninfas e adultos de *Doru luteipes* expostos a diferentes fontes alimentares no período noturno e inanição por 24 horas

Tratamento	Uredósporos <i>P. polysora</i>	Ovos <i>S. frugiperda</i>	Pólen de Milho
Dieta artificial	$p=0,1777$	$p=0,2828$	$p=0,0054^*$
Uredósporos <i>P. polysora</i>	-	$p=0,8710$	$p=0,2828$
Ovos <i>S. frugiperda</i>	-	-	$p=0,2828$

* Teste exato de Fisher ($p \leq 0,05$)

Tabela 3. Porcentagem de escolha das ninfas e adultos de *Doru luteipes* em inanição por 24 e 48 horas expostos a diferentes fontes alimentares durante o período noturno

Inanição por 24 horas durante o período noturno					
Fontes alimentares	Fases de desenvolvimento				
	Ínstar 1	Ínstar 2	Ínstar 3	Ínstar 4	Adulto
Dieta artificial	19,0	23,8	0	14,3	42,8
Uredósporos <i>P. polysora</i>	24,3	13,5	21,6	21,6	18,9
Ovos <i>S. frugiperda</i>	18,2	18,2	27,3	9,1	27,3
Pólen de milho	16,2	25,8	29,0	25,8	3,2
Inanição por 48 horas durante o período noturno					
Fontes alimentares	Fases de desenvolvimento				
	Ínstar 1	Ínstar 2	Ínstar 3	Ínstar 4	Adulto
Dieta artificial	21,7	13,0	21,7	13,0	30,4
Uredósporos <i>P. polysora</i>	20,0	32,0	16,0	12,0	20,0
Ovos <i>S. frugiperda</i>	30,7	30,1	0	30,0	7,7
Pólen de milho	15,4	12,8	28,2	25,6	17,9

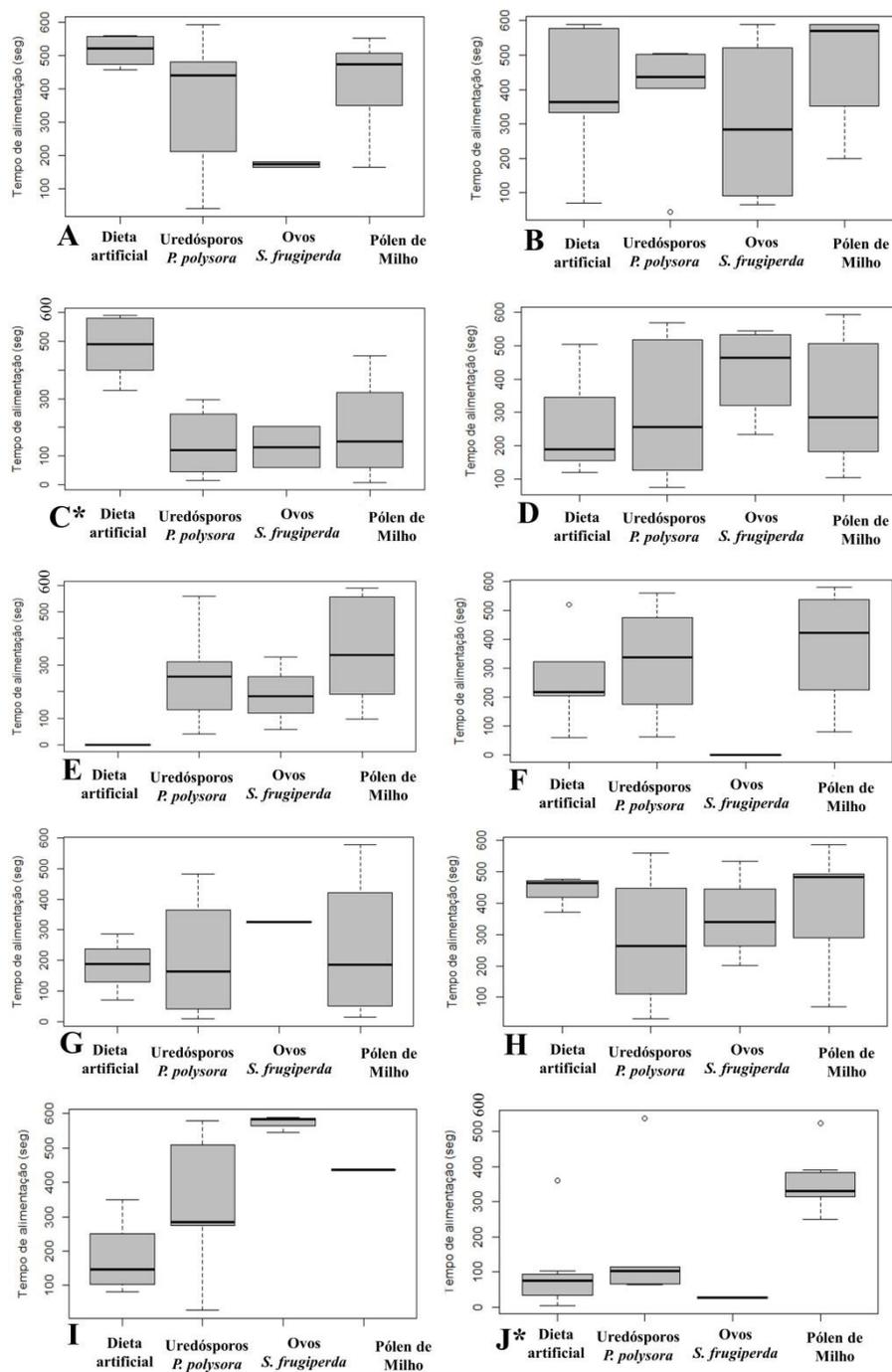


Figura 2. Tempo de alimentação noturna de *Doru luteipes* em diferentes fontes alimentares após inanição de 24 e 48 horas. **(A)** ninfas de primeiro ínstar e inanição de 24 horas ($p=0,16$), **(B)** ninfas de primeiro ínstar e inanição de 48 horas ($p=0,07$), **(C)** ninfas de segundo ínstar e inanição de 24 horas ($p=0,02^*$), **(D)** ninfas de segundo ínstar e inanição de 48 horas ($p=0,60$), **(E)** ninfas de terceiro ínstar e inanição de 24 horas ($p=0,17$), **(F)** ninfas de terceiro ínstar e inanição de 48 horas ($p=0,25$), **(G)** ninfas de quarto ínstar e inanição de 24 horas ($p=0,84$), **(H)** ninfas de quarto ínstar e inanição de 48 horas ($p=0,67$), **(I)** adulto e inanição de 24 horas ($p=0,14$), **(J)** adulto e inanição de 48 horas ($p=0,02^*$)

DISCUSSÃO

Embora *D. luteipes* seja citado como um importante predador natural de ovos de *S. frugiperda*, na presença de pólen de milho o predador preferiu se alimentar desta outra fonte e a alimentação exclusiva com ovos de *S. frugiperda* proporcionou elevada mortalidade ninfal.

