

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS

**Distribuição espacial e amostragem sequencial
da entomofauna associada ao feijoeiro
Phaseolus vulgaris L.**

NAHARA GABRIELA PIÑEYRO FERREIRA

**DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL
2021**

Distribuição espacial e amostragem sequencial da entomofauna associada ao feijoeiro *Phaseolus vulgaris* L.

NAHARA GABRIELA PIÑEYRO FERREIRA

Bacharel em Biotecnologia. Mestre em Agronomia

Orientador: PROF. DR. MARCOS GINO FERNANDES

Co-orientadora: PROF. DRA. LILIAM SILVIA CANDIDO

Tese apresentada à Universidade Federal da Grande Dourados, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia – Produção Vegetal, para obtenção do título de Doutora em Agronomia.

Dourados

Mato Grosso do Sul

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

F382d Ferreira, Nahara Gabriela Pineyro

Distribuição espacial e amostragem sequencial da entomofauna associada ao feijoeiro *Phaseolus vulgaris* L. [recurso eletrônico] / Nahara Gabriela Pineyro Ferreira. -- 2021.
Arquivo em formato pdf.

Orientador: Marcos Gino Fernandes.

Coorientadora: Liliam Silvia Candido.

Tese (Doutorado em Agronomia)-Universidade Federal da Grande Dourados, 2021.

Disponível no Repositório Institucional da UFGD em:

<https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio>

1. Amostragem sequencial. 2. Genótipos. 3. Manejo Integrado de Pragas. 4. *Phaseolus vulgaris*. 5. Poisson. I. Fernandes, Marcos Gino. II. Candido, Liliam Silvia. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

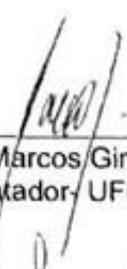
©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.

Distribuição espacial e amostragem sequencial da entomofauna associada ao feijoeiro *Phaseolus vulgaris* L.

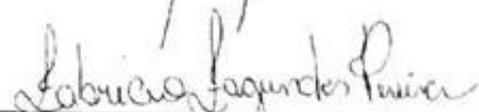
por

Nahara Gabriela Piñeyro Ferreira

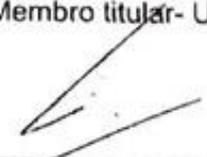
Tese apresentada como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de DOUTORA EM AGRONOMIA



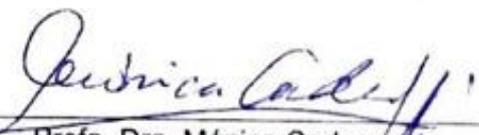
Prof. Dr. Marcos Gino Fernandes
Orientador- UFGD/FCA



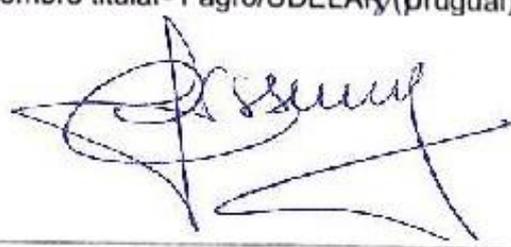
Prof. Dr. Fabricio Fagundes Pereira
Membro titular- UFGD/FCA



Prof. Dr. Gonzalo Martinez Crosa
Membro titular- INIA (Uruguai)



Profa. Dra. Mónica Cadenazzi
Membro titular- Fagro/UDELAR (Uruguai)



Profa. Dra. Rosilda Mara Mussury
Membro titular- UFGD/ FCBA

Aprovada em: 19 de maio de 2021

À minha família, amigos uruguaios e brasileiros, pelo apoio incondicional em todos os momentos da vida, principalmente a meu esposo Antonio, meus filhos Ignacio e Gabriel, a meu falecido pai Héctor Manuel e minha mãe María Emilia, sem eles nenhuma conquista valeria a pena.

DEDICO

AGRACECIMENTOS

À Universidade Federal da Grande Dourados e à Faculdade de Ciências Agrárias pela oportunidade de realizar o Doutorado.

Ao Professor Doutor Marcos Gino Fernandes pela oportunidade de ser sua orientanda, a disponibilidade, os ensinamentos, as contribuições, as críticas construtivas, a paciência e o apoio.

À Professora Doutora Liliam Silvia Cândido pela oportunidade de formar parte do grupo de Melhoramento e Biotecnologia Vegetal - GMBV, a coorientação, as contribuições, a disponibilidade e paciência.

