



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

CLÁUDIA MARIA JUSTUS

**ASPECTOS BIOLÓGICOS DE *Spodopteraeridaniae* INJÚRIA
NAS VAGENS DE SOJABt:
BASES PARA A VALIDAÇÃO DO NÍVEL DE AÇÃO**

Londrina
2020

CLÁUDIA MARIA JUSTUS

**ASPECTOS BIOLÓGICOS DE *Spodopteraeridaniae* INJÚRIA
NAS VAGENS DE SOJA Bt:
BASES PARA A VALIDAÇÃO DO NÍVEL DE AÇÃO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de Doutora em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Amarildo Pasini
Coorientador: Dr. Adeney de Freitas Bueno

Londrina
2020

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

J96a Justus, Cláudia Maria.
Aspectos biológicos de Spodoptera eridania e injúria nas vagens de soja Bt : bases para a validação do nível de ação / Cláudia Maria Justus. - Londrina, 2020.
61 f. : il.

Orientador: Amarildo Pasini.
Coorientador: Adeney de Freitas Bueno.
Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2020.
Inclui bibliografia.

1. Soja - Tese. 2. Spodoptera eridania - Tese. 3. Pragas - Controle - Tese. I. Pasini, Amarildo . II. Bueno, Adeney de Freitas. III. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. IV. Título.

CDU 63

CLÁUDIA MARIA JUSTUS

**ASPECTOS BIOLÓGICOS DE *Spodoptera eridaniae* INJÚRIA NAS
VAGENS DE SOJA Bt:
BASES PARA A VALIDAÇÃO DO NÍVEL DE AÇÃO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de Doutora em Agronomia.

BANCA EXAMINADORA

Coorientador: Dr. Adeney de Freitas Bueno
Embrapa Soja

Prof. Dr. Mauricio Ursi Ventura
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Prof. Dr. Adriano Thibes Hoshino
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Profa. Dra. Silvana Vieira Paula-Moraes
Universidade da Florida - UF

Prof. Dr. Orcial Ceolin Bortolotto
Universidade Estadual de Ponta Grossa - UEPG

Londrina, 20 de novembro de 2020.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Amarildo Pasini, por ter aceitado me orientar neste trabalho, por sua constante orientação e incentivo e, sobretudo, por sua amizade, buscando proporcionar momentos de alegria em minha vida científica.

Ao Dr. Adeney de F. Bueno, excelente profissional, por ter me acolhido como coorientada, e por todas as discussões e sugestões nas reuniões de orientação ao longo do desenvolvimento deste trabalho.

À Profa. Dra. Silvana V. Paula-Moraes, por ter possibilitado desenvolver estudos e aprofundar meus conhecimentos na área de Entomologia, junto a Universidade da Florida (Jay, EUA).

À Profa. Dra. Gabriela V. Silva e ao Prof. Dr. Ciro H. Sumida, por participarem da minha banca de qualificação e pelas correções sugeridas.

Aos professores da pós-graduação e colegas do Departamento de Agronomia, que sempre me proporcionaram valiosos conhecimentos e opiniões.

A toda equipe de trabalho da Embrapa Soja: Ivanilda Soldorio, Adair V. Carneiro, Mari Estela Silva, Antônio L. Pavão, Nivaldo F. Euclides, e Elias C. de Souza, e aos estagiários, que gentilmente me ajudaram na criação das lagartas, cultivo e tratamentos culturais da soja e avaliações dos experimentos.

A Tatiane Lobak, Janaína Matsumoto, Eduardo Poloni, Júlio Almeida, Jaciara Gonçalves, e demais colegas, pelo auxílio na busca de informações, e pela compreensão, disposição e amizade.

Ao Davi C. Tramontina, e alunos do curso de graduação em Agronomia da UEL, pela colaboração e disponibilização de ajuda constante durante as atividades.

A Izailda B. dos Santos, Felipe L. Jacques, Marcelo M. Rabelo, e demais colegas da Universidade da Florida, por terem contribuído com seus ensinamentos e amizade.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao meu noivo, Rogério M. Marlier, pelo companheirismo e incentivo, dedicados ao longo desta etapa.

Gostaria de agradecer em especial, à minha família. Aos meus pais, Alceu Justus e Ivete N. N. Justus (*in memoriam*), por todo amor e carinho. E ao meu irmão, Alceu Justus Filho, por sua amizade, apoio, e amor incondicional, em todos os momentos.

JUSTUS, Cláudia Maria. **Aspectos biológicos de *Spodoptera eridaniae* injúria nas vagens de soja Bt:** bases para a validação do nível de ação. 2020. 61 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2020.

RESUMO

Nível de ação (NA) é o momento correto em que se deve realizar o controle dos insetos para evitar que sua população cause danos econômicos. Para insetos desfolhadores existem NAs consolidados com relação a desfolha. No entanto, há uma preocupação com ataques de lepidópteros que danificam a vagem, e não são espécies alvo da toxina Cry1Ac, presentes na soja Bt. Sendo assim, objetivou-se documentar o desenvolvimento de *Spodoptera eridaniae*, alimentando-se de tecidos vegetais de plantas de soja Bt e não Bt, em estádios reprodutivos, e determinar o impacto de injúrias artificiais de *Spodoptera* spp., nas estruturas reprodutivas (flores e vagens). Foram conduzidos experimentos de campo e laboratório, em Londrina, Paraná, Brasil, em três safras, de 2016 a 2019. Para alimentação de lagartas e avaliação de parâmetros biológicos, em laboratório [$25 \pm 2^\circ\text{C}$, umidade relativa (UR) de $70 \pm 10\%$ e fotoperíodo de 14/10h], cultivares foram semeados, semanalmente, em casa de vegetação. No primeiro bioensaio, 45 lagartas de 3º instar (15 lagartas por repetição), foram alimentadas diariamente com partes da planta de soja não-Bt (BRS 388 RR), sendo: folha; vagem; ou folha + vagem, nos estádios R3/R4, R5.1 e R5.5, para cada tratamento. No segundo, 60 lagartas recém-eclodidas (20 lagartas por repetição), receberam como alimento, estruturas vegetais de soja Bt (BRS 1001 IPRO), em R3/R4, as quais foram: folha; folha + vagem; vagem; folha + flor; folha + vagem + flor; vagem + flor; e dieta artificial. Os experimentos de campo foram em delineamento em blocos casualizados, comparando-se níveis de injúrias em estruturas reprodutivas da soja. O primeiro experimento, comparou seis níveis de injúria nas vagens (0, 5, 10, 15, 20 e 25%), e o segundo, em esquema fatorial, associou três níveis de desfolha (0, 7,5 e 15%) a quatro níveis de injúria nas vagens (0, 15, 20 e 25%), ambos com cultivar de soja não Bt (BRS 388 RR), em R4. No terceiro, foram testados quatro níveis de remoção de flores (0, 25, 50 e 100%), em cultivar de soja Bt (BRS 1001 IPRO), em R2. Verificou-se prolongamento do ciclo de desenvolvimento das lagartas alimentadas com vagem de soja não-Bt em R3/R4, e 100% de mortalidade dos insetos alimentados com vagem, em R5.1 e R5.5. Não houve diferença significativa da duração do ciclo de vida, porém, a sobrevivência de *S. eridaniae* foi mais afetada quando alimentada com vagem e vagem + flor (R3/R4), de soja Bt. *Spodoptera eridaniae* é preferencialmente um inseto desfolhador que, eventualmente, danifica vagens. As folhas são o alimento principal da praga, propiciando desenvolvimento mais rápido, além de maior sobrevivência das lagartas, em relação àquelas que tiveram vagens de soja Bt e não-Bt em sua dieta. Observou-se que, mesmo com as injúrias impostas, tanto em folhas e vagens da cultivar de soja não Bt, quanto em flores da cultivar de soja Bt, a soja apresentou produtividade de grãos similar à da testemunha. O nível de ação recomendado para controle de *Spodoptera* spp. em soja, deve ser de 30% de desfolha no período vegetativo, ou 15% de desfolha e/ou 25% de injúria nas vagens para a soja não-Bt (BRS 388 RR), em estádio R4, ou ainda, de 100% de remoção de flores para a soja Bt (BRS 1001 IPRO), em R2.

Palavras-chave: *Glycine max.* *Spodoptera* spp. Manejo integrado de pragas. Nível de ação. Nível de dano econômico. Soja Bt.

JUSTUS, Cláudia Maria. **Biological aspects of *Spodoptera eridania* and pods injury in Bt soybean:** bases for threshold validation. 2020. 61 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2020.

ABSTRACT

Threshold is the correct time to carry out insect control to prevent its population causing economic damage. For defoliating insects there are consolidated threshold regarding defoliation. However, there is a concern with attacks of lepidoptera that damage the pod, and are not target species of the toxin Cry1Ac, present in Bt soybeans. This study aimed to document the development of *Spodoptera eridania*, feeding on plant tissues of Bt and non-Bt soybean plants, in reproductive stages and to determine the artificial injuries impact of *Spodoptera* spp., in reproductive structures (flowers and pods). Laboratory and field experiments were carried out in Londrina, Paraná, Brazil, in three harvests, from 2016 to 2019. To feed caterpillars and evaluate biological parameters in the laboratory [$25 \pm 2^\circ\text{C}$, relative humidity (RH) $70 \pm 10\%$ and photoperiod of 14/10h], cultivars were sown weekly in a greenhouse. In the first bioassay, 45 caterpillars of 3rd instar (15 caterpillars each replication), were fed daily with parts of the non-Bt soy plant (BRS 388 RR), being: leaf; pod; or leaf + pod, in stages R3/R4, R5.1 and R5.5, for each treatment. In the second of them, 60 neonates caterpillars (20 caterpillars each replication) received plant structures of Bt soybean plant (BRS 1001 IPRO) as food, in R3/R4, which were: leaf; leaf + pod; pod; leaf + flower; leaf + pod + flower; pod + flower; and artificial diet. The field trials were in a randomized block design, comparing injury levels in soybean reproductive structures. The first trial compared 6 levels of pods injury (0, 5, 10, 15, 20 and 25%), and the second trial, in a factorial scheme, associated 3 defoliation levels (0, 7.5 and 15%) at 4 pods injury levels (0, 15, 20 and 25%), both with the cultivar BRS 388 RR, in R4. In the third trial, 4 levels of flower removal (0, 25, 50 and 100%) were evaluated in BRS 1001 IPRO soybean (R2). It was verified a longer life cycle of caterpillars fed with non-Bt soybean pods in R3/R4, and 100% mortality of insects fed with pods, in R5.1 and R5.5. In the second bioassay, there was no significant difference in the duration of the life cycle. However, the survival of *S. eridania* was more affected when fed with Bt soybean pod and pod + flower (R3/R4). *Spodoptera eridania* is preferably a defoliating insect that eventually damages pods. The leaves are the main food of the pest, providing faster development, in addition to greater survival of caterpillars, in relation to those that had Bt and non-Bt soybean pods in their diet. It was observed that, even with injuries caused both in leaves and pods of non-Bt soybean cultivar, as well as in flowers of Bt soybean cultivar, the soybean showed similar productivity of the control. The recommended economic threshold for controlling *Spodoptera* spp. in soybean must be 30% of defoliation in the vegetative stage, or 15% of defoliation and/or 25% of pods injury for the non-Bt soybean (BRS 388 RR) in R4 stage, or 100% of flower removal for the Bt soybean (BRS 1001 IPRO) in R2 stage.

Keywords: *Glycine max.* *Spodoptera* spp. Integrated Pest Management. Economic threshold. Economic injury level. Bt Soybean.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	09
2	REVISÃO DE LITERATURA	12
2.1	ASPECTOS ECONÔMICOS DA SOJA (GLYCINE MAX [L.]) NO BRASIL	12
2.2	O COMPLEXO SPODOPTERA SPP.....	12
2.2.1	Spodoptera Eridania (Stoll, 1782) (Lepidoptera: Noctuidae)	14
2.3	BIOLOGIA E COMPORTAMENTO DE LEPIDÓPTEROS	16
2.4	MANEJO INTEGRADO DE PRAGAS	17
2.4.1	Nível de Ação.....	19
2.4.2	Adoção da Soja Bt.....	20
3	ARTIGO A: ASPECTOS BIOLÓGICOS DE <i>Spodoptera eridania</i> (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) EM ESTRUTURAS REPRODUTIVAS DE SOJA	25
3.1	RESUMO	25
3.2	ABSTRACT.....	26
3.3	INTRODUÇÃO.....	27
3.4	MATERIAL E MÉTODOS	28
3.4.1	Bioensaio Com Soja Não-Bt (BRS 388 RR).....	29
3.4.2	Bioensaio Com Soja Bt (BRS 1001 IPRO).....	29
3.5	RESULTADOS.....	30
3.5.1	Bioensaio Com Soja Não-Bt (BRS 388 RR).....	30
3.5.2	Bioensaio Com Soja Bt (BRS 1001 IPRO).....	32
3.6	DISCUSSÃO.....	34
3.7	CONCLUSÃO	38
4	ARTIGO B: INJÚRIA ARTIFICIALDE <i>Spodoptera spp.</i> EM FLORES E VAGENS DE SOJA	39
4.1	RESUMO	39
4.2	ABSTRACT.....	40
4.3	INTRODUÇÃO.....	41
4.4	MATERIAL E MÉTODOS	42

4.4.1	Safra 2016/2017: Avaliação de Injúria Nas Vagens	43
4.4.2	Safra 2017/2018: Avaliação da Interação de Injúria Nas Vagens Com Desfolha.....	43
4.4.3	Safra 2018/2019: Avaliação de Injúria Nas Flores	44
4.4.4	Avaliações e Análise Estatística.....	44
4.5	RESULTADOS	45
4.5.1	Safra 2016/2017: Avaliação de Injúria Nas Vagens	45
4.5.2	Safra 2017/2018: Avaliação da Interação de Injúria Nas Vagens Com Desfolha.....	45
4.5.3	Safra 2018/2019: Avaliação de Injúria Nas Flores	45
4.6	DISCUSSÃO.....	50
4.7	CONCLUSÃO	53
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	54
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55

1 INTRODUÇÃO

Com uma produção mundial de 336,7 milhões de toneladas (CONAB, 2020), a soja, *Glycinemax*(L.)Merrill, é uma das culturas mais importantes economicamente em todo o globo terrestre, representando aproximadamente metade da produção total de óleos vegetais e proteínas (OERKE, 2006). No Brasil, este cultivo se mantém em crescimento, destacando-se como a principal cultura em quantidade de grãos produzidos. Com uma produção de 124,8 milhões de toneladas na safra 2019/2020, em aproximadamente 37 milhões de hectares, a produtividade média foi em 3.379 kg ha⁻¹ (CONAB, 2020).

Apesar de todo esse sucesso agrônomico e econômico, a soja enfrenta problemas fitossanitários que podem comprometer a sua produtividade e a qualidade de sua produção. Com relação às pragas, as lagartas do gênero *Spodoptera*(Guenée,1852), especialmente *Spodopteracosmioides* (Walker, 1858) e *Spodopteraeridania* (Stoll, 1782) (Lepidoptera: Noctuidae) merecem destaque, pois além de danificar as folhas, atacam diretamente as vagens da planta (SOZA-GÓMEZ et al., 2014). Estas espécies polípagas, antes consideradas pragas secundárias da soja, vêm aumentando em importância econômica (BUENO et al., 2011). Entre elas, a espécie *S. eridania*é uma das mais encontradas na América Central, América do Sul e Caribe (POGUE, 2002; CAPINERA, 2005) e tem mais de duzentas plantas hospedeiras (MONTEZANO et al., 2014). *Spodopteracosmioides* também é encontrada na América do Sul, com surtos em São Paulo, Paraná e Santa Catarina (HABIB et al., 1983; BAVARESCO et al., 2004; BUENO et al., 2018; CONTE et al., 2019). Além dessas espécies, nas últimas safras, *Spodopterafrugiperda*(J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae), até então, mais comum em milho, onde é conhecida como lagarta-do-cartucho do milho ou lagarta militar, vem ocorrendo com maior frequência, em lavouras de soja (CONTE et al., 2018).

Devido à adoção intensa de soja transgênicana safra 2019/2020 (CONTE et al., 2020), que expressa a toxina Cry1Acda bactéria *Bacillusthuriensis*, porém não tem como espécie alvo grupo de lagartas do gênero *Spodoptera*, surtos populacionais tornaram-se mais frequentes (BERNARDI et al., 2014). O uso da soja Bt, tem uma eficácia de controle sobre as principais lagartas da soja, incluindo *Chrysodeixisincludens* (Walker 1858) (Lepidoptera: Noctuidae) e *Anticarsia gemmatalis* (Hubner 1818) (Lepidoptera: Eribidae), o que resultou em uma redução no uso de inseticidas para o controle de outros lepidópteros (BERNARDI et al., 2012). Com a redução do uso de inseticidas e a ausência de controle de Cry1Ac sobre *Spodoptera* spp., repetidos surtos populacionais dessas lagartas se tornaram problemas para a soja, as quais podem ser encontradas desde o início do estágio vegetativo, sendo mais usuais

no estágio reprodutivo (BUENO et al., 2018). O grupo *Spodoptera*spp. produz gerações consecutivas ao longo do ano, pelo contínuo cultivo de plantas hospedeiras e consequente oferta de alimento. Contudo, a preferência alimentar destas espécies está diretamente relacionada à qualidade nutricional de seus hospedeiros (SILVA et al., 2017).

No Cerrado brasileiro, o desenvolvimento e a permanência de *S. eridania* no sistema de rotação, envolvendo as culturas de algodão e soja é favorecido pela presença de plantas invasoras, como a corda-de-viola, *Ipomoea*spp. (Família: Convolvulaceae), que ocorre na maioria das áreas, e permanece vegetando por um período maior que as plantas cultivadas (SANTOS et al. 2005). No algodoeiro, as lagartas pertencentes ao gênero *Spodoptera* cortam as plantas jovens na base do caule, ocasionando perda de estande, causam desfolhamento, além de perfurarem os botões florais, flores e maçãs, podendo ser considerada praga com grande potencial de dano (SANTOS et al., 2010). Na soja, *Spodoptera* spp. em sua fase larval, podem igualmente cortar plantas jovens rente ao solo, reduzindo o estande, ou então, na fase reprodutiva, causar injúria à vagem, juntamente com folhas e outras partes da planta (PANIZZI; BUENO; SILVA, 2012). Entretanto, o potencial de injúria de *Spodoptera* spp. nas flores e vagens da soja ainda demanda ser estudado.

Entre as estratégias preconizadas para o controle destes insetos, está o Manejo Integrado de Pragas (MIP), o qual objetiva integrar várias estratégias, com um uso racional de inseticidas, baseado em níveis de ação (BUENO et al., 2013). Os princípios que regem o MIP se baseiam na avaliação do agroecossistema, tomada de decisão e adoção de medidas para o manejo de pragas, apenas quando necessário (PEDIGO; RICE, 2009). No estabelecimento de um programa de MIP de lepidópteros-pragas, é necessária uma sequência de etapas, destacando-se o conhecimento detalhado da biologia da espécie praga, assim como, do seu potencial de injúria.