Resultados semelhantes foram obtidos por Marucci et al., (2019) em que a alimentação exclusiva de *D. luteipes* com ovos de *S. frugiperda* proporcionou mortalidade de 33 em relação a dieta compostas por pólen de milho e combinação de pólen + afídeo que resultou 64% de sobrevivência. Pasini et al., (2007) observaram sobrevivência de 75% para alimentação exclusiva de *D. luteipes* em ovos de *S. frugiperda*.

A combinação de ovos de *S. frugiperda* e uredósporos de *P. polysora* aumentou a sobrevivência, sem alteração na duração total da fase ninfal, resultados similares ao obtido na dieta artificial. Esse resultado ressalta a necessidade que o predador tem por uma dieta diversificada. Sob esta perspectiva, *D. luteipes* tem potencial em reduzir presas e estruturas fúngicas em milho, principalmente na fase reprodutiva da cultura em que a presença de pólen pode atrair esse predador.

Fontes alimentares como pólen, seiva, néctar e fungos são considerados alimentos alternativos de grande importância para alguns grupos de insetos predadores (Pemberton and Vandenberg 1993, Lundgren 2009), que podem ser consumidos mesmo com grande oferta de sua presa preferencial, pois constituem importante fonte nutricional rica em vitaminas (Pereira et al., 2006) que suprem as necessidades nutricionais destes predadores (Guedes, 2013). Os benefícios específicos resultantes do consumo dependem do estágio de desenvolvimento do predador, bem como da qualidade nutricional dos alimentos ingeridos e de como a combinação das dietas atendem as necessidades nutricionais em determinado momento específico de desenvolvimento do inseto (Pearson et al., 2011). Trata-se de um sistema complexo, com diversas interações simultâneas em que, uma ação pode interferir no desempenho da outra e ainda com atuação direta de fatores como idade, sexo e condições ambientais (Simpson and Raubenheimer 1995).

A exposição a uma única fonte alimentar interferiu diretamente no desenvolvimento de ninfas o que pode estar relacionado a não adequação do alimento a fase em que o inseto se encontra (Guedes, 2013), pois não atende a demanda nutricional, impossibilitando que o inseto consiga se desenvolver normalmente. O déficit nutricional nas fases iniciais de desenvolvimento aumenta significativamente a mortalidade e compromete a fase adulta

(Hodek and Honek, 1996; Hodek et al., 2012) influenciando ainda nos parâmetros reprodutivos.

Observou-se que o consumo exclusivo de ovos de *S. frugiperda*, uredósporos de *P. polysora* e pólen de milho, ocasionaram elevada mortalidade das fases iniciais de *D. luteipes*, indicando que tais alimentos podem atuar como complementares, mas não exclusivos para o desenvolvimento ninfal.

Embora *D. luteipes* se alimentou e conseguiu completar seu ciclo exclusivamente com uredósporos, este alimento pode ser considerado alternativo, por possibilitar sua permanência no campo, mas por outro lado, prolonga a duração da fase jovem e aumenta a mortalidade ninfal. Resultado semelhante foi observado com a alimentação exclusiva de *D. luteipes* com pólen, alimento importante para adultos (Marucci et al., 2019), mas que não propiciou um bom desenvolvimento ninfal.

Os testes de preferência alimentar indicaram conforme relatado por outros autores (Nonino et al., 2007; Naranjo-Guevara et al., 2017) maior atividade deste predador no período noturno e preferência dos indivíduos jovens e adultos pelo pólen de milho, assim como pela dieta artificial, alimento padrão utilizado na criação de manutenção de *D. luteipes*. No entanto, a alimentação exclusiva com pólen pelos ínstaras iniciais não permitiu um bom desenvolvimento, destacando a necessidade da diversidade alimentar para esse inseto, compatível com o hábito onívoro.

Os ganhos com a alimentação complementar de predadores variam de acordo com o estágio de desenvolvimento em que se encontram justificando assim as diferentes escolhas dos alimentos pelas ninfas e adultos (Van kosky and Van Laerhoven, 2015). As fêmeas de *Forficula senegalensis* Serville (Dermaptera: Forficulidae) para ovipositar precisam de uma dieta mais rica, composta por pólen ou presa animal. As dietas à base de pólen ou de ovos e larvas de lepidópteros constituem alimento de melhor qualidade para *F. senegalensis*, as quais garantem um alto percentual de fêmeas férteis, e permitem que algumas fêmeas façam uma segunda oviposição (Boukaret et al., 1998).

Nos testes realizados no período diurno, mesmo após 48 h de inanição que segundo Naranjo-Guevara et al., (2017) simula o hábito noturno não foi possível determinar a preferência alimentar das ninfas e adultos do predador, indicando que durante este período ele tende a ficar mais escondido na planta de milho.

Os dermápteros são conhecidos por viverem em fendas escuras e úmidas, principalmente agregados (Walker et al., 1993; Hehar et al., 2008; Torres et al., 2009;

Campos et al., 2011). Eles apresentam tigmotaxia e, portanto, buscam contato direto com plantas e coespecíficos (Weyrauch, 1929), sendo que a planta de milho fornece o abrigo ideal para esses insetos durante o dia. No período noturno, adultos de *D. luteipes* estão mais ativos e ávidos a forragear e dispendem maior tempo para se alimentar de pólen.

Assim, o hábito onívoro e micófago de *D. luteipes* pode ser uma vantagem por permitir a sobrevivência de um agente de controle biológico que ao mesmo tempo tem a disposição uma dieta diversificada composta por ovos, uredósporos e pólen de milho. No entanto, o consumo de uredósporos e a manutenção de sua viabilidade após o processo digestivo pode ser uma via de dispersão do patógeno, que associado ao comportamento subsocial e a busca por contato direto com plantas e coespecíficos pode facilitar sua dispersão, o qual precisa ser investigado.

4. CONCLUSÕES

A duração do período ninfal bem como a sobrevivência de *D. luteipes* são afetadas pelo recurso alimentar disponível no milho com melhores resultados para a dieta a base da combinação de uredósporos de *P. polysora* e ovos de *S. frugiperda*.