Ao Professor Doutor Manoel Carlos Gonçalves pelos ensinamentos, incentivo e oportunidade de realizar o estágio docência.

Aos colegas Priscila Carvalho Silva, Claudia Alessandra Castanharo, Everson Rader, Vicente Bonini e Jallerson Ribeiro de Souza pelo apoio e as contribuições durante a condução dos experimentos a campo.

À CAPES pela bolsa concedida e ao CNPq e FUNDECT pelo apoio financeiro.

Aos membros da Banca examinadora pelas valiosas sugestões e críticas construtivas.

A todos que de alguma forma colaboraram para realização deste trabalho

SUMÁRIO

Resumo Geral	12
<i>Capítulo 1. Revisão bibliográfica</i>	14
1.1. Introdução	16
1.2. Origem e distribuição geográfica	17
1.3. Importância do feijão na dieta humana e produção no Brasil	18
1.4. Principais insetos que atacam o feijoeiro comum	19
1.5. Distribuição espacial de insetos	21
1.6. A distribuição espacial condiciona o comportamento dos insetos	23
1.7. Modificações no ambiente podem favorecer o estabelecimento de predadores	24
1.8. Características de Fabaceae relacionadas à entomofauna	25
1.9. Considerações finais	28
1.9. Referências bibliográficas	28
<i>Capítulo 2. Entomofauna associada ao feijoeiro Phaseolus vulgaris L.</i>	35
2.1. Introdução	37
2.2. Materiais e métodos	38
2.2.1. Insetos avaliados	38
2.2.2. Área de amostragem e material de estudo	39
2.2.3. Método de amostragem e análise estatística	40
2.3. Resultados	40
2.4. Discussão	47
2.5. Conclusão	49
2.6. Agradecimentos	50
2.7. Referências bibliográficas	50
<i>Capítulo 3. Amostragem sequencial de Diabrotica speciosa (Germar)</i> (Coleoptera: Chrysomelidae) em feijoeiro <i>Phaseolus vulgaris L.</i>	53
3.1. Introdução	55
3.2. Materiais e métodos	58
3.2.1. Área de amostragem e material de estudo	58
3.2.2. Método de amostragem e análise estatística	58
3.2.3. Condições climáticas durante as safras estudadas	61
3.3. Resultados	63
3.3.1. Preferência da vaquinha verde amarela pelos novos genótipos de feijão	63
3.3.2. Flutuação populacional de <i>D. speciosa</i> em feijão comum	63
3.3.3. Índices de dispersão de <i>D. speciosa</i>	64
3.3.4. Plano de Amostragem Sequencial	65

3.4. Discussão	74
3.4.1. Preferência da vaquinha verde amarela pelos novos genótipos de feijão	74
3.4.2. Flutuação populacional de <i>D. speciosa</i> em feijão comum	74
3.4.3. Índices de dispersão de <i>D. speciosa</i>	75
3.4.4. Plano de Amostragem Sequencial.....	76
3.5. Conclusão	77
3.6. Agradecimentos	77
3.7. Referências bibliográficas	77
Capítulo 4. Amostragem sequencial do complexo de percevejos em feijoeiro <i>Phaseolus vulgaris</i> L	81
4.1. Introdução	84
4.2. Materiais e métodos	85
4.2.1. Área de amostragem e material de estudo	85
4.2.2. Método de amostragem e análise estatística.....	86
4.2.3. Condições climáticas durante as safras estudadas	89
4.3. Resultados	90
4.3.1. Preferência do complexo de percevejos pelos novos genótipos de feijão	90
4.3.2. Flutuação populacional do complexo de percevejos em feijão comum	90
4.3.3. Índices de dispersão do complexo de percevejos	91
4.3.4. Plano de Amostragem Sequencial.....	92
4.4. Discussão	100
4.5. Conclusão	102
4.6. Agradecimentos	103
4.7. Referências bibliográficas	103
Conclusão geral	106
Considerações finais	107
Anexo 1: Fichas de campo.....	108
Anexo 2: Ilustrações dos insetos amostrados	110
Anexo 3: Planilha de campo para anotação dos insetos amostrados	115
Anexo 4: Croqui de casualização dos genótipos de feijão de acordo com sorteio previamente realizado	118