É importante destacar que as estratégias de MIP baseiam-se na premissa de que não são todas as espécies de insetos que necessitam de controle e, que alguns níveis de infestação e injúria são toleráveis pelas plantas, sem ocorrer redução econômica da produção (HIGLEY; PETERSON, 1996). Nesse contexto, Stern et al. (1959) definiram que a menor população de pragas que pode causar danos às plantas é denominada como Nível de Dano Econômico (NDE). Entretanto, para evitar que esse NDE seja atingido e, conseqüentemente, que o produtor tenha redução na produção da cultura, a decisão de adotar ou não medidas de manejo da população de pragas deve ser realizada, na prática, sempre com uma margem de segurança, em relação ao NDE. Esse nível de segurança, que deve ser abaixo do NDE, é conhecido como Nível de Ação (NA) e representa o momento economicamente correto para

que uma estratégia de manejo seja iniciada, e assim, evita que a população de insetos cresça e ultrapasse o NDE (PEDIGO et al., 1986; PROKOPY; KOGAN, 2003).

Para percevejos nas culturas de soja e milho, existem NAs estabelecidos e consolidados em relação ao controle químico destas pragas (BUENO et al., 2015; GOMES et al., 2020). Do mesmo modo, os NAs recomendados para as espécies desfolhadoras da soja apresentam confiabilidade quanto à percentagem de desfolha das plantas, sem redução significativa de produtividade (BATISTELA et al., 2012). Entretanto, os NAs para *Spodoptera* spp., considerando sua capacidade de danificar diretamente as flores e/ou as vagens, ainda demandam de estudos. Vale ressaltar que há uma preocupação crescente com ataques de *Spodoptera* spp., pois este grupo de lagartas não é suscetível à proteína Cry1Ac, expressa na soja Bt (BERNARDI et al., 2014), podendo acarretar um possível aumento do uso de inseticidas para seu controle.

Portanto, esse trabalho tem como objetivos documentar o desenvolvimento de *S. eridania*, alimentando-se de tecidos vegetais da planta de soja Bt e não-Bt, em estádios reprodutivos, e determinar o impacto da injúria em plantas de soja, em um estudo de injúria artificial de *Spodoptera* spp. em estruturas reprodutivas (flores e vagens). Desta forma, este estudo poderá contribuir para subsidiar as tomadas de decisões, baseadas nos fundamentos ecológicos do MIP, muitas vezes negligenciado na rotina de manejo da cultura.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 ASPECTOS ECONÔMICOS DA SOJA (*GLYCINEMAX* [L.MERRILL]) NO BRASIL

A soja constitui-se uma espécie de grande interesse sócio econômico, em função dos teores elevados de proteína, da produtividade de grãos e da possibilidade de adaptação a ambientes diversos (XU et al., 1989). No Brasil, este cultivo se mantém em crescimento, destacando-se como a principal cultura em quantidade de grãos produzidos, o que tornou o Brasil o maior produtor mundial de soja, com 124,8 milhões de toneladas na safra 2019/2020, em uma área de aproximadamente 37 milhões de hectares, com produtividade média de 3.379 kg ha⁻¹ (CONAB, 2020).

Essa produtividade frequentemente é diminuída por ataques de insetos-pragas, podendo causar perdas médias de produção de 3 a 16% da soja mundial (OERKE, 2006). No Brasil, são utilizadas aproximadamente 83,66 milhões de toneladas de inseticidas químicos para controlar pragas, as quais são responsáveis por cerca de 5% de perdas da produção agrícola anual de soja no país (OLIVEIRA et al., 2014).

Com a globalização da economia, estão ocorrendo inúmeras mudanças na agricultura, sendo muitas delas ligadas às estratégias de manejo de pragas, uma vez que o gasto com tais ações, principalmente com a utilização de inseticidas, tem onerado o custo de produção, sem muitas vezes apresentar resultados positivos do controle (CORRÊA-FERREIRA et al., 2010), o que tem deixado o produto brasileiro menos competitivo em relação a outros países.

No início da década de 70, antes da adoção do MIP, eram realizadas, em média, seis aplicações de inseticidas por ciclo da soja, utilizando-se produtos de largo espectro de ação (GAZZONI, 1994). Com a criação dos programas de MIP-Soja pela Embrapa Soja, em 1975, em conjunto com outras instituições parceiras, foram então, estabelecidos os níveis de ação para as principais pragas desfolhadoras da soja, com recomendação de controle com inseticidas químicos somente no momento adequado, quando a população de pragas estivesse igual ou acima do nível de ação, reduzindo o uso destes produtos para aproximadamente duas aplicações por ciclo (BUENO et al., 2010).

2.2 O COMPLEXO *SPODOPTERASPP.*

As 16 espécies mais comuns do gênero *Spodoptera* possuem em sua maioria, asas anteriores com coloração variando de tons de cinza a marrom, com envergadura de 8 a 22 mm e as asas posteriores com coloração branca ou translúcida (POGUE, 2002). A taxonomia é

dificultada pelo dimorfismo sexual e, semelhanças interespecíficas nos padrões de coloração, favorecendo a existência de vários nomes comuns para a mesma espécie (POOLE, 1989; POGUE, 2002).

O gênero *Spodoptera* é composto por várias espécies, conhecidas por serem pragas agrícolas, com alto grau de polifagia, causando danos em várias culturas (POGUE, 2002; SANTOS et al., 2010; SILVA et al., 2017). Sua ocorrência tem ampla distribuição no mundo e 50% das espécies descritas são consideradas pragas de diversos cultivos agrícolas. A importância econômica desses insetos vem crescendo em culturas como soja, algodão e milho (FIGUEIREDO et al., 2006; BUENO et al., 2010; SANTOS et al., 2010; BUENO et al., 2018). Alguns autores atribuem esses surtos da praga, em algumas regiões, à aplicação excessiva de inseticidas químicos de amplo espectro, que eliminam inimigos naturais, os quais mantinham a população da praga em equilíbrio (HABIB; PALEARI; AMARAL, 1983; BAVARESCO et al., 2003).

Por outro lado, antes da adoção da soja Bt, a ocorrência de *Spodoptera* spp. era esporádica em soja, possivelmente em decorrência das aplicações de inseticidas feitas para controle da lagarta-da-soja (*Anticarsia gemmatalis*) ou lagarta-falsa-medideira (*Chrysodeixis includens*), que comumente, controlavam esse grupo de lagartas. Com a adoção da soja Bt, e a ausência dessas pulverizações, a frequência dessas espécies aumentou na cultura. Além disso, áreas cultivadas durante o ano todo podem fornecer condições satisfatórias de alimento para a sobrevivência desses insetos (PANIZZI, 1997; CHOCOROSQUI, 2008). Nos agroecossistemas, mesmo as plantas invasoras são utilizadas por algumas pragas como hospedeiros secundários e/ou temporários, na ausência dos principais. No final do ciclo das culturas, muitos insetos abandonam os campos cultivados, dirigindo-se aos locais constituídos por plantas silvestres, ou para culturas diferentes de seu hábito alimentar, utilizando-as como refúgio e locais de alimentação, como ocorre para espécies pertencentes ao gênero *Spodoptera* spp. (SANTOS et al., 2005).

Dentre as espécies de *Spodoptera*, Gazzoni e Yorinori (1995) relatam que *S. cosmioide* e *S. eridania* (Lepidoptera: Noctuidae), formam o principal grupo de lagartas que atacam as vagens de soja, apresentando maior risco no início da fase reprodutiva, pois além de danificar os grãos, podem permitir a entrada de microrganismos nos mesmos. Além de *S. cosmioide* e *S. eridania*, nas últimas safras, *S. frugiperda* tem ocorrido com maior frequência em soja (CONTE et al., 2018).

Entretanto, *Spodoptera* spp., devido sua capacidade de atacar flores e vagens, vem preocupando os sojicultores, induzindo-os à aplicação de inseticidas para controle de

populações de lagartas, relativamente baixas em campo, sendo encontradas de 2 a 5 lagartas/metro (BUENO et al., 2018). Neste cenário, é de interesse teórico e prático, os estudos básicos de biologia para avaliar o potencial da lagarta em injuriar a planta, assim como, a determinação do impacto da injúria dessas espécies nas flores e vagens de soja, visando à validação dos níveis de ação para esse grupo de pragas.

2.2.1 *Spodoptera eridania*

Spodoptera eridania é um inseto desfolhador polífago, também conhecido como lagarta-das-folhas ou lagarta-das-vagens. Embora fosse considerada como praga secundária no passado, nos últimos anos tem acarretado prejuízos significativos em diversos cultivos agrícolas de importância econômica, tais como: algodão (SANTOS; MENEGUIM; NEVES, 2005; SANTOS et al., 2010, MIRANDA, 2010), e soja (SOSA-GÓMEZ et al. 1993; BUENO et al., 2011; SILVA et al., 2017; BUENO et al., 2018). Esta espécie é endêmica das Américas, podendo ser encontrada na América Central, América do Sul e Caribe (POGUE, 2002; CAPINERA, 2005). Ocorre em mais de duzentas plantas hospedeiras, pertencentes a 58 famílias (MONTEZANO et al., 2014) e, recentemente, foi descoberta como praga invasora da África, sendo adicionada na lista de pragas globais (GOERGEN, 2018; TAY & GORDON, 2019).

As lagartas de *S. eridania* podem medir 50 mm de comprimento. Apresentam cor inicialmente verde (Figura 1A), e depois se tornam cinza (Figura 1B). Nas linhas laterais existe uma mancha escura que interrompe a listra clara no terceiro segmento do abdômen (MOREIRA; ARAGÃO, 2009). As pupas se desenvolvem no solo, apresentando coloração marrom, e são geralmente encontradas a poucos centímetros de profundidade (SANTOS et al., 2005).



Figura 1. *Spodoptera eridania*: estágio inicial (A) e final (B).

As mariposas possuem cor cinza, com uma mancha preta no primeiro par de asas, com cerca de 40 mm de envergadura, e asas posteriores de coloração esbranquiçada (MOREIRA; ARAGÃO, 2009). A fecundidade desses adultos está correlacionada positivamente com o peso de pupa (SPECHT et al., 2016). As mariposas ovipositam em grandes quantidades nas folhas, cobrindo as massas de ovos com pelos e escamas da mariposa. A eclosão das lagartas ocorre após quatro a seis dias da oviposição. Na fase larval, o inseto possui três pares de pernas torácicas, quatro pares de pseudópodos abdominais e um par de pseudópodos na região anal (SANTOS et al., 2005).

A duração do seu ciclo pode variar em função do hospedeiro utilizado (SILVA et al., 2017). Lagartas desenvolvidas em folhas de batata doce (*Ipomoea batatas*) e bracatinga (*Mimosa scabrella*) apresentaram duração do estágio larval de 18,1 e 32,0 dias, respectivamente (MATTANA; FOERSTER, 1988). Lagartas alimentadas com algodão (*Gossypium* L.), corda-de-viola (*Ipomoeagrandidifolia*), e soja (*Glycinemax*), tiveram duração média do período larval de 15,9; 15,7 e 18,3 dias respectivamente (SANTOS; MENEGUIM; NEVES, 2005). Em diferentes cultivares de soja convencionais com ciclo médio, Favettiet al. (2015) observaram um prolongamento no período larval de *S. eridania*, podendo atingir até sete instares.

Na região dos cerrados brasileiros, essas lagartas começaram a migrar das plantas de soja, em final de ciclo, para plantas daninhas, como corda-de-viola (*Ipomoeagrandidifolia*), permanecendo neste hospedeiro até seu deslocamento para outras culturas, onde ocasionam danos (SANTOS et al., 2005). Assim como a presença de algumas plantas na área podem funcionar como ponte verde, e favorecer o crescimento populacional da praga, outras plantas podem afetar negativamente o desenvolvimento do inseto. Neste caso, culturas de entressafra, como milho (*Zeamays*), crotalária (*Crotalariajuncea*) e milheto (*Pennisetumamericanum*), por interferirem negativamente no desenvolvimento e sobrevivência de *S. eridania*, podem ser indicadas em um plano de manejo deste inseto (FAVETTI et al., 2015).

Por apresentar um aumento em seus níveis de infestação, além de seu alto potencial destrutivo, verifica-se a necessidade de se tomar alguns cuidados no manejo desta praga, pois sabe-se que este inseto desfolhador não é alvo direto das cultivares de soja Bt(BERNARDI et al., 2014), podendo até mesmo, mostrar efeito de hormese como resposta à toxina Cry1Ac (RABELO et al., 2020). Hormese é uma resposta bifásica, onde ocorre um efeito estimulatório quando um organismo é exposto a compostos tóxicos em baixas concentrações, ou efeito inibitório, quando exposto em altas concentrações. Rabelo et al. (2020), verificaram

baixa suscetibilidade de *S. eridania* à toxina Cry1Ac, a qual pode estimular seu crescimento larval em concentrações subletais.

O controle de *S. eridania* é usualmente através de inseticidas químicos, o que pode reduzir o valor agregado da soja Bt, previamente idealizada para diminuir o número de aplicações no controle de lagartas, além de aumentar os custos de manejo em geral. Os inseticidas mais utilizados são aqueles dos grupos dos piretroides, carbamatos e organofosforados, entretanto, casos de resistência a alguns destes grupos químicos têm sido comprovados para *S. frugiperda* (OMOTO, 2001; BOLZAN et al., 2019).

2.3 BIOLOGIA E COMPORTAMENTO DE LEPIDÓPTEROS

O desenvolvimento de uma espécie de inseto pode ser afetado pela quantidade e qualidade dos alimentos consumidos, os quais podem interferir em seus parâmetros biológicos e fisiológicos (PANIZZI; PARRA, 1991; GOLIZADEH et al., 2009; FAVETTI et al., 2015). A performance de lagartas, durante a alimentação, ainda pode ser afetada pela arquitetura, tamanho e morfologia das plantas e de suas estruturas (PERKINS et al., 2010).

Segundo Lincoln (1993), o teor de carboidratos e proteínas pode variar em função do estágio fenológico das plantas, sugerindo que as folhas mais velhas são mais ricas em carboidratos e pobres em proteínas, ao passo que as mais novas são constituídas por tecidos mais ricos em proteínas. Os insetos alimentados com plantas de baixo valor nutricional podem aumentar a duração do período de alimentação ou o consumo de tecidos vegetais, como uma estratégia de compensação (BEHMER, 2009).

De acordo com Slansky e Rodrigues (1987), a fonte alimentar também interfere no comportamento e fisiologia do inseto. Segundo Matthews e Matthews (1978), a eficiência no aproveitamento do alimento depende dos tipos de comportamento manifestados pelo inseto, como a localização de fontes hospedeiras, reconhecimento e aceitação de alimentos adequados pelas fêmeas, entre outros.

É importante ressaltar que o hospedeiro exerce grande influência sobre o desenvolvimento dos insetos, podendo alterar assim, sua dinâmica populacional (BOREGAS et al., 2013; SILVA et al., 2016; SILVA et al., 2017). Conhecer essas informações pode permitir a prevenção de surtos ou desequilíbrios futuros nas populações de pragas, diminuindo seu impacto no rendimento da soja, e possibilitando o delineamento de uma melhor estratégia de manejo (PANIZZI; PARRA, 1991). Por exemplo, a utilização de cultivares resistentes, bem como, a resistência induzida, com a utilização de plantas não preferenciais ou não hospedeiras, pode afetar negativamente a biologia dos insetos (PANIZZI; PARRA, 2009).

Outro exemplo de como os fatores comportamentais de uma praga pode subsidiar recomendações para o seu manejo são os estudos de campo e laboratório realizados por Paula-Moraes et al. (2012), descrevendo o comportamento de *Striacostaalbicosta* (Smith, 1888) (Lepidoptera: Noctuidae) em plantas de milho. Os efeitos da alimentação, em diferentes tecidos da planta de milho, na sobrevivência e desenvolvimento larval, demonstraram que o deslocamento de *S. albicosta* pode estar relacionado a um comportamento alimentar misto, seguindo uma sequência de alimentação nas diferentes partes da planta, independentemente de seu estágio fenológico. Neste estudo, o comportamento de lagartas neonatas foi observado, com movimentação para a parte superior da planta, indicando aspectos importantes a serem considerados na amostragem da praga e uso de inseticidas. No mesmo estudo, o registro das taxas de sobrevivência larval foi atribuída ao comportamento neste estágio, que apresenta um hábito alimentar em diversos tecidos vegetativos e reprodutivos do milho, particularmente na fase inicial de seu desenvolvimento, ficando expostas aos fatores de mortalidade bióticos e abióticos.

O comportamento larval também pode ser explicado pelo valor nutritivo de tecidos vegetativos e reprodutivos das plantas. Ensaio em casa de vegetação demonstraram que o baixo valor nutritivo das folhas mais velhas de ervilha, pelo conteúdo de água e nitrogênio foliar, além da dureza da cutícula, foi a possível razão do maior distanciamento de larvas de primeiro instar de *Helicoverpaarmigera* (Hubner, 1805) (Lepidoptera: Noctuidae) das regiões inferiores das plantas (PERKINS et al., 2010).

Estudos de Silva et al. (2016) demonstraram que os aspectos biológicos de *S. eridania* e *S. cosmioides*, avaliados em soja Bt, foram pouco afetados pelo consumo de toxina Cry1Ac, uma vez que não houve efeito negativo da soja Bt no desenvolvimento das lagartas alimentadas com folhas dessa planta. Para *S. eridania*, observou-se a redução de dois dias na fase larval, apresentando potencial para se tornar praga na cultivar avaliada.

Dessa forma, o entendimento sobre o desenvolvimento larval nas plantas de soja, nos estágios iniciais de *Spodoptera* spp., é primordial para se compreender aspectos de sobrevivência dessas espécies, e como as mesmas se estabelecem na planta, especialmente em cultivos de soja Bt, que podem, ou não, vir a demandar a adoção de novas estratégias para o controle de lagartas.

2.4 MANEJO INTEGRADO DE PRAGAS

O monitoramento da presença de pragas e inimigos naturais nos cultivos, utilizando-se, quando necessário, inseticidas químicos seletivos ou baixas doses de inseticidas

de largo espectro, serviu como uma plataforma para organizar a base conceitual do “controle integrado” que entomologistas da Califórnia articularam na década de 1950. No caso da soja, entre os principais mentores conceituais, que formularam e implementaram os programas pioneiros nos Estados Unidos da América, destacam-se Marcos Kogan (KOGAN, 1976), Samuel Turnipseed (TURNPIPSEED; KOGAN, 1977) e Larry Pedigo (PEDIGO, 1986), sendo estes programas, mais tarde, estimulados em outros países, como no Brasil.

No Brasil, o programa de MIP é utilizado em culturas de importância econômica, como a soja, o que implica no uso racional e correto de inseticidas e a consequente redução do custo total da cultura e efeitos adversos da utilização de químicos no meio ambiente (TECNOLOGIAS..., 2013). Entretanto, após um pico de adoção na década de 1980, observa-se um retrocesso ao longo da década de 1990, devido a mudanças que aconteceram no cenário agrícola, como por exemplo, as alterações na dinâmica de muitos insetos-pragas. Isso levou os produtores de soja a abandonarem práticas de MIP comumente adotadas, intensificando o uso de inseticidas de forma abusiva e errônea (BUENO et al., 2010; BUENO et al., 2020).