Apenas no período noturno, ninfas e adultos de *D. luteipes* providos de alimentação por 24 h, escolhem pólen de milho e dieta artificial e gastam maior tempo de alimentação nestas dietas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BACCI, L.; PICANÇO, M. C.; GUSMÃO M. R.; ANDRÉ L. B.; CRESPO A. L. B.; PEREIRA E. J. G. Seletividade de Inseticidas a *Brevicoryne brassicae* (L.) (Hemiptera: Aphididae) e ao Predador *Doru luteipes* (Scudder) (Dermaptera: Forficulidae). **Neotrop. Entomol.**, v. 30, n. 4, 2001.
- BOUKARY, I.B.; GINGRAS, J.; JEAN-CLAUDE, T. Influence of diet on oviposition and survival of *Forficulas senegalensis servile* (Dermaptera: Forficulidae) *The Canadian Entomologist* 130: 163 – 167, 1998.
- CAMPOS, M. R., M. C. PICANÇO, J.C. MARTINS, A.C. TOMAZ, AND R.N.C. GUEDES. Insecticide selectivity and behavioral response of the earwig *Doru luteipes*. **Crop Protection**. 30:1535-1540, 2011.
- COLL, M. Feeding and ovipositing on plants by an omnivorous insect predator. **Oecologia** 105:214-220, 1996.
- COLL, M., AND M. GUERSHON. Omnivory in terrestrial arthropods: mixing plant and prey diets. **Annual Review of Entomology** 47:267–297, 2002.
- COSTA, N. P., H.D. OLIVEIRA, C.H. BRITO, AND A.B. SILVA. Influência do nim na biologia do predador *Euborellia annulipes* e estudo de parâmetros para sua criação massal. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**. 7:10-19, 2007.
- COSTA, R.V, D.D. SILVA, AND L.V. COTA. Doenças da cultura do milho. Fundação Mato Grosso **Boletim de Pesquisa**. Santa Cruz do Sul, RS: Editora Gazeta, 2015.
- COSTA, R.V., D.D. SILVA, AND L.V. COSTA. Reação de cultivares de milho à ferrugem Polissora em casa de vegetação. **Circular Técnica 214**, EMBRAPA Milho e Sorgo, Sete Lagoas, 2015.
- CRUZ, I. Controle Biológico de pragas na cultura de milho na produção de conservas (mini-milho), por meio de parasitoides e predadores. **Circular Técnica 91**, Embrapa Milho e Sorgo. Sete Lagoas, MG, 2007.

CRUZ, I. Métodos de criação de agentes entomófagos de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith), pp. 237-275. In: V.H.P. Bueno (ed.), **Controle biológico de pragas: produção massal e controle de qualidade**. UFLA, Lavras, 2009.

CRUZ, I. Métodos de criação de agentes entomófagos de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith). In: BUENO, V.H.P. (Ed.). **Controle biológico de pragas: produção massal e controle de qualidade**. Lavras: UFLA, 2000. p. 111-135, 2000.

DUDIENAS, C., A. P. DUARTE, P. B. GALLO, AND L. A. DIAS DE SÁ. Severidade de *Puccinia polysora* Underw. em milho no estado de São Paulo, na safra 2015/2016. XL **Congresso Paulista de Fitopatologia**. Instituto Agrônomo – Campinas, SP, 2017.

FIGUEIREDO, M. L.C., A. M. PENTEADO DIAS, AND I. CRUZ. Efeito do inseticida chlorpyrifos e sua interação com inimigos naturais na supressão de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) na cultura do milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas 5:325-339, 2006.

FIGUEIREDO, M.D.L.C., I. CRUZ, A.M.P. MARTINS DIAS, AND R.B., SILVA. Associação entre inimigos naturais e *Spodoptera frugiperda* (JE Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) na cultura do milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo** 5: 400-408, 2006.

GIOLO, F.P., A.D. GRÜTZMACHER, M.S. GARCIA, G.R. BUSATO. Parâmetros biológicos de *Spodoptera frugiperda* (j.e. Smith, 1797) (lep.:noctuidae) oriundas de diferentes localidades e hospedeiros. **Revista Brasileira de Agrociência** 8:219-224, 2002.

GUEDES, C.F.C. Preferência Alimentar E Estratégias De Alimentação Em Coccinellidae (Coleoptera). **Oecologia Australis** 17(2): 249-270, 2013.

HASS, M. Efeito de horários de aplicação de fungicida no controle de *Phakopsora pachyrhizi* na cultura da soja. Dissertação (mestrado) – Universidade de Cruz Alta–UNICRUZ 41f, 2017.

HEHAR, G.; GRIES, R.; GRIES, G. Re-analysis of pheromone-mediated aggregation behaviour of *European earwigs*. **The Canadian Entomologist**, Ottawa, v. 140, p. 674-681, 2008.

HODEK, I. & HONEK, A. Ecology of Coccinellidae. Kluwer **Academic Publishers**. Dordrecht. 464 p.; 1996.

HODEK, I.; VAN EMDEN, H.F. & HONEK, A. Ecology of Coccinellidae. Wiley-Blackwell, Dordrecht. 600p.;2012.

JARVIS, J.K., F. HAAS, AND M.F. WHITING. A phylogeny of earwigs (Insecta: Dermaptera) base on molecular and morphological evidence: reconsidering the classification of Dermaptera. **Systematic Entomology**, 30: 442-453, 2004.

LAMB, R. J., AND W. G. WELLINGTON. Life history and population characteristics of the European earwig, *Forficula auricularia* (Dermaptera: Forficulidae). **The Canadian Entomologist**107:819-824, 1975.

LUNDGREN, J. G. Nutritional aspects of non-prey foods in the life histories of predaceous Coccinellidae. **Biological Control**, v. 51, n. 2, p. 294 – 305, 2009.

MARUCCI, R.C., I.L. SOUZA, L.O. SILVA, A.M. AUAD, A.M., AND S.M. MENDES. Pollen as a component of the diet of *Doru luteipes* (Scudder, 1876) (Dermaptera: Forficulidade). Braz. **J. Biol.**79:584-588., 2019.

NARANJO-GUEVARA, N., PEÑAFLORES, M.F.G.V., CABEZAS-GUERRERO, M.F, BENTO J.M.S. Nocturnal herbivore-induced plant volatiles attract the generalist predatory earwig *Doru luteipes* Scudder. **Sci Nat** 104:77, 2017.