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1. Insetos que atacam o feijoeiro versus fenologia da planta	20
Figura 1.2. A distribuição espacial de uma população responde a três modelos: agregado, aleatório e uniforme.....	22
Figura 2.1. Número e porcentagem de insetos amostrados	43
Figura 2.2. Dendograma. Representa a hierarquia de grupos de espécies de insetos amostrados resultante da análise de agrupamento pelo método hierárquico y a relação de grupos pelo método de Ward. Os números (1 ao 9) no eixo horizontal representam as espécies de insetos estudadas: 1- <i>D. speciosa</i> ; 2- <i>C. arcuata</i> ; 3- <i>C. sanguínea</i> ; 4- <i>L. villosa</i> ; 5- <i>E. heros</i> ; 6- <i>N. viridula</i> ; 7- <i>E. meditabunda</i> ; 8- <i>S. subsignatus</i> ; 9- <i>Dichelops</i> spp	45
Figura 2.3. Scree plot. Representa os componentes principais a serem retidos, sendo estes os que se encontram a esquerda do declive.....	46
Figura 2.4. Gráfico biplot da análise de componentes principais CP1 y CP2, contendo as espécies de insetos amostrados.....	47
Figura 3.1. Flutuação de temperatura (°C) observada nos períodos de 1° safra: 15/08/2018 ao 14/11/2018; 2° safra: 27/10/2018 ao 02/02/2019 e 3° safra: 28/03/2019 ao 28/06/2019. DAS: dias após semeadura. Dados obtidos da estação meteorológica da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa / CPAO, 2018/ 2019.....	62
Figura 3.2. Flutuação de precipitação (mm) observada nos períodos de 1° safra: 15/08/2018 ao 14/11/2018; 2° safra: 27/10/2018 ao 02/02/2019 e 3° safra: 28/03/2019 ao 28/06/2019. DAS: dias após semeadura. Dados obtidos da estação meteorológica da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa / CPAO, 2018/ 2019.....	63
Figura 3.3. Flutuação populacional de <i>Diabrotica speciosa</i> (Germar) (Coleoptera: Chrysomelidae) em feijão comum, na Fazenda Experimental da Universidade Federal da Grande Dourados, MS, nos períodos de 1° safra: 15/08/2018 ao 14/11/2018; 2° safra: 27/10/2018 ao 02/02/2019 e 3° safra: 28/03/2019 ao 28/06/2019. Sendo a primeira data a de semeadura e a segunda a de colheita. DAS: dias após a semeadura.....	68
Figura 3.4. Linhas de decisão do plano de amostragem sequencial para o número adultos de <i>Diabrotica speciosa</i> (Coleoptera: Chrysomelidae) com base na distribuição de Poisson.....	71
Figura 3.5. Curva característica de operação do teste sequencial da razão de probabilidade para o número de indivíduos de <i>D. speciosa</i> por pano de batida.	72
Figura 3.6. Curva do tamanho esperado de unidades amostrais $E_p(n)$ do teste sequencial da razão de probabilidade para adultos de <i>D. speciosa</i>	73
Figura 4.1. Flutuação de temperatura (°C) observada nos períodos de 1° safra: 15/08/2018 ao 14/11/2018; 2° safra: 27/10/2018 ao 02/02/2019 e 3° safra: 28/03/2019 ao 28/06/2019. DAS: dias após semeadura. Dados obtidos da estação meteorológica da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa / CPAO, 2018/ 2019.....	89

Figura 4.2. Flutuação de precipitação (mm) observada nos períodos de 1° safra: 15/08/2018 ao 14/11/2018; 2° safra: 27/10/2018 ao 02/02/2019 e 3° safra: 28/03/2019 ao 28/06/2019. DAS: dias após semeadura. Dados obtidos da estação meteorológica da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa / CPAO, 2018/ 2019.....	90
Figura 4.3. Flutuação populacional do complexo de percevejos em feijão comum, na Fazenda Experimental da Universidade Federal da Grande Dourados, MS, nos períodos de 1° safra: 15/08/2018 ao 14/11/2018; 2° safra: 27/10/2018 ao 02/02/2019 e 3° safra: 28/03/2019 ao 28/06/2019. Sendo a primeira data a de semeadura e a segunda a de colheita. DAS: dias após a semeadura	95
Figura 4.4. Linhas de decisão do plano de amostragem sequencial para o número percevejos adultos com base na distribuição binomial negativa	98
Figura 4.5. Curva característica de operação do teste sequencial da razão de probabilidade para o número de indivíduos de percevejos por pano de batida 99	
Figura 4.6. Curva do tamanho esperado de unidades amostrais $E\lambda(n)$ do teste sequencial da razão de probabilidade para adultos do complexo de percevejos	100