Com o uso de práticas não sustentáveis de manejo, o número de aplicações de inseticidas na soja cresceu, com médias entre quatro a seis aplicações (BUENO et al., 2012; BUENO et al., 2020). Essa situação foi agravada pelo uso de misturas de produtos e doses mais elevadas dos inseticidas empregados para o controle das principais pragas (CORRÊA-FERREIRA et al., 2010).

No manejo adequado de uma cultura agrícola é fundamental a adoção de estratégias de controle de pragas, dentro do contexto do MIP. O MIP baseia-se na premissa de que alguns níveis de injúria são toleráveis pelas plantas, sem redução econômica da produção final (HIGLEY; PETERSON, 1996). A decisão de controlar ou não a população de pragas deve ser realizada somente quando a população de pragas atingir ou ultrapassar, o nível de ação, que representa o momento economicamente correto para que uma medida de controle seja iniciada (PEDIGO et al., 1986). Além disso, o MIP visa integrar várias táticas de manejo, e não apenas o controle exclusivamente com inseticidas (KOGAN, 1998). Assim, o sucesso deste programa depende que outras medidas, além do controle químico, façam parte do sistema produtivo, como por exemplo, o controle biológico, entre outras estratégias de manejo de pragas.

Recentemente, a implementação do MIP na cultura da soja, através de ações conduzidas em Unidades de Referência (UR's), localizadas em diferentes regiões produtoras de soja do Estado do Paraná, reduziu o uso de inseticidas pela metade (2,3 sacas de soja/ha gastos a menos com o controle de pragas), mostrando, nas últimas cinco safras, produtividade igual à de lavouras que aplicaram mais inseticidas (CONTE et al., 2019). Além dessa diminuição na

frequência de uso, passou-se a utilizar produtos mais seletivos, com maior critério, baseando-se no monitoramento periódico da população de insetos (HOFFMANN-CAMPO et al., 2012; CONTE et al., 2019). Dessa forma, o uso racional de inseticidas, reduz também o ataque de pragas que eram consideradas secundárias, como o das espécies pertencentes ao gênero *Spodoptera*. (CORRÊA-FERREIRA et al., 2010).

2.4.1 Nível de Ação

Um dos princípios do MIP é a adoção de determinado método de controle de insetos somente a partir do momento em que a população de pragas atinja o nível de ação. É necessário compreender que nem todo inseto fitófago que se alimenta da planta causa prejuízo. De acordo com Higley e Peterson (1996), injúria é caracterizada como um estímulo que causa uma mudança anormal em algum processo fisiológico, enquanto dano é uma redução mensurável no crescimento, desenvolvimento ou reprodução na planta, causada por uma injúria. Portanto, nem todo inseto que se alimenta da planta (causando uma injúria) deve ser tratado como uma praga que causa um dano econômico e, portanto, mereça controle. Vale ressaltar que a soja tolera algumas injúrias em campo, sem a perda de produtividade e, conseqüentemente, sem necessidade de uma intervenção para controle (HIGLEY; PETERSON, 1996). Segundo Turnipseed (1972), uma pequena perda foliar pode ser compensada pela maior penetração da luz nas folhas mais inferiores, que estavam previamente sombreadas, ocasionando o aumento da fotossíntese total na planta, e assim, permitindo uma produção de grão similar ou levemente maior do que em plantas sem ocorrência de desfolha.

Tendo em vista que injúrias de insetos desfolhadores são toleráveis pela planta de soja, sem reduzir economicamente sua produção final, a aplicação dos inseticidas só se justifica quando a população de pragas for igual ou superior aos níveis de ação recomendados pela pesquisa, o qual pode ser ligeiramente diferente nos países produtores de soja. No Brasil, a desfolha tolerada antes do uso de inseticidas é 30% no estágio vegetativo, ou 15% durante a fase reprodutiva (BATISTELA et al., 2012; BUENO et al., 2013). Nos Estados Unidos, esse mesmo NA pode variar em diferentes estados. Por exemplo, na Geórgia, os NAs para desfolhadores são os mesmos usados no Brasil. Diferentemente, em Ohio, o inseticida é aplicado apenas quando a desfolha excede 40% antes do florescimento, 15% do florescimento ao enchimento das vagens, ou 25% após o enchimento das vagens, até o amarelecimento da planta (HAMMOND et al., 2014). Em contraste, o controle químico é recomendado quando a desfolha de 35% é atingida durante a fase vegetativa, e 20%, durante as fases reprodutivas no Mississippi (ANDREWS et al., 2009).

Neste contexto, existe uma grande preocupação e insegurança por parte dos sojicultores em esperar que as infestações atinjam este nível para iniciar o controle, o que estimula o uso abusivo de agrotóxicos (BUENO et al., 2010; BUENO et al., 2020). Na prática, tem se observado um aumento no uso profilático de inseticidas, contudo a adoção desta medida não resulta em maior produtividade no campo, mas sim, em maior quantidade de aplicações, podendo prejudicar a sustentabilidade da soja (BUENO et al., 2011). Vale ressaltar que a soja apresenta alta tolerância a desfolha no estágio vegetativo, pois a perda de folha nesse período de crescimento causa pouco efeito na produtividade, principalmente porque as plantas possuem boa capacidade de recuperação, produzindo uma grande quantidade de folhas novas (BOARD et al., 2004). Além disso, a maior produtividade da cultura está associada ao maior índice de área foliar no estágio de desenvolvimento R5, fase em que ocorre o enchimento dos grãos (KUMUNDINI et al., 2001).

É importante salientar que, assim como ocorre com a desfolha ou outra injúria, a planta de soja também pode tolerar algum ataque nas vagens, provocado por lagartas do gênero *Spodoptera* spp., sem reduzir sua produtividade (BUENO et al., 2018). Por esta razão, são necessários estudos que determinem o impacto dessas injúrias nas estruturas reprodutivas da soja (flores e vagens), visando validar os níveis de ação de pragas nesses tecidos, e assim, evitar excessos de inseticidas, os quais podem aumentar os custos com o manejo destas espécies.

2.4.2 ADOÇÃO DA SOJA BT

Uma das práticas integrantes do MIP é o uso de variedades de soja transgênicas, que expressam a toxina Cry1Ac, comumente chamadas de soja Bt. A comercialização desta tecnologia no Brasil teve início na safra 2013/2014, e desde a safra 2016/2017, é predominante na maior parte das áreas cultivadas. Com percentuais de adoção variando de 60% no Rio Grande do Sul, até 92% no Piauí, cerca de 74% da soja cultivada no país, na safra 2019/2020, empregou essa tecnologia. Na safra 2013/2014, eram realizadas de três a quatro aplicações de inseticidas em cultivos de soja não-Bt, recomendadas para o controle das pragas, *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae) e *Anticarsia gemmatalis* (Lepidoptera: Eribidae). Com adoção de cultivares de soja Bt, não se realiza aplicações de inseticidas para o controle destas pragas. Entretanto, é importante destacar que as cultivares de soja Bt, disponíveis no mercado atualmente, não controlam as lagartas *S. eridania* e *S. cosmiodes* (BERNARDI et al., 2014; BUENO et al., 2018). As espécies do gênero *Spodoptera* são naturalmente tolerantes a toxina Cry1Ac (LUTTRELL, 1999), o que aumenta a complexidade do manejo efetivo da resistência, pois as espécies podem estar mais

propensas à pressão de seleção, e conseqüentemente, evoluir rapidamente para resistência (LIN; KOGAN, 1990).

Neste sentido, para o início do manejo, é necessária a adoção da área de refúgio, com implantação de soja não-Bt em no mínimo 20% do total da área cultivada (BUENO et al., 2018) e, tanto a área semeada com soja Bt, quanto com a não-Bt (área de refúgio), devem ser manejadas com o MIP-Soja, adotando-se o monitoramento das lavouras, seguido de controle no momento em que as pragas atingirem o nível de ação (BUENO et al., 2018; BUENO et al., 2020).

Na safra 2018/2019, com a implantação de MIP-Soja em diferentes municípios no Paraná, foi possível constatar maior incidência percentual média de *Spodoptera* spp. nas URs com cultivares Bt, em relação às não-Bt. Esta incidência foi maior nos primeiros 30 dias após a emergência da soja, decaindo após este período, em relação aos últimos anos. No entanto, foi observado o aumento percentual no final do ciclo, a partir dos 60 dias após a emergência da cultura, comparativamente com as safras anteriores (CONTE et al., 2019). Este fato pode ser explicado pelo aumento nas pulverizações com inseticidas durante o ciclo vegetativo da soja, muitas vezes, visando otimizar a operação agrícola através da mistura de inseticidas com outros agrotóxicos no tanque de pulverização, tais como herbicidas. Entretanto, o momento de controle das plantas daninhas pode não coincidir com a demanda de controle de pragas, induzindo o produtor a tomar decisão fora do período adequado, efetuando uma aplicação (muito cedo ou muito tarde), sem o conhecimento do nível de infestação atual da praga, resultando em um controle ineficaz das pragas (BUENO et al., 2010).

Apesar de ocorrer em baixa proporção em relação às outras espécies de lagartas, tem se observado uma maior incidência do gênero *Spodoptera* spp. na cultura da soja, o qual apresentou redução de 3,2% para 2,6% na safra 2014/15, mas passou de 2,3% na safra 2015/2016 para 4,6% na safra 2017/2018, e para 6% e 7% nas safras 2018/2019 e 2019/2020, respectivamente (CONTE et al., 2015; 2016; 2017; 2018; 2019; 2020). Na safra 2018/2019, o número total de lagartas encontradas na soja Bt, com menor incidência de *Anticarsia gemmatalis* e *Chrysodeixis includens*, foi menor do que em soja não-Bt. Contudo, constatou-se maior incidência de *Spodoptera* spp. (22% nas URs avaliadas na safra 2018/2019 e 45% na safra 2019/2020), em relação às não-Bt (5% na safra 2018/2019 e 3% na safra 2019/2020) (CONTE et al., 2019; 2020).

Devido à falta de informações quanto ao potencial de dano de *Spodoptera* spp. e as possíveis perdas econômicas causadas por estas espécies em cultivos de soja Bt, principalmente em relação ao seu potencial de dano nas estruturas reprodutivas (flores e

vagens), o manejo de lagartas merece atenção, e precisa ser criterioso em soja não-Bt e soja Bt (BUENO et al., 2018). Uma vez que espécies deste gênero sempre estiveram presentes na soja, mesmo antes do surgimento da tecnologia Bt e, como pragas secundárias, não exigiam medidas de controle, o manejo, neste novo cenário, demanda avaliar se as mesmas constituem uma efetiva ameaça aos cultivos, e assim, sejam tomadas decisões mais adequadas, de modo a se respeitar a técnica e as boas práticas agrícolas.

3 ARTIGO A: ASPECTOS BIOLÓGICOS DE *Spodoptera eridania* (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) EM ESTRUTURAS REPRODUTIVAS DE SOJA

3.1 RESUMO

Objetivou-se documentar o desenvolvimento de *Spodoptera eridania*, alimentando-se de tecidos vegetais de planta de soja Bt e não-Bt, em estádios reprodutivos. Foram conduzidos bioensaios em condições de laboratório [$25 \pm 2^\circ\text{C}$, umidade relativa (UR) de $70 \pm 10\%$ e fotoperíodo de 14/10h]. No primeiro, 45 lagartas de 3º instar (15 lagartas por repetição) foram alimentadas diariamente com partes da planta de soja BRS 388 RR, sendo: folha; vagem; ou folha + vagem, nos estádios R3/R4, R5.1 e R5.5, para cada tratamento. No segundo, 60 lagartas recém-eclodidas (20 lagartas por repetição), receberam como alimento, estruturas vegetais de BRS 1001 IPRO, em estágio R3/R4, as quais foram: folha; folha + vagem; vagem; folha + flor; folha + vagem + flor; vagem + flor; e dieta artificial. Verificou-se um prolongamento do ciclo de desenvolvimento das lagartas alimentadas com vagem em R3/R4 de BRS 388 RR, e 100% de mortalidade dos insetos alimentados com vagem, em R5.1 e R5.5. No segundo bioensaio, não houve diferença significativa da duração do ciclo de vida, porém, a sobrevivência de *S. eridania* foi mais afetada quando alimentada com vagem e vagem + flor (R3/R4), de BRS 1001 IPRO. *Spodoptera eridania* é preferencialmente um inseto desfolhador que, eventualmente, danifica vagens. As folhas são o alimento principal da praga, propiciando desenvolvimento mais rápido, além de maior sobrevivência das lagartas, em relação àquelas que tiveram vagens de soja Bt e não-Bt em sua dieta.

Palavras-chave: *Glycinemax*, ecologia nutricional, lagarta-das-vagens.

3.2 Abstract

This study aimed to document the development of *Spodoptera eridania*, feeding on plant tissues of Bt and non-Bt soybean plants, in reproductive stages. Bioassays were carried out under laboratory conditions [25 ± 2 ° C, relative humidity (RH) $70 \pm 10\%$ and photoperiod 14 / 10h]. In the first bioassay, 45 caterpillars of 3rd instar (15 caterpillars per repetition) were fed daily with parts of the soybean plant BRS 388 RR, being: leaf; pod; or leaf + pod, in stages R3/R4, R5.1 and R5.5, for each treatment. In the second bioassay, 60 neonates caterpillars (20 caterpillars per repetition) received BRS 1001 IPRO plant structures as food, in stage R3/R4, which were: leaf; leaf + pod; pod; leaf + flower; leaf + pod + flower; pod + flower; and artificial diet. It was verified a longer life cycle of caterpillars fed with pods in R3/R4 of BRS 388 RR, and 100% mortality of insects fed with pods, in R5.1 and R5.5. In the second bioassay, there was no significant difference in the duration of the life cycle. However, the survival of *S. eridania* was more affected when fed with pod and pod + flower (R3/R4) of BRS 1001 IPRO. *Spodoptera eridania* is preferably a defoliating insect that eventually damages pods. The results leaves are the main food of the pest, providing faster development, in addition to greater survival of caterpillars, in relation to those that had Bt and non-Bt soybean pods in their diet.

Keywords: *Glycine max*, nutritional ecology, Southern Armyworm.

3.3 INTRODUÇÃO

O gênero *Spodoptera* Guenée (1852) é composto por várias espécies, conhecidas por serem pragas agrícolas, com alta polifagia, o que favorece sua adaptação à diferentes agroecossistemas. Sendo assim, estas espécies podem causar danos em culturas de interesse econômico, destacando-se as leguminosas, como soja (SOSA-GÓMEZ et al., 1993) e feijão (SAVOIE, 1988). Contudo, suas preferências alimentares estão diretamente relacionadas à qualidade nutricional de seus hospedeiros (SILVA et al., 2017).

Dentre as espécie desse gênero, *Spodoptera eridania* (Cramer, 1782) (Lepidoptera: Noctuidae), conhecida como lagarta-das-vagens, está entre as mais encontradas na América Central, América do Sul e trópicos norte-americanos (POGUE, 2002; CAPINERA, 2005), sendo recentemente detectada na África, como espécie invasora (IITA, 2018; GOERGEN, 2018; TAY & GORDON, 2019). No Brasil, está entre as espécies de *Spodoptera* mais comuns na soja, com grande capacidade de desfolha (BUENO et al., 2011), além de sua habilidade para danificar diretamente as vagens, fato que requer atenção, pela intensidade de danos e perdas econômicas que podem ocasionar à cultura (GAZZONI; YORINORI, 1995; SANTOS et al., 2005; BUENO et al., 2018) e por esta razão, precisa ser mais detalhadamente estudada.

Parâmetros biológicos e nutritivos de *Spodoptera* spp., em laboratório, têm sido avaliados, com as espécies se alimentando de diversos tecidos de plantas (SANTOS et al., 2010; BORTOLI et al., 2012; MONTEZANO et al., 2013; 2014; 2015; 2019; FAVETTI et al., 2015; SPECHT et al., 2016; SILVA et al., 2017). Entretanto, ainda são escassas informações da biologia desses insetos se alimentando de flores e vagens de soja.

Com o recente aumento em seus níveis de infestação, associado ao seu alto potencial destrutivo, verifica-se a necessidade de maiores cuidados no manejo desta praga, pois este inseto desfolhador pertence a um grupo de lagartas que não são controladas pelas variedades transgênicas de soja, expressando toxina Cry1Ac, comumente chamada de soja Bt (BERNARDI et al., 2014; BORTOLOTTI et al., 2014), podendo, até mesmo, mostrar efeito de hormese, como resposta à esta toxina (RABELO et al., 2020). O controle químico tem sido a medida de manejo mais usual, para minimizar o prejuízo com essas pragas, mas nem sempre tem gerado o efeito esperado (CORRÊA-FERREIRA et al., 2010), o que pode reduzir o valor agregado da soja Bt, previamente idealizada para diminuir o número de aplicações no controle de lagartas, além de aumentar os custos de manejo em geral.

Considerando que é uma praga não-alvo da tecnologia Bt, e não existindo estudos que avaliem seu potencial de injúria na fase reprodutiva da soja, assim como, a falta de conhecimentos biológicos básicos, que dificultam o seu manejo, objetivou-se documentar o desenvolvimento de *S. eridania*, alimentando-se de tecidos vegetais da planta de soja Bt e não-Bt, em estádios reprodutivos.

3.4 MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos dois bioensaios independentes, em condições controladas [temperatura de $25 \pm 2^\circ\text{C}$, umidade relativa (UR) de $70 \pm 10\%$ e fotoperíodo de 14/10h (C/E)]. Os ovos e lagartas de *S. eridania* foram obtidos da criação de manutenção da Embrapa Soja, mantidas com a metodologia descrita por Silva (2013).

Para oferecer estruturas de plantas de soja diariamente, em diversos estádios reprodutivos, foi realizada uma semeadura escalonada em cada bioensaio, em vasos plásticos de 5 litros, contendo terra esterilizada, em casa de vegetação. Realizou-se o molhamento do substrato antes e após a semeadura, e ainda, foram feitas vistorias semanais, acompanhadas de tratamentos culturais, de acordo com a necessidade da cultura.

No primeiro bioensaio, as lagartas foram alimentadas com partes da planta de soja da cultivar BRS 388 RR (soja não-Bt), e no seguinte, com estruturas da cultivar BRS 1001 IPRO (soja Bt). Previamente à oferta dos alimentos (tratamentos) para as lagartas, foi feita a profilaxia das estruturas vegetais, as quais foram submersas em solução de hipoclorito de sódio a 0,1% e, em seguida, enxaguadas com água destilada por 3 a 5 segundos (SILVA et al., 2017). Após esse período, os alimentos foram distribuídos sobre papel toalha por 2 horas, até a secagem completa do material.

Os parâmetros avaliados para o acompanhamento da biologia foram duração da fase larval (dias) e viabilidade das fases imaturas (%), em todas as repetições. O número de instares e sua duração foram determinados pela presença de cápsula cefálica e exuvia. Este procedimento foi observado diariamente, até a fase de pupa.

No segundo bioensaio, as pupas foram separadas por sexo, e posteriormente, pesadas (g), em balança analítica, no intervalo de 24 horas, após atingirem esta fase. Seguidamente, as mesmas permaneceram individualizadas, nos mesmos copos parafinados, até a emergência dos adultos.