NONINO, M. C.; PASINI, A.; VENTURA, M. U. Atração do predador *Doru luteipes* (Scudder) (Dermaptera: Forficulidae) por estímulos olfativos de dietas alternativas em laboratório. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.37, n.3, p.623-627, ISSN 0103-8478, mai-jun, 2007

PASSINI, A, J.R.P. PARRA, AND J.M. LOPES. Dieta artificial para criação de *Doru luteipes* (Scudder) (Dermaptera: Forficulidae), predador da lagarta-do-cartucho do milho, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). **Neotrop. Entomol.** 36:308-311, 2007.

PEARSON, R. G.; BEHMER, S. T.; GRUNER, DENNO, R. F. Effects of diet quality on performance and nutrient regulation in an omnivorous katydid. **Ecological Entomology**, v.36, p.471-479, 2011.

PEMBERTON R W, VANDENBERG N J. Extrafloral nectar feeding by ladybird beetles (Coleoptera; Coccinellidae). **Proc Entomol Soc Wash** 95: 139-151, 1993.

PEREIRA, F.M., B.M. FREITAS, J.M. VIEIRA-NETO, M.T.R. LOPES, A.L. BARBOSA, AND R.C.R. CAMARGO. Desenvolvimento de colônias de abelhas com diferentes alimentos proteicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 41:1-7, 2006.

PIMM, S.L.; LAWTON, J.H. On feeding on more than one trophic level. **Nature**, v.275, p.542- 44, 1978.

POLIS, G.A., AND D.R. STRONG. Food web complexity and community dynamics. **American Naturalist** 147:813–846, 1996.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing; 2017

RIBEIRO, A.C.G., S.M. MENDES, D. DIONISIA, R.C. MARUCCI, M.F. FONSECA, R.L.L. SILVA, O.G. ARAÚJO, AND S.X. GOMES. O papel da micofagia para *Doru luteipes* (Scudder,1876) (Dermaptera: Forficulidae). In: **Simpósio de Controle biológico**, Teresópolis, RJ, 2015.

SCHULDINER HARPAZ, T., AND M. COLL. Estimating the effect of plant provided food supplements on pest consumption by omnivorous predators: lessons from two coccinellid beetles. **Pest Manag Sci.**73, 2017.

SIMPSON, S. J.; RAUBENHEIMER, D. The geometric analysis of feeding and nutrition: a user's guide. **Jornal of Insect Physiology**, v.41, p545-553, 1995

SOARES, A.M.L. Horários de aplicação localizada ou em área total e uso de adjuvantes para o controle de *Spodoptera fugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) na cultura do milho. Dissertação (mestrado). Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. 2014.

- STUTZ, S.; ENTLING, M. H. Effects of the landscape context on aphid-ant-predator interactions on cherry trees. **Biological Control**, V.57, p.37-43. 2011.
- SUELDO, G. M. R., AND E. G. VIRLA. Biological traits of *Doru luteipes* (Dermaptera: Forficulidae) in sugarcane crops, and consumption rates against *Diatraea saccharalis* eggs (Lepidoptera: Crambidae) under laboratory conditions. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*,68:3-4. 2017.
- SUELDO, M.R., O.A. BRUZZONE, AND E.G. VIRLA. Characterization of the earwig, *Doru lineare*, as a predator of larvae of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*: a functional response study. **Journal of Insect Science** 10:38, 2010.
- TORRES, J. B, BASTOS, C. S.; PRATISSOLI, D. Controle biológico de pragas com uso de insetos predadores. **Informe Agropecuário**, 30 (251):17-32. 2009.
- VALICENTE, F.H. Manejo integrado de pragas na cultura do milho. **Curricular Técnica 208**. Embrapa, Sete lagoas, Minas Gerais, 2015.
- VANKOSKY, M.A., AND S. L., VAN LAERHOVEN. Plant and prey quality interact to influence the foraging behavior of an omnivorous insect. *Dicyphus hesperus* **Animal Behaviour** 108:109-116, 2015.
- WALKER, C., GIANINAZZI_PEARSON, V. AND MARION-ESPINASSE, H.. *Scutellospora castanea*, a newly described arbuscular mycorrhizal species. *Cryptogamie, Mycologie* 14(4): 279-286, 1993
- WEYRAUCH, W. K. Experimentelle Analyse der Brutpflege des Ohrwurmes *Forficula auricularia* L. **Biol. Zentralbl.** 49: 553-558, 1929.

ARTIGO 2: PRIMEIRO RELATO DA DISPERSÃO DE UREDÓSPOROS DE *Puccinia polysora* (UNDERW) POR *Doru luteipes* (SCCUDER) (DERMAPTERA: FORFICULIDAE) EM MILHO

RESUMO

O predador *Doru luteipes* explora diferentes recursos alimentares na cultura do milho, sendo considerado um inseto onívoro e micófago por consumir estruturas fúngicas de *Puccinia polysora*, agente causal da ferrugem polissora. No entanto, não se sabe se também pode atuar como um agente dispersor de propágulos fúngicos. O objetivo deste trabalho foi verificar se a passagem dos uredósporos pelo trato digestivo de *D. luteipes* inviabiliza a germinação ou se há dispersão de uredósporos e assim, elucidar essa relação de micofagia: mutualística ou antagônica. Adultos e ninfas de *D. luteipes* foram expostos a uredósporos de *P. polysora* e as suspensões provenientes das fezes inoculadas em plantas de milho para comprovação da sintomatologia e quantificação do número de pústulas. *Doru luteipes* se alimenta de uredósporos de *P. polysora* e a passagem pelo trato digestivo não inviabiliza completamente sua germinação, podendo, mesmo em pequenas proporções atuar como agente dispersor da ferrugem polissora em campo.

Palavras-chave: Ferrugem polissora. Tesourinha. Uredósporos. Dispersão

ABSTRACT

The predator *Doru luteipes* explores different dietary resources in the corn crop, being considered an omnivorous insect and mycophagus for consuming fungal structures of *Puccinia polysora*, causative agent of polysoral rust. However, it is not known whether it can also act as a fungal propagating agent. The objective of this work was to verify if the passage of the uredospores through the digestive tract of *D. luteipes* makes germination unfeasible or if there is dispersion of uredospores and, thus, to elucidate this relation of mycophagy: mutualistic or antagonistic. Adults and nymphs of *D. luteipes* were exposed to *P. polysora* uredospores and suspensions from feces inoculated in corn plants to confirm the symptoms and quantify the number of pustules. *Doru luteipes* feeds on *P. polysora* uredospores and its passage through the digestive tract does not completely preclude its germination and can even, in small proportions, act as a dispersing agent for polysoral rust in the field.