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1. Total de insetos amostrados por espécie e por safra (consecutivas 2018-2019) na Fazenda Experimental da Universidade Federal da Grande Dourados. Mato Grosso do Sul, Brasil.	42
Tabela 2.2. Médias de indivíduos por genótipo de feijão estudado ao longo de três safras consecutivas (2018-2019) na Fazenda Experimental da Universidade Federal da Grande Dourados. Mato Grosso do Sul, Brasil	44
Tabela 2.3. Correlação entre cada variável e um componente principal	46
Tabela 3.1. Médias de adultos de <i>Diabrotica speciosa</i> (Germar) (Coleoptera: Chrysomelidae) em 20 genótipos de feijão comum. Dourados-MS, Fazenda Experimental da Universidade Federal da Grande Dourados, 2018/2019	67
Tabela 3.2. Estatísticas: medias (m) e variâncias (S ²) de adultos de <i>Diabrotica speciosa</i> (Germar) (Coleoptera: Chrysomelidae) e índices de dispersão: razão variância/media (I); índice de Morisita (I δ); expoente K da binomial negativa (K) e qui-quadrado calculado (χ^2) em feijão. Dourados- MS, Brasil, Fazenda Experimental da Universidade Federal da Grande Dourados, 2018/2019	69
Tabela 3.3. Teste de qui-quadrado (χ^2) para as frequências observadas e esperadas de adultos de <i>D. speciosa</i> em feijão no ajuste para as distribuições de Poisson, Binomial Negativa e Binomial Positiva. Dourados – MS, Brasil, Fazenda Experimental da Universidade Federal da Grande Dourados, 2018/2019	70
Tabela 4.1. Médias de adultos de percevejos em 20 genótipos de feijão comum. Dourados-MS, Fazenda Experimental da Universidade Federal da Grande Dourados, 2018/2019	94
Tabela 4.2. Estatísticas: medias (m) e variâncias (S ²) de adultos do complexo de percevejos em feijão comum e índices de dispersão: razão variância/media (I); índice de Morisita (I δ); expoente K da binomial negativa (K) e qui-quadrado calculado (χ^2). Dourados- MS, Brasil, Fazenda Experimental da Universidade Federal da Grande Dourados, 2018/2019	96
Tabela 4.3. Teste de qui-quadrado (χ^2) para as frequências observadas e esperadas de adultos de <i>D. speciosa</i> em feijão no ajuste para as distribuições de Poisson, Binomial Negativa e Binomial Positiva. Dourados – MS, Brasil, Fazenda Experimental da Universidade Federal da Grande Dourados, 2018/2019	97

Resumo Geral

O feijão comum, *Phaseolus vulgaris* L., é um alimento altamente nutritivo e de baixo custo econômico para a alimentação humana. São escassos na literatura os trabalhos que tratam acerca da entomofauna associada a *P. vulgaris* e ainda mais escassos os que tratam acerca da distribuição espacial e amostragem sequencial de insetos com potencial de praga. Nesse contexto, a tese apresentada a continuação é um trabalho inédito. É um trabalho base de estudo da entomofauna associada ao feijoeiro *P. vulgaris*. pelo método do pano de batida. Os objetivos foram avaliar a entomofauna associada a 20 novos genótipos de feijão e correlacionar a interação entre os insetos, utilizando análise multivariada; avaliar a preferência de *D. speciosa* e do complexo de percevejos por 20 novos genótipos de feijão, analisar a flutuação populacional desses insetos em três safras diferentes, coletar dados acerca do modelo de distribuição espacial dos adultos de *D. speciosa* e do complexo de percevejos, a campo, em *P. vulgaris* e desenvolver um plano de amostragem sequencial com base no Teste Sequencial da Razão de Probabilidade (TSRP) que facilite e viabilize a prática da amostragem tanto de *D. speciosa*, como do complexo de percevejos. O presente estudo apresenta novas informações de aplicação direta para o produtor. Foram elaborados planos de amostragem sequencial para *Diabrotica speciosa* (Germar, 1824) e para os percevejos que ocorrem com mais abundância no feijoeiro, tratados como complexo. Essas informações facilitam o manejo de insetos pragas em *P. vulgaris*, visando a diminuição de custos de produção desse grão.

Palavras-chave: Amostragem sequencial, Genótipos, Manejo Integrado de Pragas, *Phaseolus vulgaris*, Poisson.