Os resultados foram submetidos às análises exploratórias, para avaliar as pressuposições de normalidade dos resíduos (SHAPIRO; WILK, 1965), a homogeneidade de variância dos tratamentos e a aditividade do modelo (BURR; FOSTER, 1972), para permitir a

aplicação da ANOVA. As médias foram comparadas por Tukey ($p \leq 0,05$) (SAS INSTITUTE, 2009).

3.4.1 Bioensaio com Soja não-Bt(BRS 388 RR)

As massas de ovos foram dispostas individualmente, em recipientes Gerbox® forrados com papel filtro, umedecido com água destilada, em câmaras climatizadas. Após a eclosão, as larvas permaneceram em temperatura de $25 \pm 2^\circ\text{C}$, umidade relativa (UR) de $70 \pm 10\%$ e fotoperíodo de 14/10h (C/E). Todas as lagartas receberam a mesma alimentação diária, à base de vagens e folhas e, somente após o início do 3º instar, as lagartas foram individualizadas em copos parafinados de 50 ml, recobertos com papel absorvente e tampas de papelão, sendo alimentadas diariamente, com folhas e vagens, separadamente ou juntas, sendo: folha; vagem; ou folha + vagem, simulando as condições naturais da soja. Para obtenção da duração total da fase larval, considerou-se quatro dias, para os instares iniciais, que é a média de duração de dias que antecedem o 3º (1º e 2º instar).

A coleta de cada estrutura vegetal, para oferta às lagartas, ocorreu em plantas de soja nos estádios R3/R4, R5.1 inicial e R5.1 final de desenvolvimento da cultura (FEHER; CAVINESS, 1977), para substituição diária do alimento, até a fase de pupa. O delineamento foi inteiramente casualizado, constando de 45 indivíduos em cada uma das estruturas vegetais estudadas, divididos em 3 repetições, compostas pela média de 15 insetos ($n=15$ lagartas.repetição⁻¹) para cada tratamento.

3.4.2 Bioensaio com soja Bt(BRS 1001 IPRO)

As massas de ovos, dispostas individualmente, em Gerbox, forrados com papel filtro, umedecido com água destilada, foram mantidas em câmaras climatizadas, com as mesmas condições de temperatura, umidade e fotoperíodo do ensaio anterior, até a eclosão. A fim de se refinar os resultados do primeiro ensaio (onde as lagartas de 3º instar conseguiram completar seu ciclo de vida em vagens R3/R4), decidiu-se por verificar se as lagartas neonatas também completam seu ciclo nas vagens. Além disso, optou-se por ensaio com soja Bt, pois esta tecnologia não controla *S. eridania* (BERNARDI et al., 2014; BORTOLOTTO et al., 2014), e foi a mais adotada na última safra, pelo controle que exerce sobre as outras espécies de lagartas.

Por esta razão, as lagartas recém-eclodidas foram individualizadas em copos parafinados de 50 ml, recobertos com papel absorvente e tampas de papelão, e receberam diariamente, diferentes estruturas da soja, em estádio R3/R4. As neonatas de *S. eridania* foram

alimentadas com folhas, vagens, e flores, separadamente e em combinações, sendo: folha; folha + vagem; vagem; folha + flor; folha + vagem + flor; vagem + flor; e dieta artificial (tratamento controle).

O delineamento foi inteiramente casualizado, com 60 indivíduos em cada uma das diferentes estruturas avaliadas, divididos em 3 repetições, compostas pela média de 20 insetos ($n=20 \text{ lagartas.repetição}^{-1}$) por tratamento.

3.5 RESULTADOS

3.5.1 Bioensaio com Soja não-Bt (BRS 388 RR)

Observou-se um prolongamento do ciclo das lagartas de *S. eridania*, de 3º instar, alimentadas somente com vagem de soja (cultivar BRS 388 RR), em estágio fenológico R3/R4, as quais tiveram período larval com maior duração média (27,4 dias), comparando-se com aquelas mantidas em folha, ou folha + vagem de soja (R3/R4), com 19,9 dias (Tabela 1). A diferença média de 7,5 dias a mais para larvas alimentadas somente com vagem, em relação às desenvolvidas em vagem + folha, foi observada nos instares iniciais, que apresentaram um aumento do número de dias, no 3º e 4º instar da fase larval, em comparação às lagartas mantidas em outros alimentos.

Não houve diferença significativa entre as estruturas vegetais da planta de soja avaliadas para a alimentação das lagartas, no desenvolvimento da fase adulta (Tabela 1). Contudo, a alimentação somente com vagem, em estágio reprodutivo R3/R4, se diferenciou das demais, com um prolongamento no ciclo de vida de *S. eridania*, propiciando a maior média de duração do período larva-adulto (47,3 dias), enquanto que, a somente com folha, no mesmo estágio, apresentou média de 36,6 dias (Tabela 1).

Ao contrário das demais partes da planta de soja, fornecidas como alimentação de *S. eridania*, as estruturas vegetais reprodutivas, nos estádios fenológicos R5 inicial e R5 final, R5.1 e R5.5, respectivamente, não permitiram o desenvolvimento dos insetos, observando-se 100% de mortalidade (Tabela 1).

Tabela 1. Médias (\pm EP) de duração da fase larval e adulta (dias), e mortalidade (%) de *S. eridania*, alimentadas com folhas e vagens de soja (BRS 388 RR), em estádios reprodutivos. Temp: $25 \pm 2^\circ\text{C}$; UR: $70 \pm 10^\circ\text{C}$; Fotoperíodo: 14/10 h (C/E). Londrina, 2018.

Estruturas da planta de soja (BRS 388 RR)	Médias (\pm EP) de duração (dias)									Mortalidade (%)
	3º Instar	4º Instar	5º Instar	6º Instar	Pré-pupa	Fase larval*	Pupa	Fase adulta	Ciclo de vida	
Folha (R3/R4)	2,1 \pm 0,0b	2,2 \pm 0,1b	2,7 \pm 0,1d	3,8 \pm 0,1c	2,1 \pm 0,1a	19,9 \pm 0,1d	10,4 \pm 0,2a	6,6 \pm 2,1a	36,6 \pm 2,0c	56,7 \pm 13,1b
Folha + Vagem (R3/R4)	2,1 \pm 0,0b	2,2 \pm 0,1b	2,7 \pm 0,1d	3,7 \pm 0,1c	2,1 \pm 0,1a	19,9 \pm 0,1d	10,3 \pm 0,2a	7,8 \pm 2,6a	38,2 \pm 2,4bc	53,4 \pm 12,8b
Vagem (R3/R4)	3,4 \pm 0,2a	4,5 \pm 0,2a	3,6 \pm 0,2ba	4,8 \pm 0,2b	1,1 \pm 0,1b	27,4 \pm 0,2a	10,9 \pm 0,1a	9,2 \pm 0,3a	47,3 \pm 0,1a	48,5 \pm 7,7b
Folha (R5.1)	2,3 \pm 0,1b	2,4 \pm 0,1b	3,3 \pm 0,1bc	4,9 \pm 0,1b	2,2 \pm 0,1a	22,0 \pm 0,1c	10,7 \pm 0,2a	8,3 \pm 0,5a	40,5 \pm 0,1ba	43,6 \pm 14,2b
Folha + vagem (R5.1)	2,5 \pm 0,2b	2,7 \pm 0,1b	2,9 \pm 0,1dc	4,8 \pm 0,1b	2,2 \pm 0,1a	21,7 \pm 0,4c	10,5 \pm 0,2a	9,4 \pm 0,5a	41,6 \pm 0,0ba	47,9 \pm 4,9b
Vagem (R5.1) **	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100,0 \pm 0,0a
Folha (R5.5)	2,4 \pm 0,1b	2,7 \pm 0,1b	3,6 \pm 0,1ba	6,0 \pm 0,3a	2,0 \pm 0,1a	23,7 \pm 0,2b	10,5 \pm 0,0a	9,9 \pm 1,4a	43,8 \pm 1,5ba	21,1 \pm 6,2b
Folha + vagem (R5.5)	2,4 \pm 0,1b	2,8 \pm 0,1b	3,9 \pm 0,0a	6,1 \pm 0,3a	2,2 \pm 0,1a	24,5 \pm 0,4b	10,5 \pm 0,2a	8,5 \pm 0,7a	43,2 \pm 1,1ba	30,9 \pm 1,4b
Vagem (R5.5) **	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100,0 \pm 0,0a
CV (%)	9,69	8,1	5,79	6,67	9,49	1,83	2,93	29,17	5,87	17,46
p	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	0,4019	0,7454	0,0018	< 0,0001
F	10,22	35,4	20,9	25,77	13,13	126,81	1,12	0,57	6,57	19,02
GL_{resíduo}	6	6	6	6	6	6	6	6	6	8

*Considerou-se 4 dias para 1º e 2º instar. **Não houve sobreviventes.

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si (Tukey a 5% de probabilidade).

3.5.2 Bioensaio com Soja Bt(BRS 1001 IPRO)

As médias de duração das fases larval e adulta, para lagartas alimentadas com tratamentos contendo as estruturas reprodutivas vagem e/ou flor, da soja BRS 1001 IPRO, em estágio R3/R4, quando na presença de folha, foram semelhantes às médias dos mesmos períodos de desenvolvimento de *S. eridania*, alimentada com dieta artificial (tratamento controle) (Tabela 2).

Ao contrário das demais estruturas da planta de soja avaliadas, considerando-se o alimento fornecido às lagartas, os tratamentos vagem e vagem + flor, ambos com vagem no início do estágio reprodutivo da soja (R3/R4), não permitiram o desenvolvimento dos insetos (Tabela 2), inferindo que, apesar da constatação de dano causado às vagens em campo, esta estrutura não é o tecido preferencial para alimentação da praga, que prefere as folhas para seu desenvolvimento.

Entre os demais tratamentos, o número de insetos sobreviventes na fase larval (n=60), foi menor em insetos alimentados com folha e folha + flor (R3/R4), coletadas da cultivar Btem estudo, sobrevivendo 11,33 e 12,67 insetos, respectivamente. A sobrevivência foi maior nos insetos alimentados com dieta artificial (19 insetos), seguido dos tratamentos com folha + vagem (R3/R4), e folha + vagem + flor (R3/R4), onde sobreviveram 14 e 13,67 insetos, respectivamente (Tabela 2).

A razão sexual, e o peso de pupa (macho e fêmea) (Tabela 2), não apresentaram diferenças significativas entre as estruturas vegetais da soja Bt, fornecidas como alimento à *S. eridania*, em estágio de desenvolvimento R3/R4.

Tabela 2. Médias (\pm EP) de duração da fase larval e adulta (dias), nº de insetos sobreviventes na fase larval (n=60), razão sexual, e peso de pupa macho e fêmea (g) de *S. eridania*, alimentadas com folhas, vagens e flores de soja (BRS 1001 IPRO), em estádios reprodutivos. Temp: $25 \pm 2^\circ\text{C}$; UR: $70 \pm 10^\circ\text{C}$; Fotoperíodo: 14/10 h (C/E). Londrina, 2019.

Estruturas da planta de soja (BRS 1001 IPRO)	Médias (\pm EP) de duração (dias)		Nº insetos sobreviventes na fase larval (n=60)	Razão sexual (%)	Peso de Pupa(g)	
	Fase larval	Fase adulta			Macho	Fêmea
Folha (R3/R4)	19,69 \pm 1,41 ^{ns}	12,42 \pm 1,63 ^{ns}	11,33 \pm 1,76b	0,63 \pm 0,13 ^{ns}	0,22 \pm 0,01 ^{ns}	0,24 \pm 0,01 ^{ns}
Folha + Vagem (R3/R4)	20,02 \pm 0,87	13,37 \pm 0,97	14,00 \pm 0,58ab	0,39 \pm 0,03	0,22 \pm 0,01	0,26 \pm 0,02
Vagem (R3/R4)*	-	-	-	-	-	-
Folha + Flor (R3/R4)	20,05 \pm 1,12	9,75 \pm 1,25	12,67 \pm 1,76b	0,41 \pm 0,05	0,21 \pm 0,01	0,25 \pm 0,02
Folha + vagem + Flor (R3/R4)	20,41 \pm 1,22	13,44 \pm 0,87	13,67 \pm 1,45ab	0,41 \pm 0,11	0,21 \pm 0,01	0,25 \pm 0,01
Vagem + Flor* (R3/R4)	-	-	-	-	-	-
Dieta artificial**	16,31 \pm 1,31	12,19 \pm 0,75	19,00 \pm 0,58a	0,46 \pm 0,04	0,20 \pm 0,01	0,23 \pm 0,01
CV (%)	10,75	15,37	19,45	30,36	7,65	10,56
P	0,1724	0,3334	<0,0001	0,276	0,4005	0,516
F	1,99	1,34	41,39	1,49	1,12	0,87
GL_{resíduo}	4	4	6	4	4	4

^{ns}Não significativo. *Não houve sobreviventes. **Greene et al.(1976).

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si (Tukey a 5% de probabilidade). Para análise, os dados foram transformados em $(x + 0,5)/1/2$.

3.6 DISCUSSÃO

No primeiro bioensaio, o prolongamento do número de dias de desenvolvimento larval de *S. eridania*, alimentadas com vagem, em estágio reprodutivo R3/R4, pode ser reflexo das características nutricionais não satisfatórias dessa estrutura vegetal, utilizada para alimentar as larvas de 3º instar, ou ainda, pode ser devido à presença de substâncias produzidas durante o metabolismo da cultivar utilizada. Sabe-se que o tempo de desenvolvimento e a sobrevivência de uma espécie podem ser afetados pela quantidade e pela qualidade de alimentos consumidos, interferindo nos parâmetros biológicos e fisiológicos do inseto (PANIZZI; PARRA, 1991; CABEZAS et al., 2013; SILVA et al., 2017), e na cultivar de soja atacada (SOUZA et al., 2012; FAVETTI et al., 2015).

Bortoli et al. (2012) verificaram que plantas de soja podem desencadear alterações fisiológicas, após o ataque de herbívoros, produzindo substâncias como mecanismo de defesa contra os mesmos. Estas substâncias, quando ingeridas pelos desfolhadores, podem dificultar seu desenvolvimento, causando efeitos negativos em sua biologia, tais como a antibiose (VENDRAMIM & GUZZO, 2009; SOUZA et al., 2014), podendo até mesmo, prolongar o período larval dos insetos. Favetti et al. (2015) observaram a existência do 7º instar, estudando a biologia de *S. eridania* em diferentes cultivares de soja.

Numa análise geral do primeiro ensaio, a fase imatura da praga constou de 6 instares, não sendo observadas mudanças efetivas no desenvolvimento dessa lagarta, em relação à cultivar utilizada, não se evidenciando efeito antibiótico. Exceto a alimentação a base de vagens em R3/R4, com média de duração de 3,4 dias no 3º e 4,5 dias no 4º instar, este período não apresentou diferença significativa entre os tratamentos, nos quais foram utilizadas folhas e vagens nos diferentes estádios, na alimentação. No entanto, este tratamento (vagens em R3/R4), não diferiu em relação aos instares finais.

Notou-se que os tratamentos com folha em R3/R4 e folha + vagem em R3/R4, resultaram no menor período larval da espécie estudada (19,9 dias), quando comparados aos tratamentos com folhas e vagens em estágio R5, variando de 21,7 dias em folha + vagem no estágio R5.1 a 24,5 dias em folha + vagem no R5.5, fato que pode estar relacionado ao nível de carboidratos e proteínas presentes nestas estruturas. Segundo Lincoln (1993), o teor de carboidratos e proteínas pode variar em função do estágio fenológico das plantas. Comumente folhas velhas são mais ricas em carboidratos e pobres em proteínas, ao passo que folhas novas são constituídas por tecidos mais ricos em proteínas.

Do mesmo modo, insetos alimentados com plantas de baixo valor nutricional podem aumentar a duração do período de alimentação ou o consumo de alimentos, como

estratégia de compensação (BEHMER, 2009). Isto pode justificar o ocorrido com as lagartas alimentadas apenas com vagem em R3/R4, que tiveram seu período larval e ciclo de vida prolongado, em relação aos outros tratamentos.

O hospedeiro também exerce grande influência sobre o desenvolvimento de insetos, alterando assim, sua dinâmica populacional (BOREGAS et al., 2013). Em lagartas de *S. eridania*, alimentadas com algodão, corda-de-viola e soja, a duração média do período larval foi de 15,9 dias para algodão, 15,7 dias para corda-de-viola e 18,3 dias para soja (SANTOS et al., 2005). A duração da fase larval de 19,9 dias, em lagartas alimentadas com folha ou folha + vagem em soja no estágio R3/R4 é similar ao período larval de *S. eridania*, se alimentando em folhas de diferentes hospedeiros preferenciais desta praga, indicando que a vagem não é o tecido preferencial de alimentação da espécie em estudo. Nesse contexto, Santos et al. (2010) observaram menor consumo de brácteas de diferentes estruturas da planta de algodão por *S. eridania*, possivelmente por terem preferido folhas, em comparação com as estruturas reprodutivas da planta (botão floral e maçã).

O período larval de 27,4 dias, em lagartas alimentadas somente com vagem, em estágio R3/R4, pode ser comparado com o desenvolvimento larval em hospedeiros não preferenciais para *S. eridania*. Em folhas de batata doce e bracatinga, lagartas de *S. eridania* apresentaram duração do estágio larval de 18,1 e 32,0 dias, respectivamente (MATTANA; FOERSTER, 1988).

Quando as lagartas se alimentaram somente de vagem em R3/R4, a fase de pré-pupa, e o período larva-adulto, foram influenciados em sua duração. Contudo, observou-se comportamento diferente por lagartas alimentadas somente com vagem, nos estádios fenológicos R5.1 e R5.5, que não conseguiram completar seu desenvolvimento, implicando que a inadequação nutricional dos componentes dessa estrutura vegetal, pode estar interferindo sobre a dinâmica populacional de *S. eridania*, pois embora alguns indivíduos tenham realizado ecdise, a praga não conseguiu completar a fase jovem, em nenhum desses tratamentos.

O desempenho das lagartas, durante a alimentação, pode ser afetado pelas características físicas da planta e de seus órgãos, tais como dureza, tamanho, forma e textura (SLANSKY & RODRIGUES, 1987; BRUCE et al., 2005; PERKINS et al., 2010). Nos primeiros instares larvais de insetos de pequeno porte, a maior espessura cuticular e a presença de tricomas pode afetar negativamente sua alimentação, além de reduzir a movimentação das larvas (VENDRAMIM & GUZZO, 2009). Percebeu-se que a mortalidade de *S. eridania*, em vagem de soja, nos estádios finais da fase reprodutiva (R5.1 e R5.5) pode ser devida às características do tecido dessa estrutura reprodutiva, visto que as larvas ficavam presas entre os

tricomas, ocasionando menor mobilidade, além de diminuição da alimentação, já que as lagartas recém-eclodidas possuem mandíbulas relativamente limitadas e isso dificulta a alimentação (GASTON et al., 1991). Além disso, a dureza dos alimentos pode levar ao aumento do tempo de alimentação e dificuldade de ingestão, impedindo a movimentação das mandíbulas (LUCAS et al., 2000).