Keywords: Southern rust. Earwig. Uredospores. Germination

1. INTRODUÇÃO

Análises moleculares revelaram que o intestino da tesourinha *Doru luteipes* (Scudder) (Dermaptera: Forficulidae) tem alta riqueza de simbioses (nove gêneros), plantas, fungos e bactérias não simbioses. Entre as espécies de fungos destacaram-se as das classes Streptophyta, Ascomycota e Basidiomycota (Paula *et al.* 2016) evidenciando a diversidade no hábito alimentar deste inseto.

Há evidências de que insetos da ordem Dermaptera se alimentam de estruturas fúngicas (Lawrence 1989; Hass 2012) e de que *D. luteipes* consome uredósporos de *P. polysora* (Ribeiro *et al.* 2015), o que a coloca como um potencial agente para controle biológico da ferrugem polissora em lavouras de milho.

A ferrugem polissora, causada pelo fungo *Puccinia polysora* Underwood (Pucciniaceae) (Dudenas *et al.* 2017) tem importância econômica em áreas tropicais e subtropicais (Raid *et al.* 1988, Agarwal *et al.* 2001). Os danos estão relacionados à redução de área foliar e vigor das plantas bem como a redução do peso dos grãos, além de senescência precoce e acamamento das plantas (Costa *et al.* 2015), podendo reduzir a produtividade em até 65% (Colombo *et al.* 2014).

Nas folhas há formação de pequenas pústulas de formato circular e de coloração marrom clara, predominantemente na face superior. A principal forma de dispersão dos uredósporos de *P. polysora* é pelo vento, sendo sua sobrevivência em campo dependente de hospedeiros vivos, pois se trata de um patógeno biotrófico (Dudenas *et al.* 2013).

Doru luteipes é tradicionalmente reconhecida como um fator chave de mortalidade de ovos e pequenas lagartas de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), a principal praga do milho e de outras culturas na América Neotropical (Reis *et al.* 1998; Sueldo *et al.* 2010).

Além disso, como *D. luteipes* se alimenta de uredósporos de *P. polysora* poderia também atuar como dispersor de propágulos fúngicos, caso o processo digestivo não inviabilize os uredósporos?

Até então o único relato de uma possível transmissão de *P. polysora* por insetos foi feito por Turner *et al.* (1974) com *Aphis dorsata* Fabr. (Hymenoptera: Apidae), após visitar plantas de milho com alta incidência de ferrugem nas folhas e colmos. Segundo os autores, essa espécie poderia contribuir para disseminação do fungo por meio de pólen contendo uredósporos de *P. polysora*, porém este relato não foi confirmado.

Chen *et al.* (2014) verificaram que a passagem do fungo *Lysuru smokusin* (L.) Fr. (Phallaceae) através do intestino de *Anisolabis marítima* (Bonelli) (Dermaptera: Anisolabididae), aumentou significativamente a taxa de germinação dos esporos e, que a dispersão via fezes pode ser um importante mecanismo de propagação de estruturas reprodutivas fúngicas.

Assim, investigar a relação de micofagia entre *D. luteipes* e *P. polysora*, é importante para, sobretudo, responder a dois questionamentos: *i)* os uredósporos de *P. polysora* são inviabilizados após passagem pelo trato intestinal de *D. luteipes*? *ii)* *D. luteipes* atua como agente dispersor ou regulador de *P. polysora*?

Este trabalho teve como objetivos determinar se os uredósporos de *P. polysora*, ingeridos pelos diferentes estágios de *D. luteipes* são inviabilizados durante o processo digestivo e definir o tipo de relação (antagônica ou mutualística) estabelecida entre *D. luteipes* e *P. polysora* em milho.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Obtenção e manutenção de *Doru luteipes* e *Puccinia polysora*

Doru luteipes

A criação de *D. luteipes* foi realizada no Laboratório de Controle Biológico (LCBIOL) no Departamento de Entomologia (DEN) da Universidade Federal de Lavras – UFLA utilizando-se gaiolas de acrílico revestidas com papel pardo, as quais foram mantidas em sala climatizada (27 ± 2 °C, 70 ± 10 % de UR e 12h de fotofase). Em cada gaiola foram adicionados dieta artificial acondicionada em formas de papel (3 cm), algodão umedecido, papel sanfonado e abrigo artificial constituído por canudos de polipropileno semitransparente com altura de 10cm e diâmetro de 8mm vedados em uma de suas extremidades com algodão.

A dieta artificial foi composta por 35% de ração de gato @MaxCat; 27% de farelo de trigo; 23% de levedo de cerveja; 14% de leite em pó; 0,5% de nipagin; 0,5% de ácido sórbico segundo (Cruz 2009), os quais foram homogeneizados em liquidificador. A manutenção da criação foi realizada semanalmente e os canudos contendo posturas, retirados e mantidos em potes de vidro (15 x 10 cm) contendo dieta para as fêmeas até a eclosão das ninfas. Posteriormente, as ninfas foram transferidas para recipientes plásticos (37 x 27 cm) contendo papel sanfonado, algodão umedecido e dieta artificial até se tornarem adultos e as fêmeas retornavam a criação.

Puccinia polysora

A obtenção dos uredósporos de *P. polysora* foi realizada no laboratório de Fitopatologia da Embrapa Milho e Sorgo localizado em Sete Lagoas, MG, utilizando-se a cultivar de milho BRS1010, considerada suscetível à ferrugem.

O inóculo inicial foi composto por uredósporos pertencentes à coleção de fungos do laboratório de Fitopatologia e previamente multiplicados em plantas em casa de vegetação. Para a multiplicação de uredósporos utilizou-se parte do inóculo inicial o qual foi diluído em solução surfactante Tween 80, mantido em erlenmeyer de 500 mL e submetido à agitação por meio de um agitador magnético durante 3 minutos para a quebra da massa de uredósporos. Após agitação, o inóculo foi adicionado em pulverizador manual de 500 mL e aplicado por meio de pulverização em plantas de milho com 15 dias após semeadura. As plantas foram

mantidas no interior de casa de vegetação em vasos de 5 Kg contendo terra e substrato comercial. Os primeiros sintomas da ferrugem foram observados na superfície das folhas após 15 a 20 dias da pulverização. Parte dos uredósporos foram coletados, acondicionados em tubos de microcentrifugação e mantidos em temperatura de 10 °C para utilização no bioensaio I e parte coletada juntamente com as folhas de milho para o bioensaio II.