Foi observado que a maior sobrevivência de *S. eridania* em estruturas vegetais de soja está vinculada à presença de folha em todos os estádios fenológicos avaliados. Entretanto, lagartas alimentadas com folha, tanto na presença quanto na ausência de vagem, em estádios reprodutivos finais da soja, R5.1 e R5.5, apresentaram o período larva-adulto maior, em relação às lagartas alimentadas com folha ou folha + vagem em estágio reprodutivo R3/R4, corroborando com Lincoln (1993), em que o teor de carboidratos e proteínas podem variar, em função do estágio fenológico.

De acordo com Slansky e Rodrigues (1987), a fonte alimentar também está relacionada ao comportamento e fisiologia do inseto. Segundo Matthews e Matthews (1978), a eficiência no aproveitamento do alimento depende dos tipos de comportamento manifestados pelo inseto, como a localização de fontes hospedeiras, reconhecimento e aceitação de alimentos adequados pelas fêmeas, entre outros. Neste aspecto, dietas constituídas apenas de vagens de soja, nos estádios R5.1 e R5.5, não permitiram o desenvolvimento de lagartas de 3º instar, resultando em 100% de mortalidade. Este resultado indica que a composição nutricional de estruturas reprodutivas produzidas, no final do ciclo de desenvolvimento da soja, pode ser não favorável ao desenvolvimento larval desta espécie, possivelmente devido à baixa adaptabilidade das larvas e/ou não preferência por este tecido, que pode conter alguns compostos químicos inadequados ao seu crescimento.

Estudos sobre aspectos biológicos e nutricionais de *S. eridania*, em diferentes plantas hospedeiras, evidenciam maior sobrevivência larva-adulto para insetos que se alimentaram de folhas de soja e algodão, sendo os alimentos preferências para o 1º instar, bem como, a preferência de oviposição dos adultos, quando comparados aos outros hospedeiros avaliados (SILVA et al., 2017). Neste sentido, as dietas a base de folha ou de folha + vagem de soja, em diferentes estádios reprodutivos, não interferiram no desenvolvimento larval de *S. eridania*, corroborando com os referidos autores, em que folhas de soja utilizadas na alimentação foram adequadas ao desenvolvimento larval, com alta taxa de sobrevivência desta espécie.

No segundo bioensaio, observou-se que a sobrevivência de *S. eridania*, se alimentando de diferentes estruturas vegetais de soja Bt (BRS IPRO 1001), foi mais afetada em

lagartas alimentadas com vagem e vagem + flor (vagem em R3/R4), quando comparada aos outros alimentos. O fato das estruturas reprodutivas afetarem a sobrevivência das larvas de 1º instar, está provavelmente relacionado à formação incompleta do aparelho bucal, ao passo que lagartas de 3º instar conseguiram completar seu ciclo de desenvolvimento, quando alimentadas somente com vagem em R3/R4. Como visto anteriormente, lagartas recém-eclodidas possuem mandíbulas rudimentares, o que dificulta e diminui a alimentação dos insetos (GASTON et al., 1991).

Além disso, a ingestão nos primeiros estágios de desenvolvimento requer o suprimento das necessidades nutricionais adequadas (PANIZZI; PARRA, 2009). Por esta razão, os insetos alimentados com estruturas reprodutivas (vagem e flor) na presença de folhas, e com dieta artificial, completaram seu ciclo larval até a fase adulta, e assim, apresentam potencial para se tornarem pragas na cultivar Btavalhada. Estudos de Silva (2013) demonstraram que os aspectos biológicos de *S. eridania* e *S. cosmioides*, avaliados em soja Bt, foram pouco afetados pelo consumo de toxina Cry1Ac, uma vez que a soja Bt se mostrou favorável ao desenvolvimento destas pragas. Para *S. eridania*, observou-se a redução de dois dias na fase larval, quando as lagartas se alimentaram da soja Bt. Neste contexto, Rabelo et al. (2020), verificaram baixa suscetibilidade de *S. eridania* à toxina Cry1Ac, a qual pode estimular seu crescimento larval em concentrações subletais.

Outro fator que pode ter influenciado o desenvolvimento de *S. eridania* de 1º instar, alimentada com vagem e flor, é a possível presença de outras substâncias relacionadas à defesa ou mecanismos de proteção nessas estruturas reprodutivas, visto que ocorrem diferenças nutricionais entre estruturas vegetativas e reprodutivas da planta. Rose e Tumlinson (2004) verificaram a liberação de compostos voláteis em botões florais de algodão danificados, induzidos pela alimentação de *Helicoverpa zea* (Boddie, 1850) (Lepidoptera: Noctuidae). Os mesmos foram liberados por folhas do ponteiro não danificadas, indicando que o dano causado pelo inseto, em partes reprodutivas da planta, originou emissão sistêmica de voláteis por suas partes vegetativas. Além disso, partes reprodutivas da planta, como as flores, por serem mais aparentes e apresentarem maior aptidão reprodutiva, ficam mais vulneráveis ao ataque de pragas, e por isso, contêm mais defesas contra herbivoria.

Estudos de biologia desta praga são relevantes, especialmente para os cultivos de variedades de soja Bt, o que sugere a necessidade de futuras pesquisas, como a elaboração da tabela de vida de fertilidade (PASINATO et al., 2019) e a preservação de espécies de inimigos naturais para este inseto. Recentemente, no Brasil, foi feito o primeiro registro de *Cotesia scotti* (Valerio e Whitfield, 2009) (Hymenoptera: Braconidae:

Microgastrinae) parasitando esta praga (FREITAS et al., 2019), abrindo novas perspectivas de ações de controle biológico.

Dessa forma, o conhecimento de aspectos biológicos da espécie em estudo, possui caráter fundamental para subsidiar tomada de decisões, baseadas em fundamentos ecológicos, muitas vezes negligenciados na rotina do manejo de pragas, podendo contribuir para a adoção de estratégias de controle mais adequadas, em regiões com surtos de *S. eridania* cultura da soja, como por exemplo, a redução no uso de inseticidas e conseqüentemente, a preservação de seus inimigos naturais.

3.7 CONCLUSÃO

Spodoptera eridania é preferencialmente um inseto desfolhador na cultura da soja que, eventualmente, danifica vagens. As folhas são o alimento principal da praga, propiciando desenvolvimento mais rápido, além de maior sobrevivência das lagartas, em relação àquelas que tiveram vagens de soja Bt e não-Bt em sua dieta.

4 ARTIGO B: INJÚRIA ARTIFICIAL DE *Spodoptera* spp. EM FLORES E VAGENS DE SOJA

4.1 RESUMO

Objetivou-se determinar o impacto de injúrias artificiais de *Spodoptera* spp., nas estruturas reprodutivas da soja (flores e vagens), como base para validar um nível de ação (NA). Foram conduzidos experimentos em Londrina, Paraná, Brasil, em três safras, de 2016 a 2019. Os experimentos foram realizados em delineamento em blocos casualizados, comparando-se intensidades de injúrias causadas em diferentes estruturas reprodutivas de soja, acampo. O primeiro experimento (safra 2016/2017) comparou seis níveis de furos nas vagens (0, 5, 10, 15, 20 e 25%), e o segundo (safra 2017/2018), ocorreu em esquema fatorial, associando-se três níveis de desfolhas (0, 7,5 e 15%) a quatro níveis de injúrias nas vagens (0, 15, 20 e 25%), ambos com cultivar de soja não-Bt (BRS 388 RR), em R4. No terceiro experimento (safra 2018/2019), foram avaliadas quatro intensidades de remoção de flores (0, 25, 50 e 100%), de cultivar de soja Bt (BRS 1001 IPRO), em R2. Nos dois primeiros, foi registrada a quantidade de vagens totais nas duas linhas centrais da parcela e estimado o número de vagens a serem danificadas em cada tratamento. No último, contou-se o número de flores totais, nas duas linhas centrais, para estimar a quantidade a ser removida. Ao final do ciclo, as duas linhas centrais de cada parcela, com as injúrias aplicadas, foram colhidas manualmente (12 metros no primeiro experimento, e 8 metros, nos ensaios seguintes). Observou-se que, mesmo com as injúrias impostas, tanto em folhas e vagens de cultivar não-Bt, quanto em flores de Bt, a soja apresentou a mesma produtividade da testemunha, não se justificando o controle químico antecipado. O nível de ação recomendado para controle de *Spodoptera* spp. em soja, deve ser de 30% de desfolha no período vegetativo, ou 15% de desfolha e/ou 25% de injúria nas vagens para a soja não-Bt (BRS 388 RR), em estágio R4, ou ainda, de 100% de remoção de flores para a soja Bt (BRS 1001 IPRO), em R2.

Palavras-chave: *Glycinemax*, *Spodoptera* *eridania*, Nível de Ação, Relação injúria-dano.

4.2 ABSTRACT

This study aimed to determine the artificial injuries impact of *Spodoptera* spp., in reproductive structures (flowers and pods), as a basis to validate an economic threshold. Field and laboratory experiments were carried out in Londrina, Paraná, Brazil, in three harvests, from 2016 to 2019. The field trials were in a randomized block design, comparing injury levels in soybean reproductive structures. The first trial (2016/2017) compared 6 levels of holes in pods (0, 5, 10, 15, 20 and 25%), and the second trial (2017/2018), occurred in a factorial scheme, associating 3 defoliation levels (0, 7.5 and 15%) to 4 pods injury levels (0, 15, 20 and 25%), both with non-Bt soybean cultivar (BRS 388 RR), in R4. In the third trial (2018/2019), 4 flower removal levels (0, 25, 50 and 100%) were evaluated in Bt soybean cultivar (BRS 1001 IPRO), in R2. In the first two experiments, the number of pods was recorded in the two central lines of the plot and the number of pods to be damaged in each treatment was estimated. In the last trial, the number of total flowers was counted, in the two central lines, to estimate the quantity to be removed. At the end of the cycle, the two central lines of each plot, with the injuries applied, were harvested manually (12 meters in the first experiment, and 8 meters in the following tests). It was observed that, even with injuries caused both in leaves and pods of non-Bt cultivar, as well as in flowers of Bt cultivar, the soybean showed the same productivity of the control, indicating that the anticipated chemical control is not justified. The recommended economic threshold for controlling *Spodoptera* spp. in soybean must be 30% of defoliation in the vegetative stage, or 15% of defoliation and/or 25% pods injury for the non-Bt soybean (BRS 388 RR) in R4 stage, or 100% of flower removal for the Bt soybean (BRS 1001 IPRO) in R2 stage.

Keywords: *Glycine max*, *Spodoptera eridania*, Threshold, Injury-damage.

4.3 INTRODUÇÃO

A soja [*Glycinemax* (L.) Merrill] é uma das culturas economicamente mais importantes no mundo, sendo cultivada no Brasil, em aproximadamente 37 milhões de hectares, com produção de 124,8 milhões de toneladas, o que corresponde a 56% da área cultivada e a 48% da produção de grãos na safra 2019/2020 (CONAB, 2020). Em função da extensa área, a cultura está sujeita a ação de fatores climáticos e biológicos que podem afetar sua produtividade. Entre os fatores biológicos, destaca-se os lepidópteros-praga, que podem injuriar diferentes partes da planta, como *Spodoptera* spp. (SOSA-GÓMEZ et al., 2014).

Dentre as espécies deste gênero, *Spodoptera cosmioides* (Walker, 1858) e *Spodoptera eridania* (Stoll, 1782) (Lepidoptera: Noctuidae), são mais comuns em soja, possuindo grande capacidade de desfolha (BUENO et al., 2011), fato que requer atenção pelas perdas econômicas que podem ocasionar (SANTOS et al., 2005). Além dessas espécies, nas últimas safras, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) vem ocorrendo com maior frequência em cultivos de soja. O atual modelo agrícola, com abundante oferta de alimento, e sequência de plantas hospedeiras favoráveis, tem favorecido o aumento populacional dessas espécies (CONTE et al., 2020).

Neste cenário, verifica-se a tolerância de *S. cosmioides*, *S. eridania* e *S. frugiperda* às toxinas Cry1Ac, fato que se constitui em ameaça para a sustentabilidade de plantas Bt, usadas nos programas de manejo integrado de pragas (MIP), nessas culturas onde as pragas são importantes (BERNARDI et al., 2014; MACHADO et al., 2020). *Spodoptera* spp. são encontradas principalmente no estágio reprodutivo da cultura, ou seja, incidindo tanto sobre as folhas, como nas vagens (GAZZONI; YORINORI, 1995; SANTOS et al., 2005; BUENO et al., 2018).

Visando reduzir o surto populacional destas pragas, e aumentar o lucro, o controle químico tem sido a medida de manejo mais adotada (CORRÊA-FERREIRA et al., 2010). Entretanto, para manter a sustentabilidade da soja cultivada, é necessário que os inseticidas sejam utilizados apenas quando necessário, combinando harmonicamente múltiplas estratégias de manejo (ZALUCKI et al., 2009; BUENO et al., 2011), evitando-se prejuízos aos inimigos naturais (CARMO et al., 2010; MEISSLE et al., 2010).

Um dos princípios do MIP é a adoção do nível de ação (NA), definido como o momento recomendado, em que se deve iniciar uma estratégia de controle dos insetos, para evitar que sua população cause danos econômicos (STERN et al., 1959; PEDIGO et al., 1986).

Esses níveis partem da premissa de que a planta consegue tolerar uma quantidade de injúria, sem comprometer sua produtividade e seu retorno econômico (HIGLEY; PETERSON, 1996).

Neste contexto, nem todo inseto que se alimenta da planta (causando uma injúria) deve ser considerado uma praga que mereça controle. Sabe-se que a soja tolera algumas injúrias em campo, sem a perda de sua produtividade e, conseqüentemente, sem a necessidade de uma intervenção com controle químico antecipado (HIGLEY; PETERSON, 1996).

Para as principais pragas da soja que ocorrem no Brasil e suas injúrias (percevejos e lagartas desfolhadoras), já existem NAs consolidados e reavaliados por pesquisas recentes (BATISTELA et al., 2012; BUENO et al., 2015). O nível de ação, atualmente recomendado, para desfolha em soja é de 30%, no estágio vegetativo, e de 15% no reprodutivo (BUENO et al., 2011; BATISTELA et al., 2012; BUENO et al., 2020). Pequenas variações nos NAs podem existir em diferentes localidades. Contudo, os NAs para *Spodoptera* spp., considerando sua capacidade de danificar diretamente flores e vagens, foram pouco estudados até o momento. Diante disso, há uma preocupação crescente com ataques dessas espécies, principalmente na soja Bt, uma vez que este complexo de lagartas não é suscetível à toxina Cry1Ac (BERNARDI et al., 2014; RABELO et al., 2020), podendo acarretar aumento no uso de inseticidas para seu controle.

Uma alternativa para avaliar estes NAs nas estruturas reprodutivas da soja, seria estudar os efeitos de diferentes intensidades de injúria de *Spodoptera* spp. em áreas de soja, sob infestação natural. Porém, esta pesquisa depende da ocorrência da praga no campo. Sendo assim, optou-se por estudos de maneira controlada, com simulações por meio de injúria artificial. A maioria das publicações conduzidas através desta prática tem sido útil para compreender a resposta da planta de soja às injúrias, ocasionadas pelo consumo de área foliar, por *Chrysodeixis includens* (Walker, 1858) (Lepidoptera: Noctuidae) e *Anticarsia gemmatalis* (Hubner, 1818) (Lepidoptera: Eribidae) (MOSCARDI et al., 2012; BATISTELA et al., 2012). Entretanto, até onde conhecemos, não existem ainda pesquisas para avaliar as injúrias aplicadas nas estruturas reprodutivas da soja, como flores e vagens. Neste cenário, objetivou-se determinar o impacto de injúrias simuladas de *Spodoptera* spp. nas estruturas reprodutivas da soja (flores e vagens), como base para validar um nível de ação (NA).

4.4 MATERIAL E MÉTODOS

Três experimentos foram conduzidos no Estado do Paraná, no município de Londrina, em três safras consecutivas (2016/2017, 2017/2018 e 2018/2019), localizados na latitude de 23° 11' S, longitude 51° 11' W e altitude de 566 metros. Nesses estudos, avaliaram-

se diferentes intensidades de injúrias, aplicadas artificialmente em estruturas reprodutivas de soja, em condições de campo.

Os experimentos foram conduzidos em cultivares de sojaBt e não-Bt. A cultivar Bt utilizada foi aBRS 1001 IPRO, com grupo de maturidade relativa 6.2, e a não-Bt foi a cultivar BRS 388 RR, com grupo de maturidade 6.4. Inseticidas e fungicidas foram usados, quinzenalmente, na área total do experimento, para evitar qualquer fator adicional de perda de produtividade (pragas ou doenças), durante a condução dos experimentos.

4.4.1 Safra 2016/2017: Avaliação de Injúria nas Vagens

A área de cultivo foi semeada em 17 de outubro de 2016, com a cultivar de sojanão-BtBRS 388 RR (grupo de maturidade 6.4, hábito de crescimento indeterminado), com densidade de semeadura de 15,1 sementes por metro linear, e 0,45 metros de espaçamento entre linhas. O experimento foi conduzido em delineamento em blocos ao acaso, com seis tratamentos [níveis de injúria nas vagens de: 0% (controle); 5%; 10%; 15%; 20%; e 25% de vagens furadas] e cinco repetições, compostas por 6 linhas de soja de 6 metros de comprimento cada. Duas linhas de cada lado foram usadas como bordadura, e a injúria nas vagens, realizada nas duas linhas centrais de cada repetição.

No estágio de desenvolvimento R4 (FEHR; CAVINESS, 1977), as injúrias foram aplicadas nas vagens, simulando-se ataques de *Spodopteraspp.* As vagens foram furadas artificialmente, com broca manual de 4 milímetros, perfurando-se completamente a vagem de um lado ao outro da mesma, e assim, destruindo-se completamente o último grão da vagem (parte apical) selecionada ao acaso. Previamente à confecção dos furos, foi registrada a quantidade total de vagens, nas duas linhas centrais das parcelas e, estimado o número de vagens a serem danificadas, de acordo com a injúria (%) estabelecida para cada tratamento.

4.4.2 Safra 2017/2018: Avaliação da Interação de Injúria nas Vagens com Desfolha

Na safra 2017/2018, a área de cultivo foi semeada em 24 de outubro de 2017, novamente com a cultivar não-BtBRS 388 RR, com densidade de semeadura de 12,7 sementes por metro linear, e 0,45 metros de espaçamento entre linhas. O experimento nessa safra foi conduzido em delineamento em blocos ao acaso, em esquema fatorial 3 (níveis de desfolha) x 4 (níveis de injúria nas vagens), e quatro repetições, compostas por 6 linhas de soja de 4 metros de comprimento cada. Duas linhas de cada lado foram usadas como bordadura e a injúria nas folhas e vagens, realizada nas duas linhas centrais de cada repetição. Os níveis de desfolha estudados foram 0%; 7,5%; e 15% de desfolha, enquanto os níveis de injúria nas vagens foram

0%; 15%; 20% e 25% das vagens furadas. As injúrias foram aplicadas em plantas de soja, em estágio de desenvolvimento R4 (FEHR; CAVINESS, 1977), simulando-se ataques de *Spodoptera* spp. em vagens e folhas. Procedimentos similares ao descrito anteriormente foram realizados quanto à perfuração das vagens, sendo registrada a quantidade total de vagens, nas duas linhas centrais das parcelas, e estimado o número de vagens a serem danificadas. A desfolha artificial foi conduzida com o uso de tesouras, removendo-se manualmente $\frac{1}{4}$ (7,5%) ou meio (15%) trifólio central para cada tratamento em avaliação (GAZZONI & MOSCARDI, 1998), em todas as folhas da planta.