O teor de nitrogênio dos recursos alimentares presentes na planta de milho foi realizado na Embrapa Milho e Sorgo utilizando 0,100 g de pólen de milho, de ovos de *S. frugiperda* e de uredósporos de *P. polysora* e, posterior análise pelo método de Dumas para nitrogênio total conforme AOAC (1995).

Utilizou-se um Analisador de Nitrogênio (marca Leco, modelo FP-528) para leitura das amostras liofilizadas e, posterior multiplicação dos resultados obtidos pelo fator 6,25 para a obtenção do teor de proteína bruta.

Em função da dificuldade de obtenção de uredósporos de *P. polysora* em grande quantidade somente foi possível realizar as análises do conteúdo de nitrogênio e proteína.

3. BIOENSAIOS

Os bioensaios foram conduzidos nos Laboratórios de Fitopatologia e Entomologia da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Milho e Sorgo em Sete Lagoas, MG.

Bioensaio I: Viabilidade e infectividade de uredósporos de *Puccinia polysora* excretados por *Doru luteipes*

A quantificação inicial dos uredósporos foi realizada adicionando 0,003 g de uredósporos em solução surfactante Tween 80 a qual foi contabilizada em câmara de Neubauer. Posteriormente, 1 mL da suspensão de uredósporos foi inoculada em placas de Petri contendo meio ágar-água para avaliação da germinação em meio artificial. A suspensão foi espalhada com o auxílio de uma alça drigalski e as placas foram mantidas em câmara de crescimento a 27 °C e luz contínua durante 24 horas. A avaliação da germinação foi realizada em microscópio óptico, 24 horas após a inoculação.

Visando determinar se os uredósporos de *P. polysora* ingeridos por *D. luteipes* são inviabilizados durante o processo digestivo, 40 ninfas de cada ínstar e adultos (machos e fêmeas) foram mantidos individualizados e em inanição por 48 horas em recipientes plásticos

(50 mL) contendo algodão umedecido. Após este período, os insetos foram transferidos para recipientes plásticos (500 mL), vedados com tecido *voile* contendo algodão umedecido e uredósporos de *P. polysora* dispostos em formas de papel (3 cm), para a alimentação *ad libitum* durante 24 horas.

Após o período de alimentação, os esporos não consumidos foram separados dos insetos e as fezes resultantes da alimentação de cada dez indivíduos (ninfas de cada ínstar e adultos) foram coletadas e pesadas, resultando em quatro repetições.

As fezes foram pesadas em balança de precisão analítica, maceradas com auxílio de um bastão de vidro e, posteriormente transferidas para tubo de ensaio contendo 9 mL de solução surfactante Tween 80 a qual foi agitada em agitador magnético durante três minutos a fim de separar e homogeneizar os uredósporos.

Das suspensões obtidas nas quatro repetições, três foram utilizadas para a inoculação das plantas de milho da cultivar BRS1010 e uma para quantificação de uredósporos em câmara de Newbauer e germinação em placa contendo meio ágar-água.

A inoculação da suspensão de uredósporos foi realizada por meio de pulverizador manual (500 mL) em plantas de milho BRS1010 em estágio V6, mantidas em vaso de 5 Kg.

Cada repetição foi composta por um vaso contendo três plantas, sendo os tratamentos assim constituídos: *i*) uredósporos que passaram pelo trato digestivo de ninfas e adultos de *D. luteipes*, *ii*) uredósporos que não passaram pelo trato digestivo de *D. luteipes* (controle positivo) e *iii*) água + Tween (controle negativo). A avaliação da sintomatologia da doença foi realizada 15 dias após inoculação dos uredósporos por meio da contagem do número de pústulas presentes na primeira e na segunda folha definitivas na parte superior de cada planta.

Bioensaio II: Viabilidade e infectividade de uredósporos de *Puccinia polysora* excretados por *Doru luteipes* diretamente em folhas de milho

Para obtenção de uredósporos, sete dias antes do confinamento das ninfas, doze plantas de milho BRS1010 em estágio V6 foram inoculadas com uredósporos de *P. polysora*, conforme metodologia descrita anteriormente.

Visando-se determinar se os uredósporos de *P. polysora* ingeridos por *D. luteipes* são inviabilizados durante o processo digestivo, 22 ninfas de quarto ínstar de *D. luteipes* provenientes na criação de manutenção do laboratório de Entomologia da Embrapa Milho e Sorgo e em inanição por 24 horas foram individualizadas em placas de Petri (90 x 15 mm) vedadas com filme plástico e algodão umedecido.

As duas primeiras folhas do milho contendo pústulas de *P. polysora* foram retiradas das plantas e acondicionadas em 22 placas de Petri contendo uma ninfa de *D. luteipes* e algodão umedecido. Posteriormente, a placa foi vedada com filme plástico.

Quarenta e oito horas após a exposição às folhas com uredósporos houve emergência dos insetos adultos, os quais foram liberados em plantas de milho BRS 1010 sadias em estágio V6, mantidas em casa de vegetação. Cada vaso (5 Kg) contendo uma planta de milho e um indivíduo de *D. luteipes* foi envolvido por um suporte de ferro e coberto com um saco de *voile* preso ao fundo com elástico.

O tratamento testemunha foi composto por 10 adultos de *D. luteipes* retirados diretamente da criação e liberados em 10 plantas de milho sadias. Quarenta e oito horas após a liberação foi realizada a verificação da presença de *D. luteipes* nas plantas, e posterior retirada da mesma. A avaliação da sintomatologia da doença foi realizada 15 dias após liberação das tesourinhas por meio da contabilização visual do número de pústulas por planta.

RESULTADOS

Bioensaio I

Foi possível comprovar que tanto as ninfas quanto os adultos de *D. luteipes* se alimentam e excretam uredósporos, reduzindo a quantidade de uredósporos/mL (Tabela 1).

Os uredósporos presentes nas fezes de ninfas a partir do segundo ínstar e adultos de *D. luteipes* inoculados em meio contendo ágar-água não germinaram. Porém, quando inoculados em plantas de milho sadias, foi possível constatar o desenvolvimento de pústulas características de *P. polysora*, indicando que o processo digestivo de *D. luteipes* não inviabilizou completamente os uredósporos (Tabela 1). Além disso, o inóculo oriundo das fezes de ninfas de segundo e terceiro instares produziram mais pústulas em relação às ninfas de quarto instar e adultos. Observou-se também que, depois de excretados por *D. luteipes* os uredósporos ficaram fragmentados.

Tabela 1. Número médio de uredósporos (\pm erro padrão) de *Puccinia polysora*/ mL e número médio de pústulas (\pm erro padrão) de *P. polysora* em plantas de milho da cultivar BRS1010 inoculadas com suspensão de uredósporos contidos nas fezes de ninfas e adultos de *Doru luteipes*.

Tratamentos	Uredósporos/mL Inicial	Uredósporos/mL nas fezes	Pústulas/ Planta
2º ínstar <i>D. luteipes</i>	$3,8 \times 10^4 \pm 0,08 \times 10^4$	$0,4 \times 10^4 \pm 0,5 \times 10^4$	$5,3 \pm 1,6$
3º ínstar <i>D. luteipes</i>	$3,8 \times 10^4 \pm 0,08 \times 10^4$	$0,9 \times 10^4 \pm 0,2 \times 10^4$	$8,0 \pm 1,0$
4º ínstar <i>D. luteipes</i>	$10,3 \times 10^4 \pm 0,2 \times 10^4$	$1,2 \times 10^4 \pm 5,6 \times 10^4$	$0,6 \pm 0,6$
Adultos <i>D. luteipes</i>	$10,3 \times 10^4 \pm 0,2 \times 10^4$	$1,3 \times 10^4 \pm 6,8 \times 10^4$	$0,6 \pm 0,3$
Controle positivo (uredósporos)	--	--	$7,6 \pm 4,8$
Controle negativo (água)			0

Bioensaio II

Após a exposição das ninfas de *D. luteipes* em folhas de milho contendo uredósporos de *P. polysora*, e posterior liberação em plantas sadias de milho, verificou-se o desenvolvimento de pústulas características da ferrugem polissora em 4,5% das plantas da cultivar BRS 1010. Nas plantas contendo *D. luteipes* provenientes da criação e, portanto, sem exposição aos uredósporos não houve formação de pústulas.

Não foi possível visualizar fezes de *D. luteipes* nas plantas de milho e apenas 13,6% dos indivíduos expostos aos uredósporos e 10% não expostos, respectivamente foram recuperados nas plantas após 48 h de liberação.

Em relação ao conteúdo de nitrogênio e proteína presentes nos recursos alimentares, verificaram-se valores similares para uredósporos de *P. polysora* e pólen de milho. Com relação aos ovos de *S. frugiperda*, tanto a porcentagem de nitrogênio quanto de proteína foram três vezes superiores aos encontrados para pólen e uredósporos (Tabela 2).

Tabela 2. Porcentagem de nitrogênio e proteína em ovos de *Spodoptera frugiperda*, pólen de milho e uredósporos de *Puccinia polysora*

Dieta	Nitrogênio (%)	Proteína (%)
Uredósporos <i>Puccinia polysora</i>	3,82	29,90
Ovos <i>Spodoptera frugiperda</i>	10,2	63,75
Pólen de milho	3,41	21,31

DISCUSSÃO

A manifestação dos sintomas característicos da ferrugem polissora em algumas plantas de milho, resultante do inóculo formado por uredósporos contidos nas fezes de *D. luteipes* indica que os mesmos não foram totalmente inviabilizados pelo processo digestivo. Dessa forma, embora o inseto se alimente dos uredósporos e reduza o número de estruturas fúngicas e pústulas é possível que ocorra dispersão do fungo por meio das fezes em condições de campo.

Ao passar pelo trato digestivo de *D. luteipes*, os uredósporos não foram completamente inviabilizados, mas em contrapartida não houve germinação e aumento na quantidade de uredósporos. As pústulas de *P. polysora* contêm nitrogênio e proteína, fato que as tornam atrativas e nutricionalmente importantes para predadores.

Os inóculos oriundos das fezes a partir do segundo ínstar e adulto de *D. luteipes* não germinaram em meio artificial. Tal dificuldade está relacionada com as necessidades específicas do patógeno e se utilizar de um inseto comum na cultura do milho para dispersão, pode ser uma vantagem adaptativa do fungo causador da ferrugem.

Insetos podem se beneficiar da alimentação de estruturas fúngicas sem realizar a dispersão do mesmo (Rech *et al.* 2012). Esse tipo de relação é caracterizado como antagonica e, portanto interessante sob o ponto de vista da possibilidade de redução dessas estruturas fúngicas, o que caracteriza o inseto como um agente de controle biológico. A joaninha *Psyllobora confluens* consegue completar seu ciclo de vida se alimentando do fungo *Erypheci choracearum* em folhas de quiabeiro conforme relatado por Cividanes *et al.*(2007) sendo portanto, agente de controle biológico deste fungo.

No caso de mutualismo, tanto o inseto quanto o fungo podem ser beneficiados como acontece com *A. maritima* que por meio de suas fezes atua como agente dispersor do fungo *L. mokisin* atraindo insetos saprófagos e outros agentes dispersores (Chen *et al.* 2014).

Ninfas de segundo e terceiro instares apresentaram maior potencial em disseminar a ferrugem do que insetos adultos e ninfas de quarto ínstar, o que pode estar relacionada ao tamanho e constituição do intestino de *D. luteipes*. Segundo Terra (1988), o sistema digestivo dos insetos pode sofrer variações morfológicas, funcionais e digestivas de assimilação de nutrientes nos mais diversos tipos de alimentos em função dos estágios de desenvolvimento.

As variações no trato intestinal estão relacionadas ao tipo de alimentação dos insetos (Terra 1990, Triplehorn & Johnson 2013) e como *D. luteipes* é um inseto onívoro (Haas *et al.*

2012) esta diversidade alimentar pode influenciar diretamente no desenvolvimento do sistema digestivo.

Apesar das ninfas apresentarem potencial na disseminação da ferrugem, elas possuem baixa mobilidade entre plantas na área. Por não possuírem asas e devido ao seu comportamento tigmotátil (Jarvis *et al.* 2004) e ao cuidado maternal da progenitora (Butnariu *et al.* 2013) tendem a permanecer agregadas próximo ao local onde eclodiram durante toda a duração do período ninfal (Reis *et al.* 1988), o que podem restringir a área de disseminação da doença.

Segundo Hass (2012), o voo dos dermápteros geralmente é usado para dispersão e para acesso a novas fontes de alimentos que são bastante variadas no milho (presas diversas, pólen e estruturas fúngicas). Assim, numa mesma planta de milho, *D. luteipes* convive com várias fontes alimentares sem a necessidade de dispersão e possivelmente a disseminação da doença entre as plantas.