4.4.3 Safra 2018/2019: Avaliação de Injúria nas Flores

A soja foi semeada em 22 de outubro de 2018, com a cultivar BtBRS 1001 IPRO (grupo de maturidade 6.2, e hábito de crescimento indeterminado), com densidade de semeadura de 14,5 sementes por metro linear, e 0,45 metros de espaçamento entre linhas. O experimento foi conduzido em delineamento em blocos ao acaso, com quatro tratamentos [níveis de injúria nas flores de: 0% (controle); 10%; 25%; 50%; e 100% de flores removidas] e cinco repetições, compostas por 6 linhas de soja de 4 metros de comprimento cada. Duas linhas de cada lado foram usadas como bordadura, e a remoção das flores, realizada nas duas linhas centrais de cada repetição.

No estágio de desenvolvimento R2 (FEHR; CAVINESS, 1977), as injúrias foram aplicadas nas flores, simulando-se ataques de *Spodoptera* spp. As flores foram removidas artificialmente, com a utilização de pinças. Previamente à remoção das flores, foi registrada a quantidade de flores totais, nas duas linhas centrais das parcelas, e estimado o número de flores a serem removidas, de acordo com a injúria (%) estabelecida para cada tratamento.

4.4.4 Avaliações e Análise Estatística

Ao final do ciclo, as plantas das duas linhas centrais de cada parcela, com as injúrias aplicadas, foram colhidas manualmente e debulhadas para avaliação. A produtividade foi avaliada pelo rendimento da parcela na colheita, corrigindo-a para 13% de umidade o conteúdo de cada amostra (BATISTELA et al., 2012).

Os resultados obtidos nos experimentos foram submetidos à análise exploratória para avaliar as pressuposições de normalidade dos resíduos (SHAPIRO & WILK, 1965), homogeneidade de variância dos tratamentos e aditividade do modelo para permitir a aplicação da ANOVA (BURR & FOSTER, 1972). As médias foram comparadas pelo teste de

Tukey, a 5% de probabilidade de erro, utilizando-se o programa de análises estatísticas SAS (SAS INSTITUTE, 2009).

4.5 RESULTADOS

4.5.1 Safra 2016/2017: Avaliação de Injúria nas Vagens

A soja, na safra 2016/17, mesmo com diferentes intensidades de injúrias (5, 10, 15, 20 e 25%) nas vagens (R4), apresentou a mesma produtividade que a testemunha, sem injúrias (Tabela 1). Entretanto, nota-se que o número de vagens danificadas em R4 foi maior do que o número de vagens furadas no momento da colheita, que oscilou de 5%, 10%, 15%, 20% e 25% de vagens furadas no R4, para apenas 0,8%, 1,1%, 2,3%, 3,1%, e 3,7%, no momento da colheita. Em geral, a soja não-Bt (BRS 388 RR) não sofreu impacto com as intensidades de injúrias nas vagens avaliadas no período de desenvolvimento reprodutivo da soja, quando as mesmas estavam completamente desenvolvidas, em R4, não reduzindo a produtividade na colheita em comparação com a testemunha sem injúria (Tabela 1).

4.5.2 Safra 2017/2018: Avaliação da Interação de Injúria nas Vagens com Desfolha

Na safra 2017/2018, não houve interação entre as intensidades de desfolha de 7,5 e 15%, com os níveis de injúria aplicados nas vagens, de 15, 20 e 25%. Assim como na safra 2016/2017, a produtividade de grãos também se manteve semelhante à testemunha. Verificou-se do mesmo modo, uma diminuição no percentual das injúrias nas vagens, durante a colheita, em relação às injúrias nas vagens, em R4. Observou-se que o percentual de injúria de 15%, 20% e 25% de vagens furadas, em R4, foi reduzido para 6,7%, 8,1% e 9,3% de vagens furadas no momento da colheita, e que o percentual de desfolha de 7,5% e 15% também foi menor, representando 5,7% e 6,1%, o número de vagens furadas na colheita (Tabela 2). Neste caso, a cultivar de soja não-Bt (BRS 388 RR), de hábito de crescimento indeterminado, não foi impactada pelos níveis de injúrias nas vagens, mesmo quando aplicados em conjunto com as intensidades de desfolha, no período reprodutivo da soja, em que a vagem está completamente desenvolvida, no estágio R4 (Tabela 2).

3.5.3 Safra 2018/2019: Avaliação de Injúria nas Flores

As plantas de soja da cultivar Bt (BRS 1001 IPRO), submetidas a 25%, 50% e 100% de remoção das flores, apresentaram produtividade similar à testemunha sem injúria, onde não houve retirada de flores. No entanto, observou-se que o número de vagens, no

momento da colheita, foi maior em plantas de soja que tiveram 100% de suas flores removidas em estágio de desenvolvimento R2, quando comparado ao número de vagens da testemunha (Tabela 3).

Tabela 1. Variáveis agronômicas (média ± EP) em plantas de soja não-Bt(BRS 388 RR) submetidas a níveis simulados de injúria nas vagens, em estágio R4 (2 ruas de 6 metros cada). Londrina, Paraná, Brasil, Safra 2016/2017.

VagensFuradas	Estádio R4		Colheita					
	Vagenstotais	Vagens furadas ¹	Plantas	Vagens	Vagens furadas ¹	Perda de vagens (%)	Produtividade (Kg/ha)	Peso de 1000 grãos (gramas)
0%	1605,6 ± 165,1 ^{ns}	0,0 ± 0,0 c	156,6 ± 4,6	7572,0 ± 383,2 ^{ns}	0,0 ± 0,0 d	-	4567,2 ± 384,5 ^{ns}	143,9 ± 3,6 ^{ns}
5%	1394,4 ± 134,5	69,8 ± 6,7 b	151,6 ± 8,1	7293,0 ± 208,1	49,2 ± 4,3 c	28,6 ± 4,6 ^{ns}	4130,2 ± 419,2	139,2 ± 4,5
10%	1351,2 ± 226,3	135,2 ± 22,6 b	144,2 ± 6,1	8437,8 ± 833,2	85,8 ± 9,4 c	33,5 ± 6,0	4888,3 ± 451,5	146,5 ± 3,5
15%	1701,4 ± 206,9	255,2 ± 31,0 a	157,0 ± 4,0	7588,0 ± 198,5	176,2 ± 17,3 b	29,3 ± 4,8	4531,5 ± 481,3	143,6 ± 6,2
20%	1631,2 ± 193,4	326,2 ± 38,7 a	152,8 ± 7,0	7079,6 ± 421,4	217,0 ± 19,7 ab	31,9 ± 4,3	4062,0 ± 476,1	139,1 ± 5,9
25%	1554,0 ± 171,0	388,6 ± 42,8 a	146,6 ± 5,4	7361,4 ± 394,0	271,6 ± 26,3 a	29,2 ± 3,3	4061,1 ± 470,1	138,9 ± 5,5
CV (%)	23,99	16,15	8,65	13,57	13,21	32,70	11,19	3,91
p	0,6287	<0,0001	0,5708	0,4124	<0,0001	0,9220	0,0712	0,1774
F	0,70	60,44	0,79	1,06	88,70	0,22	2,43	1,71
GL_{resíduo}	20	20	20	20	20	16	20	20

Médias seguidas pela mesma letra, na mesma cada coluna, não diferem estatisticamente (Tukey a 5% de probabilidade). ¹Resultados originais transformados em $\sqrt{X + 1}$.
^{ns}Não houve diferença estatística entre os tratamentos.

Tabela 2. Variáveis agronômicas (média ± EP) em plantas de soja não-Bt(BRS 388 RR) submetidas a níveis simulados de injúria nas vagens com desfolha, em estágio R4 (2 ruas de 4 metros cada). Londrina, Paraná, Brasil, Safra 2017/2018.

Parâmetro	Estádio R4			Colheita					
	Vagens Totais	Vagensfuradas	Plantas	Vagens	Vagensfuradas	Perda de vagens (%) ¹	Produtividade (Kg/ha)	Peso de 1000 grãos (gramas)	
Furonasvagens	0%	2749,9 ± 165,3 ^{ns}	0,0 ± 0,0 c	93,9 ± 1,5 ^{ns}	5342,9 ± 109,8 ^{ns}	0,0 ± 0,0 c	-	4616,0 ± 104,3 ^{ns}	154,6 ± 2,2 ^{ns}
	15%	3093,7 ± 127,8	464,1 ± 19,2 b	94,6 ± 0,9	5389,8 ± 92,1	357,1 ± 19,4 b	22,8 ± 3,2 ^{ns}	4495,8 ± 191,3	154,1 ± 2,1
	20%	3154,9 ± 146,0	627,5 ± 28,8 a	94,8 ± 1,0	5478,8 ± 90,0	440,3 ± 21,8 a	29,2 ± 3,2	4444,0 ± 170,7	153,6 ± 2,4
	25%	2776,8 ± 163,8	711,0 ± 39,8 a	94,2 ± 1,0	5475,1 ± 100,6	506,7 ± 28,1 a	28,3 ± 2,4	4402,2 ± 139,4	152,9 ± 1,5
Desfolha	0%	3020,8 ± 154,4 ^{ns}	451,4 ± 71,8 ^{ns}	96,1 ± 0,8 a	5433,6 ± 93,4 ^{ns}	342,0 ± 52,8 ^{ns}	22,8 ± 2,9 ^{ns}	4608,7 ± 140,9 ^{ns}	154,7 ± 1,8 ^{ns}
	7,5%	2900,6 ± 113,5	458,3 ± 77,8	92,4 ± 0,9 b	5433,5 ± 88,91	308,5 ± 52,8	32,2 ± 3,1	4543,8 ± 127,6	154,3 ± 1,9
	15%	2909,9 ± 140,6	442,3 ± 73,7	94,7 ± 1,1 ab	5397,8 ± 72,7	327,6 ± 54,2	25,1 ± 2,6	4316,0 ± 121,8	152,4 ± 1,6
Estatística	CV(%)	17,05	18,81	3,53	5,65	21,23	18,14	9,06	4,25
	<i>p</i> _{vagens furadas}	0,1186	<0,0001	0,9147	0,6391	<0,0001	0,1670	0,6048	0,9300
	<i>p</i> _{desfolha}	0,7539	0,8678	0,0121	0,9301	0,4004	0,0552	0,1170	0,5808
	<i>p</i> _{vagens furadas *desfolha}	0,1834	0,0834	0,2634	0,3426	0,3319	0,1910	0,1710	0,6858
	F _{vagens furadas}	2,10	168,39	0,17	0,57	127,77	1,93	0,62	0,15
	F _{desfolha}	0,28	0,14	5,07	0,07	0,94	3,28	2,29	0,55
F _{vagens furadas *desfolha}	1,57	2,07	1,35	1,18	1,20	1,66	1,63	0,66	

Médias seguidas pela mesma letra, na mesma coluna, não diferem estatisticamente (Tukey a 5% de probabilidade). ¹Resultados originais transformados em $\sqrt{X + 1}$. ^{ns}Não houve diferença estatística entre os tratamentos.

Tabela 3. Variáveis agronômicas (média ± EP) em plantas de soja Bt(cultivar BRS 1001 IPRO) submetidas a níveis simulados de injúria nas flores, em estágio R2 (2 ruas de 4 metros cada). Londrina, Paraná, Brasil, Safra 2018/2019.

Remoção de flores	Estádio R2		Colheita			
	Flores totais	Flores removidas ¹	Plantas	Vagens	Produtividade (Kg/ha)	Peso de 1000 grãos (gramas)
0%	3128,4 ± 220,9 ^{ns}	0,0 ± 0,0 d	102,8 ± 2,6 ^{ns}	4616,4 ± 162,9b	2856,3 ± 171,8 ^{ns}	125,9 ± 1,3a
25%	2948,8 ± 168,6	737,4 ± 42,0 c	104,4 ± 2,5	5015,8 ± 182,1ba	3084,2 ± 178,9	125,3 ± 2,5a
50%	2921,6 ± 152,2	1460,8 ± 76,0 b	103,0 ± 1,3	4933,8 ± 84,2ba	3068,5 ± 109,5	126,0 ± 1,3a
100%	3136,2 ± 323,9	3136,2 ± 323,9 a	99,2 ± 1,9	5114,2 ± 103,8a	2940,3 ± 162,5	124,7 ± 2,3a
CV (%)	14,53	11,81	4,62	4,52	9,17	2,32
<i>p</i>	0,2727	<0,0001	0,4001	0,0090	0,0853	0,0235
F	1,45	87,30	1,14	4,77	2,42	3,67
GL _{resíduo}	7	7	7	7	7	7

Médias seguidas pela mesma letra, na mesma coluna, não diferem estatisticamente (Tukey a 5% de probabilidade). ¹Resultados originais transformados em $\sqrt{X + 1}$. ^{ns}Não houve diferença estatística entre os tratamentos.

4.6 DISCUSSÃO

A ausência de perdas de produtividade frente às intensidades das injúrias aplicadas artificialmente em vagens e folhas da cultivar de soja não-Bt(BRS 388 RR), no período de desenvolvimento reprodutivo da cultura, estágio R4, e em flores da cultivar de soja Bt(BRS 1001 IPRO), no estágio R2, indica que os níveis de injúria estudados não causam impacto nestas estruturas vegetais e podem ser usados como base para validação de NAs de *Spodoptera* spp., nas decisões do MIP-Soja.

Os NAs, atualmente recomendados para desfolha em soja, têm sido previamente avaliados pela pesquisa (BUENO et al., 2011; BATISTELA et al., 2012; HAYASHIDA et al., 2020). Para percevejos, igualmente, NAs foram validados e recomendados de forma mais segura para seu manejo (BUENO et al., 2015). Contudo, este é o primeiro estudo a determinar o impacto da injúria em plantas de soja, em um estudo de injúria simulada de *Spodoptera* spp. em estruturas reprodutivas (flores e vagens). Tal fato pode ocorrer durante o surto de *Spodoptera* spp., as quais podem atacar flores e vagens, além das folhas. É importante destacar que todos os experimentos desta pesquisa foram conduzidos em condições de campo (um estudo por ano), com a simulação de danos realizada de forma controlada, simulando-se condições muito próximas à realidade, para analisar a reação das plantas às injúrias, em condições ideais para seu cultivo.

No presente estudo, a cultivar de soja não-Bt(BRS 308 RR) não foi afetada pelas intensidades de injúria, nas vagens e folhas, assim como a cultivar Bt (BRS 1001 IPRO) mostrou capacidade de se recuperar frente à remoção de flores, corroborando com Batistela et al. (2012), em que os novos cultivares de soja (de ciclo precoce e com hábito de crescimento indeterminado), apresentam maior tolerância às injúrias causadas por insetos desfolhadores, sem perdas significativas de produtividade quando comparados aos cultivares de hábito de crescimento determinado. Os NAs recomendados no MIP-Soja não apresentam qualquer risco à produtividade, fato que se deve ao crescimento continuado dos novos cultivares, com emissão frequente de novas folhas, flores e vagens, que vão assegurar boa recuperação da planta em relação aos níveis de injúria avaliados, mantendo a produtividade, mesmo que, as folhas, flores ou vagens mais velhas tenham sido danificadas por insetos.

Segundo Batistela et al. (2012), somente a desfolha de 33,3%, durante toda a fase reprodutiva, ou ciclo inteiro, reduziu a produtividade da soja, apontando que NAs atuais (30% de desfolha na fase vegetativa e 15% de desfolha na fase reprodutiva) são tolerados, sem perdas de produtividade. Nesta pesquisa, nota-se uma redução no percentual de injúria de vagens

furadas, assim como, no percentual de injúria de vagens furadas e de desfolha, no momento da colheita, em comparação às injúrias aplicadas no estágio R4, nas safras 2016/2017 e 2017/2018, respectivamente.

Justifica-se que o número de vagens furadas, encontradas no momento da colheita, foi menor do que o número de vagens danificadas em R4, em função do abortamento de parte das vagens, após serem artificialmente danificadas, reduzindo o percentual de injúria. Este fato, associado à grande capacidade de emitir novas vagens, é ocorrência comum em cultivares de hábito de crescimento indeterminado, permitindo que as plantas se recuperem dos danos sofridos, e alcancem adequado potencial produtivo, apesar da herbivoria. Este mecanismo ocorre quando as plantas substituem ou reparam o tecido danificado, seja pela redistribuição de recursos limitados dentro da planta, ou ainda, pela capacidade em acumular reservas disponíveis, ou então, pela combinação de ambos (SADRAS, 1995; SERRAGO et al., 2013).

Mesmo em condições de simulação de maiores intensidades de injúrias, não somente em vagens, mas sobre vagens e folhas da cultivar de soja não-Bt (BRS 388 RR), a produtividade da soja se manteve constante na safra 2017/2018. Isto pode ser atribuído à característica inata de compensação desta planta, a qual se mostra bastante tolerante aos diferentes níveis de injúria (BUENO et al., 2010; KOCK et al., 2016). No estágio de crescimento reprodutivo (R5 a R7), à medida que o período de enchimento de grãos avança, a sensibilidade ao desfolhamento diminui (BOARD et al., 2010), pois as perdas foliares favorecem a penetração de luz, mesmo nas folhas mais inferiores, podendo resultar em compensação, por produção maior de fotossintetatos nas mesmas (TURNPSEED, 1972).

Em adição a emissão de novas vagens, a compensação na produtividade pode ser devida ao maior enchimento dos grãos remanescentes. Porém, os resultados expressam que a compensação pode estar relacionada à emissão de novas vagens, uma vez que o peso de 1000 grãos foi semelhante entre todos os tratamentos, nas duas primeiras safras conduzidas. Segundo Souza et al. (2014), a maior exigência de produtos da fotossíntese e de nutrientes ocorre entre os estádios R4 e R5, período de acúmulo de matéria seca nos grãos. Sendo assim, a maior produtividade da cultura está associada ao maior índice de área foliar no estágio R5, que é quando os grãos estão em fase de enchimento. Neste estágio, as cultivares mais precoces tem menor senescência foliar, sendo mais eficientes que as tardias, pois mantêm maior índice de área foliar em R5 (KUMUNDINI et al., 2001), e com a habilidade de maximizar a área foliar

pela quantidade de luz capturada por fotossíntese, são capazes de sustentar sua produtividade através da radiação interceptada pelo tecido fotossintético por flores e vagens.

No terceiro experimento (Safrá 2018/2019), a soja apresentou grande capacidade de se recuperar diante da remoção de flores, sem impacto na produtividade. Apesar da aparente limitação de recursos, ocasionada pela injúria na planta, apenas 25 a 30% das flores produzem vagens, a depender do vigor da planta no período de florescimento e da temperatura média, no momento da formação das vagens (FENDRICH, 2003). A alta produção de flores requer consumo de energia na planta, porém, em condições normais, a maioria sofre abortamento, a depender da relação fonte-dreno e da capacidade da planta em suportar estruturas reprodutivas excedentes (THOMAS & COSTA, 2010). Contudo, Monteiro et al. (2017), observaram que a desfolha artificial, nos estádios vegetativos, gerou influência negativa sobre o número de flores na soja. Esta redução foi compensada pela menor abscisão de flores remanescentes e maior fixação de vagens. Neste contexto, é importante ressaltar que, no presente ensaio, a planta foi mantida sem qualquer desfolhamento e que, a interação entre desfolhamento e perdas de flores, necessita ser estudada com mais detalhes em pesquisas futuras.