Este inseto onívoro encontra e consome presas e estruturas fúngicas e, como observado neste trabalho apresentam potencial de disseminação da doença, o que precisa ser melhor explorado. Assim, os dados apresentados com relação ao papel de *D. luteipes* na disseminação da ferrugem são ainda preliminares e servirão de base para nortear trabalhos futuros. Estudos mais precisos sobre o funcionamento do sistema digestório de insetos onívoros, como *D. luteipes* são de extrema importância para definição de seu papel como agente de controle biológico de pragas e doenças na cultura do milho.

Sendo assim, este trabalho constitui o primeiro relato de disseminação de uredósporos de *P. polysora* por *D. luteipes*. Os dados embora preliminares, servirão de base para nortear trabalhos futuros.

CONCLUSÕES

Os uredósporos de *P. polysora* não são completamente inviabilizados após passagem pelo trato intestinal de *D. luteipes*.

Ninfas e adultos de *D. luteipes* podem atuar como dispersores de *P. polysora* apresentando uma relação de micofagia mutualística.

REFERÊNCIAS

- AOAC. Association Of Official Analytical Chemists. Official methods of analysis 16th ed. Washington: AOAC, 1995, 2000 p.
- Agarwal, P. C., R. K. Khetarpal, and M. M. Payak. 2001. *Polysora rust of maize* caused by *Puccinia polysora* and its spread in Karnataka. **The Indian Journal of Agricultural Sciences** 71, 275-276
- Butnariu, A.R., Pasini, A., Reis, F.S., Bessa, E., 2013. Maternal Care by the Earwig *Doru lineare* Eschs.(Dermaptera: Forficulidae). **J. Insect. Behav.** 26, 667–678.
- Chen G., Zhang RR., Liu Y, Sun WB., 2014. Spore dispersal of fetid *Lysyrus mokusinby* feces of mychophagous insects. **J Chen Ecol** 40 (8): 893-899.
- Cividanes, T.M.S.; Cividanes, F.J., Matos, B.A., 2007. Biologia de *Psyllobora confluens* alimentada com o fungo *Erysiphe cichoracearum*. **Pesq. agropec. bras.**,v. 42, n.12, p.1679
- Colombo, G.A., Vaz-de-Melo, A., Taubinger, M., Tavares, R.C., Silva, R.R., 2014. Análise dialética para resistência a ferrugem polissora em milho em diferentes níveis de adubação fosfatada. **Bragantia** 73, 65-71.
- Costa, R.V., Silva, D.D., Costa, L.V., 2015. Reação de cultivares de milho à ferrugem Polissora em casa de vegetação. **Circular Técnica 214**, Embrapa Milho e Sorgo.
- Cruz, I. 2009. Métodos de criação de agentes entomófagos de *Spodoptera frugiperda*, in: Bueno, V.H.P. (Ed) **Controle biológico de pragas: produção massal e controle de qualidade**. Lavras, Ed. UFLA, pp. 237-275.
- Dudienas, C., Duarte, A.P., Gallo, P.B., Dias de Sá, L.A, 2017. Severidade de *Puccinia polysora* Underw em milho no estado de São Paulo, na safra 2015/2016. **XI Congresso Paulista de Fitopatologia. Instituto agrônômico** – Campinas, SP. 7 a 9 fev.
- Dudienas, C., Fantin, G.M., Duarte, A.P., Ticelli, M., Bárbaro, I.M., Freitas, R.S., Leão, P.C.L., Cazentini Filho, G., Bolonhezi, D., Pântano, A.P. 2013. Severidade de ferrugem

polissora em cultivares de milho e seu efeito na produtividade. *Summa Phytopathologica* 39, 16-23.

Haas, F., 2012. Dermaptera. In: J.A. Rafael, G.A.R. Melo, C.J.B. Carvalho, S.A., Casari, and R. Constantino, eds. **Insetos do Brasil: diversidade e taxonomia**. Ribeirão preto: holos, pp. 297-305.

Jarvis, J.K., Haas, F., Whiting, M.F., 2004. A phylogeny of earwigs (Insecta: Dermaptera) based on molecular and morphological evidence: reconsidering the classification of Dermaptera. **Systematic Entomology** 30, 442-453.

Lawrence, J.F. 1989. Mycophagy in the Coleoptera: Feeding Strategies and Morphological Adaptations. *Insect-Fungus Interactions*, in: 14th Symposium of Royal Entomological Society London (ed. By Wilding, N.M. Collins, P.M. Hammond and J.F. Webber), Academic Press, London, pp. 1-23.

Paula, D.P., Linard, B., Crampton-Platt, A., Srivathsan, A., Timmermans, M.J.T.N., Sujii, E.R., Pires, C.S.S., Souza, L. M., Andow, D.A., Vogler, A.P., 2016. Uncovering Trophic Interactions in Arthropod Predators through DNA Shotgun-Sequencing of Gut Contents. **PLOS ONE** 11, 1-14.

Raid, R.N., Pennypacker, S.P., Stevenson, R.E., 1988. Characterization of *Puccinia polysora* epidemics in Pennsylvania *Phytopathology* 78, 579-585,

Rech, A.R., Brito, V.L.G. 2012. Mutualismos Extremos De Polinização: História Natural E Tendências Evolutivas. **Oecologia Australis** 16, 297-310

Reis, L.L., Oliveira, L.J., Cruz, I. 1988. Biologia e potencial de *Doru luteipes* no controle de *Spodoptera frugiperda*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 23, 333-342.

Ribeiro, A.C.G., Mendes, S.M., Dionisia, D., Marucci, R.C., Fonseca, M.F., Silva, R.L.L., Araújo, O.G., Gomes, S.X., 2015. O papel da micofagia para *Doru luteipes* (Scudder, 1876) (Dermaptera: Forficulidae). In: **Simpósio de Controle biológico**, Teresópolis, RJ.

SUELDO, M.R., O.A. BRUZZONE, AND E.G. VIRLA. Characterization of the earwig, *Doru lineare*, as a predator of larvae of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*: a functional response study. **Journal of Insect Science** 10:38, 2010.

Terra, W.R., 1988. Physiology and biochemistry of insect digestion: an evolutionary perspective. **Brazilian Journal of Medical Biology and Research** 21, 675-734.

Terra, W.R., 1990. Evolution of digestive systems of insects. **Annual Review of Entomology** 35, 181-200.

Triplehorn, C.A., Johnson, N.F., 2013. **Estudo dos Insetos**. São Paulo: Cengage Learning, p. 23-26.

Turner, G.J., 1974. Possible Transmission of *Puccinia Polysora* By Bees. Notes and Brief Articles Trans, Br. mycol. SOt.6Lt, 1.