O fato de a produtividade ter se mantido constante, mesmo com a remoção de 100% de flores da soja Bt (BRS 1001 IPRO) no estádio R2, pode estar relacionado com novas estruturas reprodutivas, formadas após o florescimento pleno, resultando em maior produtividade de grãos por planta. Provavelmente, o início da abscisão da estrutura floral tenha sido causado pela competição entre as estruturas reprodutivas no racemo da soja, aliado à competição com o desenvolvimento vegetativo concomitante, comum nas cultivares de hábito de crescimento indeterminado, que possuem a capacidade de produzir estruturas reprodutivas e vegetativas ao mesmo tempo. Ainda neste contexto, Souza et al. (2014), trabalhando com a expressão do potencial de rendimento de cultivares de soja, relatam que uma planta eficiente na retenção de suas estruturas reprodutivas, não indica alto potencial de rendimento, e que tal índice, estimado na floração e no enchimento de grãos, não se mantém até a maturação.

Normalmente, os rendimentos da cultura estão diretamente relacionados à capacidade de interceptação de luz na copa da soja após a desfolha, resultando em diferenças significativas de nível de ação entre as diferentes cultivares (HAILE et al, 1998). Além disso, diferenças no desempenho são observadas entre as cultivares de crescimento determinado e indeterminado (MONTEIRO et al., 2017), e nos diferentes estádios fenológicos da soja

(STACKE et al., 2018), sugerindo-se mais estudos de níveis de ação, para essas espécies desfolhadoras.

Por outro lado, cultivares atuais de soja, Bt ou não-Bt, por apresentarem comportamentos distintos entre si, e serem bastante eficientes na utilização de recursos, podem, em algumas situações, suportar determinados níveis de injúria em suas estruturas reprodutivas, não se justificando o controle de *Spodoptera* spp., que pode afetar o custo de produção deste cultivo. Contudo, na recente realidade agrícola, mesmo sem a demanda de adotar medida de controle, sojicultores são temerosos em esperar maior intensidade de desfolha, sem aplicar inseticida. A principal razão é a aparência visual da planta, a qual parece menos produtiva, embora nossos resultados justifiquem que este fato não acontece. A ausência de desfolha deve desencadear maior crescimento da planta, como consequência de competição por luz entre as plantas (PARCIANELLO et al., 2004). Portanto, a altura da planta tem baixa relação com a produtividade. A perda foliar é compensada pela grande penetração de luz solar nas folhas inferiores, antes sombreadas, aumentando o total de produtos da fotossíntese, e mantendo a produção de grãos.

Dessa forma, os resultados desta pesquisa concluem que, os NAs recomendados de 30% de desfolha no vegetativo e 15% no reprodutivo, são confiáveis e merecem credibilidade, e portanto, podem ser recomendados para o controle de *Spodoptera* spp.. Entretanto, o nível de ação de 10% de vagens furadas é muito baixo, podendo ser tolerado um NA de no mínimo 25%, conforme observado em nossos resultados. Isso valida a importância da adoção do MIP, com a utilização de inseticidas somente quando for alcançado o nível de ação, uma vez que plantas de soja podem tolerar as intensidades de injúrias aplicadas neste estudo, sem reduzir a produtividade.

4.7 CONCLUSÃO

O nível de ação recomendado para controle de *Spodoptera* spp. em soja, deve ser de 30% de desfolha no período vegetativo, ou 15% de desfolha e/ou 25% de injúria nas vagens para a soja não-Bt (BRS 388 RR), em estágio R4, ou ainda, de 100% de remoção de flores para a soja Bt (BRS 1001 IPRO), em R2.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

É possível explorar a capacidade inata de tolerância das plantas de soja às injúrias dos insetos-praga, aliada ao retorno econômico (aumentando a lucratividade do sojicultor), através da adoção de um Nível de Ação (NA) adequado de controle, baseado nas estratégias do MIP-Soja, que respeitam a utilização racional de agrotóxicos, e a preservação dos recursos naturais e da saúde humana. Portanto, deve-se adotar o nível de ação de 30% de desfolha no período vegetativo, ou 15% de desfolha e/ou 25% de vagens furadas no período reprodutivo, para o manejo de *Spodoptera*spp. nas cultivares de soja estudadas, visando assegurar a sustentabilidade da cultura.

É necessário compreender o comportamento dos insetos, nos diferentes hospedeiros de importância econômica, sobretudo nos novos cultivares de soja. Os estudos dos aspectos biológicos relacionados à biologia de lepidópteros-pragas, como *Spodoptera*spp., são essenciais para a implementação das estratégias de MIP, especialmente para o uso correto e preservação da tecnologia Bt, tornando-a mais eficiente e mais sustentável. Como *Spodoptera eridania* é preferencialmente um inseto desfolhador que, eventualmente, danifica vagens, é desnecessário o excesso de pulverizações com inseticidas, comumente feito através do controle antecipado, sem critérios técnicos.

Neste estudo, as injúrias simuladas de *Spodoptera* spp. foram aplicadas em cultivares de ciclo precoce e hábito de crescimento indeterminado, em dois estádios reprodutivos da soja (R4 e R2). Considerando-se as diferenças entre as cultivares de crescimento determinado e indeterminado, com diferenças nos índices de área foliar e nos diferentes estádios fenológicos da soja, são sugeridos mais estudos de níveis de ação, para essas espécies desfolhadoras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDREWS, G.; DAVES, C.; KOGER, T.; REED, J.; BURDINE, B.; DODDS, D.; LARSON, E.; ROBBINS, J.; CATCHOT, A.; GORE, J.; MUSSER, F.; SMITH, J.; COOK, D.; JACKSON, R.; MCKIBBEN, P.; WINTERS, S. **Insect Control Guides for Cotton, Soybeans, Corn, Grain Sorghum, Wheat, Sweet Potatoes & Pastures**, v. 2471. Mississippi State University Extension Service, Publication, 2009. 64 p.
- BATISTELA, J.M.; BUENO, A.F.; NISHIKAWA, M.A.N.; BUENO, R.C.O.F.; HIDALGO, G.; SILVA, L.; CORBO, E.; SILVA, R.B. Re-evaluation of leaf-lamina consumer thresholds for IPM decision in short-season soybeans using artificial defoliation. **Crop Protection**, v.32, p.7–11, 2012.
- BAVARESCO, A.; GARCIA, M.S.; GRÜTZMACHER, A.D.; FORESTI, J.; RINGENBERG, R. Biologiacomparada de *Spodopterosmioides* (Walk.) (Lepidoptera: Noctuidae) em cebola, mamona, soja e feijão. **Ciência Rural**, v.33, n.6, p.993-998, 2003.
- BAVARESCO, A.; GARCIA, M. S.; GRÜTZMACHER, A. D.; RINGENBERG, R.; FORESTI, J. Adequação de uma dieta artificial para a criação de *Spodopterosmioides*(Walk.) (Lepidoptera: Noctuidae) em laboratório. **Neotropical Entomology**, v. 33, n. 2, p.155-161, 2004.
- BEHMER, S.T. Insect herbivore nutrient regulation. **Annual Review of Entomology**, v.54, p.165–187, 2009.
- BERNARDI, O.; SORGATTO, R.J.; BARBOSA, A.D.; DOMINGUES, F.A.; DOURADO, P.M.; CARVALHO, R.A.; MARTINELLI, S.; HEAD, G.P.; OMOTO, C. Low susceptibility of *Spodopterosmioides*, *Spodopteraeridania* and *Spodopterafrugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) to genetically-modified soybean expressing Cry1Ac protein. **Crop Protection**, v.58, p. 33-40, 2014.
- BOARD, J.E. Soybean cultivar differences on light interception and leaf area index during seed filling. **Agronomy Journal**, v. 96, p.305-310, 2004.
- BOARD, J.E.; KUMUDINI, S.; OMIELAN, J.; PRIOR, E.; KAHN, C.S. Yield response of soybean to partial and total defoliation during the seed-filling period. **Crop Science**, v.50, p.703-712, 2010.
- BOLZAN, A.; PADOVEZ, F. E. O.; NASCIMENTO, A. R. B.; KAISER, I. S.; LIRA, E. C.; AMARAL, F. S. A.; KANNO, R. H.; MALAQUIAS, J. B.; OMOTO, C. Selection and characterization of the inheritance of resistance of *Spodopterafrugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) to chlorantraniliprole and cross-resistance to other diamide insecticides. **Pest Management Science**, 2019.
- BOREGAS, K.G.; MENDES, S.M.; WAQUIL, J.M.; FERNANDES, G.W. Estágio de adaptação de *Spodopterafrugiperda*(J.E. Smith)(Lepidoptera: Noctuidae) em hospedeiros alternativos. **Bragantia**, Campinas, v.72, n.1, 2013.
- BORTOLI, L. C.; BERTIN, A.; EFRON, C. F. S.; BOTTON, M. Biologia e tabela de vida de fertilidade de *Spodopteraeridania* (Cramer) (Lepidoptera: Noctuidae) em morangueiro e videira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 4, p. 1068-1073, 2012.

BORTOLOTTO, O.C.; SILVA, G.V.; BUENO, A.F.; POMARI, A.F.; MARTINELLI, S.; HEAD, G.P.; CARVALHO, R.A.; BARBOSA, G.C.

Development and reproduction of *Spodoptera eridania* (Lepidoptera: Noctuidae) and its egg parasitoid *Telenomus remus* (Hymenoptera: Platygasteridae) on the genetically modified soybean (Bt) Mon 87701 x Mon 89788. **Bulletin of Entomological Research**, v. 104, n.6, p.724-730, 2014.

BRUCE, T.J.A.; WADHAMS, L.J.; WOODCOCK, C.M. Insect host location: a volatile situation. **Trends in Plant Science**, v. 10, p. 269–274, 2005.

BUENO, A.D.F.; BUENO, R.C.O.F.; PARRA, J.R.P.; VIEIRA, S.S. Effects of pesticides used in soybean crops to the egg parasitoid *Trichogramma pretiosum*. **Ciência Rural**, v. 38, n. 6, p. 1495–1503, 2008.

BUENO, R.C.O.F.; PARRA, J. R. P.; BUENO, A.F. Biological characteristics and thermal requirements of a Brazilian strain of the parasitoid *Trichogramma pretiosum* reared on eggs of *Pseudoplusia includes* and *Anticarsia gemmatalis*. **Biological Control**, v. 51, p. 355–361, 2009.

BUENO, A. F.; BATISTELA, M. J.; MOSCARDI, F.; BUENO, R.C.O.F.; NISHIKAWA, M.; HIDALGO, G.; SILVA, L.; GARCIA, A.; CORBO, E.; SILVA, R. B. **Níveis de desfolha tolerados na cultura da soja sem a ocorrência de prejuízos à produtividade**. Circular Técnica 79. Embrapa Soja, Londrina, 2010.

BUENO, R.C.O.F.; BUENO, A.F.; MOSCARDI, F.; PARRA, J.R.P.; HOFFMANN-CAMPO, C.B. Lepidopteran larvae consumption of soybean foliage: basis for developing multiple-species economic thresholds for pest management decisions. **Pest Management Science**, v. 67, n.1, p. 170-174, 2011.

BUENO, A. F.; PANIZZI, A. R.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; HOFFMANN-CAMPO, C. B.; SOSA-GÓMEZ, D. R.; GAZZONI, D. L.; HIROSE, E.; MOSCARDI, F.; CORSO, I. C.; OLIVEIRA, L. J.; ROGGIA, S. Histórico e evolução do manejo integrado de pragas da soja no Brasil. In:

BUENO, A. F.; PAULA-MORAES, S.V.; GAZZONI, D.L.; POMARI, A.F. Economic Thresholds in Soybean-Integrated Pest Management: Old Concepts, Current Adoption, and Adequacy. **Neotropical Entomology**, v. 42, n. 5, p. 439-447, 2013.

BUENO, A.F.; BORTOLOTTO, O.C.; POMARI, A.F.; FRANÇA-NETO, J.B. Assessment of a more conservative stink bug economic threshold for managing stink bugs in Brazilian soybean production. **Crop Protection**, v.71, p.132-137, 2015.

BUENO, A. F.; JUSTUS, C. M.; PASINI, A. Diferença no manejo de lagartas de difícil controle. **Revista Cultivar Grandes Culturas**, ano 19, n. 234, p. 22-25, 2018.

BUENO, A.F.; PANIZZI, A.R.; HUNT, T.E.; DOURADO, P.M.; PITTA, R.M.; GONÇALVES, J. Challenges for adoption of integrated pest management (IPM): the soybean example. **Neotropical Entomology**, Forum, 31 July 2020.

BURR, I.W.; FOSTER, L.A. A test for equality of variances. **Mimeo Series n° 282**. West Lafayette, Purdue University, 1972. 26p.

CABEZAS G., F.; MELO, M.; GARCÍA, M. S.; DIEZ-RODRÍGUEZ, G. I.; NAVA, D. E. Parasitismo de *Trichogrammapretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) sobre *Spodoptera cosmioides* (Lepidoptera: Noctuidae) a diferentes temperaturas. **Revista Colombiana de Entomología**, v. 39, n. 2, p. 216-220, 2013.

CAPINERA, J. L. Southern armyworm, *Spodoptera eridania* (Cramer) (Insecta: Lepidoptera: Noctuidae). **University of Florida**, 2005.

CARMO, E.L.; BUENO, A.F.; BUENO, R.C.O.F. Pesticide selectivity for the insect egg parasitoid *Telenomus remus*. **BioControl**, v.55, p.455-464, 2010.

CHOCOROSQUI, V.R.; PANIZZI, A.R. Nymph and adult biology of *Dichelops melacanthus* (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae) feeding on cultivated and non-cultivated host plants. **Neotropical Entomology**, v. 37, p. 353-360, 2008.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira - Grãos**. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuário-e-extrativista/analises-do-mercado/historico-mensal-de-soja>> . Acesso em: 9 nov. 2020.

CONTE, O.; OLIVEIRA, F.T.; HARGER, N.; CORRÊA-FERREIRA, B.S.; ROGGIA, S.; PRANDO, A.M.; SERATTO, C.D. **Resultados do manejo integrado de pragas da soja na safra 2016/2017 no Paraná**. Londrina: Embrapa Soja, (Documentos 394), 2017. 70p.

CONTE, O.; OLIVEIRA, F.T.; HARGER, N.; CORRÊA-FERREIRA, B.S.; ROGGIA, S.; PRANDO, A.M.; SERATTO, C.D. **Resultados do manejo integrado de pragas da soja na safra 2017/18 no Paraná**. Londrina: Embrapa Soja, (Documentos 402), 2018. 66p.

CONTE, O.; OLIVEIRA, F.T.; HARGER, N.; CORRÊA-FERREIRA, B.S.; ROGGIA, S.; PRANDO, A.M.; POSSAMAI, E. J.; REIS, E. A.; MARX, E. F. **Resultados do manejo integrado de pragas da soja na safra 2018/2019 no Paraná**. Londrina: Embrapa Soja, (Documentos 416), 2019. 63p.

CONTE, O.; POSSAMAI, E.J.; SILVA, G.C.; REIS, E.A.; GOMES, E.C.; CORRÊA-FERREIRA, B.S.; ROGGIA, S.; PRANDO, A.M. **Resultados do manejo integrado de pragas da soja na safra 2019/2020 no Paraná**. Londrina: Embrapa Soja, (Documentos 431), 2019. 65p.

CORRÊA-FERREIRA, B.S.; ALEXANDRE, T.M.; PELIZZARRO, G.C.; MOSCARDI, F.; BUENO, A. F. **Práticas de manejo de pragas utilizadas na soja e seu impacto sobre a cultura**. Londrina: Embrapa Soja, 2010. 15p. (Embrapa Soja. Circular técnica, 78).

FAVETTI, B. M.; BUTNARIU, A. R.; FOERSTER, L. A. Biology and reproductive capacity of *Spodoptera eridania* (Cramer) (Lepidoptera, Noctuidae) in different soybean cultivars. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 59, p. 89–95, 2015.

- FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. **Stages of soybean development**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, Agriculture and Home Economics Experiment Station, Cooperative Extension Service, 1977. 11p. (SpecialReport, 80).
- FENDRICH, R. Chuva e produtividade da soja na Fazenda experimental gralha azul da PUCPR. **Revista Acadêmica: Ciências agrárias e ambientais**, Curitiba, v.1, n.2, p.37- 46, 2003.
- FIGUEIREDO, M. L. C.; MARTINS-DIAS, A. M. P.; CRUZ, I. Relação entre a lagarta-do-cartucho e seus agentes de controle biológico natural na produção de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, p. 1693-1698, 2006.
- FREITAS, J.G.; TAKAHASHI, T.A.; FIGUEIREDO, L.L.; FERNANDES, P.M.; CAMARGO, L.F.; WATANABE, I.M.; FOERSTER, L.A.; FERNANDEZ-TRIANA, J.; SHIMBORI, E.M. First record of *Cotesia scotti* (Valerio and Whitfield, 2009) (Hymenoptera: Braconidae: Microgastrinae) comb. nov. parasitising *Spodoptera cosmioides* (Walk, 1858) and *Spodoptera aeridania* (Stoll, 1782) (Lepidoptera: Noctuidae) in Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 63, p. 238-244, 2019.
- GASTON, K. J.; REAVEY, D.; VALLADARES, G. Changes in feeding habit as caterpillars grow. **Ecological Entomology**, Oxford, v. 16, p. 339-344, 1991.
- GAZZONI, D.L. **Manejo de pragas da soja: uma abordagem histórica**. Londrina: Embrapa-CNPSO, Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. 72 p. (Documentos, 78).
- GAZZONI, D. L., YORINORI, J. T. **Manual de identificação de pragas e doenças da soja**. Brasília, Embrapa - SPI, 1995. 128p.
- GAZZONI, D.L.; MOSCARDI, F. Effect of defoliation levels on recovery of leaf area, on yield and agronomic traits of soybeans. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.33, p.411-424, 1998.
- GOERGEN, G. Southern armyworm, a new alien invasive pest identified in west and central Africa. **Crop Protection**, v. 112, p.371–373, 2018.
- GOLIZADEH, A.; KAMALI, K.; FATHIPOU, Y.; ABBASIPOUR, H. Life table of the diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) on five cultivated brassicaceous host plants. **Journal of Agricultural Science and Technology**, v. 11, p.115–124, 2009.
- GOMES, E.C.; HAYASHIDA, R.; BUENO, A.F. *Dichelops melacanthus* and *Euschistus heros* injury on maize: Basis for re-evaluating stink bug thresholds for IPM decisions. **Crop Protection**, v.130, n.105050, 2020.
- HABIB, M. E. M.; PALEARI, M. L.; AMARAL, M. E. C. Effect of three larval diets on the development of the armyworm, *Spodoptera latifascia* Walker, 1856 (Noctuidae: Lepidoptera). **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 1, p.177-182, 1983.
- HAILE, F.J.; HIGLEY, L.G.; SPECHT, J.E.; SPOMER, S.M. Soybean leaf morphology and defoliation tolerance. **Agronomy Journal**, v.90, p.353-362, 1998.

HAMMOND, R. B.; MICHEL, A.; EISLEY, J. B. Bean leaf beetle on soybean. The Ohio State University College of Food. **Agricultural and Environmental Science**, v. 23, p.4, 2014.

HAYASHIDA, R.; GODOY, C.V.; HOBACK, W.W.; BUENO, A.F. Are economic thresholds for IPM decisions the same for low LA soybean cultivars in Brazil? **Wiley Online Library**. 2020. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ps.6138>>. Acesso em: 1 nov. 2020.

HIGLEY, L. G.; PETERSON, R. K. D. The Biological Basis of the EIL. In: HIGLEY, L. G.; PEDIGO, L. P. (Eds). **Economic Thresholds for Integrated Pest Management**. Lincoln: University of Nebraska Press, 1996. p. 22-40.

HOFFMANN-CAMPO, C. B.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; MOSCARDI, F. **Soja: manejo integrado de insetos e outros artrópodes-praga**. Brasília, DF: Embrapa, 2012. p. 37-74.

IITA - International Institute of Tropical Agriculture. **New pest identified in West and Central Africa**. Disponível em: <<https://www.cgiar.org/news-events/news/new-pest-identified-west-central-africa/>>. Acesso em: 7 fev. 2019.

KOCH, R.L. et al. Biology and economics of recommendations for insecticide based management of soybean aphid. **Plant Health Progress**, v.17, n.4, p.265-269, 2016.

KOGAN, M. Plant resistance in pest management. In: METCALF, R.L.; LUCKMAN, W.H. (Ed.). **Introduction to insect pest management**. New York: John Wiley and Sons, 1976. p. 35-72.

KOGAN, M.; TURNIPSEED, S.G.; SHEPARD, M.; OLIVEIRA, E.B.; BORGIO, A. Pilot insect pest management program for soybean in southern Brazil. **Journal of Economic Entomology**, v. 70, p. 659-663, 1977.

KOGAN, M. Integrated pest management: historical perspectives and contemporary developments. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v. 43, p. 243-270, 1998.

KUMUDINI, S.; HUME, D.J.; CHU, G. Genetic improvement in short-season soybeans: I. Dry matter accumulation, partitioning, and leaf area duration. **Crop Science**, v.41, p.391-398, 2001.

LIN, H.; KOGAN, M. 1990. Influence of induced resistance in soybean on the development and nutrition of the soybean looper and Mexican bean beetle. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v.55, p.131-138, 1990.

LINCOLN, D.E.; FAJER, E.D.; JOHNSON, R.H. Plant insect herbivore interactions in elevated CO₂ environments. **Trends in Ecology and Evolution**, Amsterdam, v. 8, p. 64-68, 1993.

LUCAS, P. W.; TURNER, I. M.; DOMINY, N. J.; YAMASHITA, N. Mechanical defenses to herbivory. **Annals of Botany**, Oxford, v. 86, p. 913-920, 2000.

LUTTRELL, R.G.; WAN, L.; KNIGHTEN, K. Variation in susceptibility of noctuid (Lepidoptera) larvae attacking cotton and soybean to purified endotoxin proteins and

- commercial formulations of *Bacillus thuringiensis*. **Journal of Economic Entomology**, v.92, n.1, p.21-32, 1999.
- MACHADO, E.P. et al. Cross-crop resistance of *Spodoptera frugiperda* selected on Bt maize to genetically-modified soybean expressing Cry1Ac and Cry1F proteins in Brazil. **Scientific Reports**, v.10, n.10080, 2020.
- MATTHEWS, R.W.; MATTHEWS, J.R. **Insect behavior**. New York: John Wiley & Sons, 1978.
- MATTANA, A. L.; FOERSTER, L. A. Ciclo de vida de *Spodoptera eridania* (Cramer, 1782) (Lepidoptera: Noctuidae) em um novo hospedeiro, Bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth) (Leguminosae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 17, n. 1, p. 173-183, 1988.
- MEISSLE, M et al. Pest, pesticides use and alternative options in European maize production: current status and future prospects. **Journal of Applied Entomology**, v.134, p.357-375, 2010.
- MIRANDA, J. E. **Manejo integrado de pragas do algodoeiro no Cerrado brasileiro**. Circular Técnica 131. Embrapa Algodão, Campina Grande, 2010.
- MONTEIRO, M.A.; KOCH, F; NOBRE, F.L.L.; ZULLI, F.S.; ARAÚJO, B.O.N.; BORGES, E.G.; PEDÓ, T; AUMONDE, T.Z.; SANTOS, E.L. Intensidade de desfolha e desempenho de plantas de soja com diferentes hábitos de crescimento. **Scientia Agraria Paranaensis**, Marechal Cândido Rondon, v.16, n.2, p. 265-269, 2017.
- MONTEZANO, D.G.; SPECHT, A.; SOSA-GÓMEZ, D.R.; ROQUE-SPECHT, V.F.; DE BARROS, N.M. Biotic potential and reproductive parameters of *Spodoptera eridania* (Stoll) (Lepidoptera, Noctuidae) in the laboratory. **Revista Brasileira de Entomologia**, v.57, n.3, p. 340-346, 2013.
- MONTEZANO, D.G.; SPECHT, A.; SOSA-GÓMEZ, D.R.; ROQUE-SPECHT, V.F.; DE BARROS, N.M. Immature stages of *Spodoptera eridania* (Lepidoptera: Noctuidae): developmental parameters and host plants. **Journal of Insect Science**, v.14, n.238, 2014.
- MONTEZANO, D. G., SOSA-GÓMEZ, D. R., PAULA-MORAES, S. V., ROQUE-SPECHT, V. F., FRONZA, E. BARROS, N. M.; SPECHT, A. Immature development of *Spodoptera dolichos* (Fabricius) (Lepidoptera: Noctuidae). **Neotropical Entomology**, v.45, p. 22-27, 2015.
- MONTEZANO, D.G.; SPECHT, A.; SOSA-GÓMEZ, D.R.; ROQUE-SPECHT, V.F.; DE BARROS, N.M.; PAULA-MORAES, S. V.; PETERSON, J.A.; HUNT, T.E. Developmental parameters of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) immature stages under controlled and standardized conditions. **Journal of Agricultural Science**, v.11, n.8, 2019.
- MOREIRA, H.J.C.; ARAGÃO, F. D. **Manual de pragas da soja**. Campinas: FMC, 2009.
- MOSCARDI, F.; BUENO, A.F.; BUENO, R.C.O.F.; GARCIA, A. Soybean response to different injury levels at early development stages. **Ciência Rural**, v. 42, n. 3, p. 389-394, 2012.

- OERKE, E.C.; DEHNE, H.W. Safeguarding production – losses in major crops and the role of crop protection. **Crop Protection**, v. 23, p. 275-285, 2004.
- OERKE, E.C. Crop losses to pests. **The Journal of Agricultural Science**, v. 144, n. 1, p. 31, 2006.
- OLIVEIRA, C.M.; AUAD, A.M.; MENDES, S.M.; FRIZZAS, M.R. Crop losses and the economic impact of insect pests on Brazilian agriculture. **Crop Protection**, v. 56, p. 50–54, 2014.
- OMOTO, C. **Manejo da resistência de *Spodoptera frugiperda* a inseticidas na cultura do milho**. Mogi Mirim: IRAC, 2001. 8p.
- PARCIANELLO, G.; COSTA, J. A.; PIRES, J. L. F.; RAMBO, L.; SAGGIN, K. Tolerância da soja ao desfolhamento afetada pela redução do espaçamento entre fileiras. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.2, p.357-364, 2004.
- PAULA-MORAES, S. V.; HUNT, T. E.; WRIGHT, R. J.; HEIN, G. L.; BLANKENSHIP, E. E. On-plant movement and feeding of Western Bean Cutworm (Lepidoptera: Noctuidae) early instars on corn. **Environmental Entomology**, v. 41, n. 6, p. 1494-1500, 2012.
- PAULA-MORAES, S.V.; HUNT, T.E.; WRIGHT, R.J.; HEIN, G.L.; BLANKENSHIP, E.E. Western bean cutworm survival and the development of economic injury levels and economic thresholds in field corn. **Journal of Economic Entomology**, v.106, p.1274 -1285, 2013.
- PANNUTI, L. E. R.; BALDIN, E. L. L.; HUNT, T. E.; PAULA-MORAES, S. V. On-plant larval movement and feeding behavior of fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) on reproductive corn stages. **Environmental Entomology**, 2015, v. 0, n. 0, p. 1-9, 2015.
- PANIZZI, A.R.; PARRA, J.R.P. **A ecologia nutricional e o manejo integrado de pragas**. p. 313-336. In: Panizzi, A.R.; Parra, J.R.P. (Org.). *Ecologia nutricional de insetos e suas implicações no manejo de pragas*. São Paulo, Manole, 1991, 412 p.
- PANIZZI, A.R. Wild hosts of pentatomids: ecological significance and role in their pest status on crops. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 42, p. 99-122, 1997.
- PANIZZI, A.R.; PARRA, J.R.P. **A bioecologia e a nutrição de insetos como base para o manejo integrado de pragas**. p.1107- 1139. In: Panizzi, A.R.; Parra, J.R.P. (Org.). *Bioecologia e Nutrição de Insetos: base para o manejo integrado de pragas*. Brasília, Embrapa, 2009, 1164p.
- PANIZZI, A. R.; BUENO, A. F.; SILVA, F. A. C. Insetos que atacam as vagens. In: HOFFMANN-CAMPO, C. B.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; MOSCARDI, F. **Soja: manejo integrado de insetos e outros artrópodes-praga**. Brasília, DF: Embrapa, 2012. p. 335-420.
- PASINATO, J.; REDAELLI, L.R.; BOTTON, M.; JESUS-BARROS, C.R. Biology and fertility life table of *Bactrocera carambolae* on grape and acerola. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 63, p.217-223, 2019.
- PEDIGO, L. P.; HUTCHINS, S. H.; HIGLEY, L. G. Economic injury levels in theory and practice. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, CA, v. 31, n. 1, p. 341-368, 1986.

- PERKINS, L.E.; CRIBB, B.W.; HANAN, J.; ZALUCKI, M.P. The movement and distribution of *Helicoverpa armigera* (Hubner) larvae on pea plants is affected by egg placement and flowering. **Bulletin of Entomological Research**, v. 100, p. 591-598, 2010.
- POGUE, G. M. A world revision of the genus *Spodoptera* Guenée (Lepidoptera: Noctuidae). **Memoirs of the American Entomological Society**, Philadelphia, v. 43, p. 1-202, 2002.
- POOLE, R. W. **Lepidopterous Catalogus Noctuidae**. Leiden: E.J. Brill, Flora; Fauna Publications, 1989. pt 2. (New Series, Fascicle 118).
- PROKOPY, R.J.; KOGAN, M. **Integrated pest management**. In: RESH, V.H.; CARDÉ, R.T. (Ed.). *Encyclopedia of Insects*. New York, Academic Press, 2003, p. 4-9.
- RABELO, M.M.; MATOS, J.M.L.; SANTOS-AMAYA, O.F.; FRANÇA, J.C.; GONÇALVES, J.; PAULA-MORAES, S. V.; GUEDES, R.N.C.; PEREIRA, E.J.G. Bt-toxin susceptibility and hormesis-like response in the invasive Southern armyworm (*Spodoptera eridania*). **Crop Protection**, v. 132, n. 105129, 2020.
- ROSE, U.S.R.; TUMLINSON, J.H. Volatiles released from cotton plants in response to *Helicoverpa zea* feeding damage on cotton flower buds. **Planta**, v.218, p.824-832, 2004.
- SADRAS, V.O. Compensatory growth in cotton after loss of reproductive organs. **Field Crops Research**, v.40, p.1-18, 1995.
- SANTOS, K. B.; MENEGUIM, A. M.; NEVES, P. M. O. J. Biologia de *Spodoptera eridania* (Cramer) (Lepidoptera: Noctuidae) em diferentes hospedeiros. **Neotropical Entomology**, v. 34, p. 903-910, 2005.
- SANTOS, K. B. dos; MENEGUIM, A. M.; SANTOS, W. J. dos; NEVES, P. M. O. J.; SANTOS, R. B. dos. Caracterização dos danos de *Spodoptera eridania* (Cramer) e *Spodoptera cosmioides* (Walker) (Lepidoptera: Noctuidae) a estruturas de algodoeiro. **Neotropical Entomology**, v. 39, n. 4, p. 626-631, 2010.
- SAS INSTITUTE. **SAS User's Guide: Statistics**, Version 8e. SAS Institute, Cary, NC, 2009.
- SAVOIE, K. L. Selective feeding by species of *Spodoptera* (Lepidoptera: Noctuidae) in a bean field with minimum tillage. **Turrialba**, v. 38, p. 67-70, 1988.
- SERRAGO, R.A.; ALZUETA, I.; SAVIN, R.; SLAFER, G.A. Understanding grain yield responses to source-sink ratios during grain filling in wheat and barley under contrasting environments. **Field Crop Research**, v.150, p.42-51, 2013.
- SHAPIRO, S.S.; WILK, M.B. An analysis of variance test for normality (complete samples). **Biometrika**. v. 52, p. 591-611, 1965.
- SILVA, D. M.; BUENO, A. F.; ANDRADE, K.; STECCA, C. S.; NEVES, P. M. O. J.; OLIVEIRA, M. C. N. Biology of *Spodoptera eridania* and *Spodoptera cosmioides* (Lepidoptera: Noctuidae) on different host plants. **Florida Entomologist**, v. 100, n. 4, p. 752-760, 2017.
- SILVA, G.V. **Efeito de plantas Bt de soja e milho sobre pragas não-alvo e seus inimigos**

naturais.2013. 84f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Universidade Federal do Paraná. Curitiba.

SILVA, G.V.; BUENO, A.F.; BORTOLOTTI, O.C.; SANTOS, A.C.; POMARI-FERNANDES, A. Biological characteristics of black armyworm *Spodoptera cosmioides* on genetically modified soybean and corn crops that express insecticide *Cry* proteins. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 60, p. 255–259, 2016.

SLANSKY JUNIOR, F.; RODRIGUEZ, J. G. Nutritional ecology of insects, mites, spiders, and related invertebrates: an overview. In: SLANSKY JUNIOR, F.; RODRIGUEZ, J. G. (Ed.). **Nutritional ecology of insects, mites, spiders, and related invertebrates**. New York: J. Wiley, 1987. p. 1-69.

SOSA-GÓMEZ, D.R.; GAZZONI, D.L.; CORRÊA-FERREIRA, B.S.; MOSCARDI, F. Pragas da soja e seu controle. In: Arantes, N.P., Souza, P.I.M. (Eds.), **Cultura da soja nos Cerrados**. Potafós, Piracicaba, 1993. p. 299–331.

SOSA-GÓMEZ, D.R.; CORRÊA-FERREIRA, B.S.; HOFFMANN-CAMPO, C.B.; CORSO, I.C.; OLIVEIRA, L.J. (*IN MEMORIAM*); MOSCARDI, F. (*IN MEMORIAM*); PANIZZI, A.R.; BUENO, A.F.; HIROSE, E.; ROGGIA, S. **Manual de identificação de insetos e outros invertebrados da cultura da soja**, 3.ed. Londrina: Embrapa Soja, 2014, 100p.

SOUZA, B.H.S.; BOIÇA-JÚNIOR, A.L.; JANINI, J.C.; SILVA, A.G.; RODRIGUES, N.E.L. Feeding of *Spodoptera eridania* (Lepidoptera: Noctuidae) on soybean genotypes. **Revista Colombiana de Entomologia**, v. 38, p. 215-223, 2012.

SOUZA, B.H.S.; SILVA, A.G.; JANINI, J.C.; BOIÇA JÚNIOR, A.L. Antibiosis in soybean genotypes and the resistance level to *Spodoptera eridania* (Cramer) (Lepidoptera: Noctuidae). **Neotropical Entomology**, v. 43, p.582–587, 2014.

SOUZA, V.Q; NARDINO, M.; FOLLMANN, D.N.; BAHRY, C.A.; CARON; B.O.; ZIMMER, P.D. Caracteres morfofisiológicos e produtividade da soja em razão da desfolha no estádio vegetativo. **Científica**, Jaboticabal, v.42, n.3, p.216-223, 2014.

SPECHT, A.; MONTEZANO, D. G.; SOSA-GÓMEZ, D. R.; PAULA-MORAES, S. V.; ROQUE-SPECHT, V. F.; BARROS, N. M. Reproductive potential of *Spodoptera eridania* (Stoll) (Lepidoptera: Noctuidae) in the laboratory: effect of multiple couples and the size. **Brazilian Journal of Biology**, v. 76, n. 2, p. 526-530, 2016.

STACKE, R.F.; ARNEMANN, J.A.; ROGERS, J.; STACKE, R.S.; STRAHL, T.T.; PERINI, C.R.; DOSSIN, M.F.; POZEBON, H.; CAVALLIN, L.A.; GUEDES, J.V.C. Damage assessment of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) in soybean reproductive stages. **Crop Protection**, v.112, p.10-17, 2018.

STERN, V. M.; SMITH, R. F.; van den BOSCH, R.; HAGEN, K. S. The integration of chemical and biological control of the spotted aphid: The integrated control concept. **Hilgardia**, Berkeley, CA, v. 29, n. 2, p. 81-101, 1959.

TAY, W.T.; GORDON, K.H.J. Going global - genomic insights into insect invasions. **Current Opinion in Insect Science**, v. 31, p. 123-130, 2019.

TECNOLOGIAS de produção de soja - região central do Brasil 2012 e 2013. Londrina: Embrapa Soja, 2011. 261 p. (Embrapa Soja. Sistemas de Produção, 15).

THOMAS, A. L.; COSTA, J. A. Desenvolvimento da planta de soja e o potencial de rendimento de grãos. In: THOMAS, A. L.; COSTA, J. A. (Org.). **Soja: manejo para alta produtividade de grãos**. Porto Alegre: Evangraf, 2010. p.13-34. 243p.

TURNIPSEED, S.G. Response of soybeans to foliage losses in South Carolina. **Journal of Economic Entomology**, v.65, n.1, p.224-229, 1972.

VENDRAMIM, J.D.; GUZZO, E.C. **Resistência de plantas e a bioecologia e nutrição de insetos**, p.1055-1106, In: Panizzi, A.R.; Parra, J.R.P. (Org.). Bioecologia e Nutrição de Insetos: base para o manejo integrado de pragas. Brasília, Embrapa, 2009, 1164p.

XU, B.; ZHEN, H.; LU, Q.; ZHAO, S. HU, Z. Three evidence of the original area of soybean. In: World Soybean Research Conference, 1989, Buenos Aires. **Proceedings...** Buenos Aires: Association Argentina de la Soja, 1989. p. 124-128.

ZALUCKI, M.P.; ADAMSON, D.; FURLONG, M.J. The future of IPM: whither or wither? **Australian Journal of Entomology**, v.48, p.85-96, 2009.