Abstract

The common bean, *Phaseolus vulgaris* L., is a highly nutritious and low-cost food for human consumption. There are few works in the literature that deal with the entomofauna associated with *P. vulgaris* and even more scarce those that deal with the spatial distribution and sequential sampling of insects with pest potential. In this context, the thesis presented below is an unpublished work. It is a baseline study of the entomofauna associated with the common bean plant *P. vulgaris*. by the beat cloth method. The objectives were to evaluate the entomofauna associated with 20 new bean genotypes and to correlate the interaction between the insects, using multivariate analysis; to evaluate the preference of *D. speciosa* and the stink bug complex for 20 new bean genotypes, analyze the population fluctuation of these insects in three different seasons, collect data about the spatial distribution model of the adults of *D. speciosa* and the stink bug complex, in the field, in *P. vulgaris* and to develop a sequential sampling plan based on the Sequential Probability Ratio Test (TSRP) that facilitates and enables the practice of sampling both *D. speciosa* and the stink bug complex. The present study presents new information of direct application to the producer. Sequential sampling plans were developed for *Diabrotica speciosa* (Germar, 1824) and for the stink bugs that occur more abundantly in common bean, treated as a complex. This information facilitates the management of insect pests in *P. vulgaris*, aiming at reducing production costs of this grain.

Keywords: Genotypes, Integrated Pest Management, *Phaseolus vulgaris*, Poisson. Sequential sampling

Capítulo 1. Revisão bibliográfica

1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Resumo

Diante da crescente demanda mundial por alimentos, o feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.), rico em proteína, carboidratos, vitaminas e minerais, é uma excelente alternativa para a alimentação humana. Existem vários desafios para otimizar a produção de feijão, dentre eles, aumentar o conhecimento na área de manejo integrado de pragas que atacam a cultura e as relações entre esses insetos e a planta. O presente trabalho teve como objetivo revisar a literatura referente à importância do feijão na dieta humana e produção no Brasil, aos principais insetos que atacam o feijoeiro comum, a distribuição espacial de insetos em agroecossistemas e às características de Fabaceae que se relacionam com esses insetos. O conhecimento da distribuição espacial de insetos na cultura do feijão e as relações entre eles e com a planta, pode auxiliar na produção de grãos com menor custo e na redução do uso de defensivos agrícolas.

Palavras-chave: Distribuição espacial de insetos, Manejo Integrado de Pragas, *Phaseolus vulgaris*.

Abstract

Due to the growing demand for food, common beans (*Phaseolus vulgaris*), rich in protein, carbohydrates, vitamins and minerals, are an excellent alternative for human consumption. There are several challenges to optimize the production of beans, among them, to increase knowledge in the area of Integrated Pest Management that attack the crop and the relationships between these insects and the plant. The present study aimed to review the literature regarding the importance of beans in the human diet and production in Brazil, the main insects

that attack common beans, the spatial distribution of insects in agroecosystems and the characteristics of Fabaceae that relate to these insects. The knowledge of the spatial distribution of insects in the bean culture and the relations between them and with the plant, can help in the production of grains with lower cost and in the reduction of pesticides.

Keywords: Spatial distribution of insects, Integrated Pest Management, *Phaseolus vulgaris*.

1.1. Introdução

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) comum é um dos grãos mais importantes na alimentação humana por ser fonte de proteína vegetal, carboidratos, vitaminas e minerais. Representando uma das principais culturas alternativas que auxilia a suprir a crescente demanda mundial por alimentos, pode ser cultivado em três safras anuais, sendo uma excelente opção para segunda safra, ou safrinha, no estado de Mato Grosso do Sul.

No entanto, a produção brasileira desse grão é originária principalmente da agricultura familiar e há baixo emprego de tecnologia na sua produção. Por isso, são vários os desafios atuais na produção de feijão, como otimizar o manejo adequado de pragas, pois existe uma grande diversidade de insetos que ocorrem em praticamente todas as estruturas da planta, podendo ocasionar perdas na produção na ordem de 30 a 90%. Para minimizar as perdas acima citada, identificar e quantificar os insetos presentes em áreas de plantio de feijão surgem como práticas necessárias aos agricultores. Nesse sentido o estabelecimento de um plano confiável de amostragem de insetos tem como um de seus requisitos, o conhecimento da forma como os organismos, potencialmente danosos ao feijoeiro, se distribuem no campo.

As relações dos organismos nos agroecossistemas são altamente multifacéticas. Plantas e entomofauna estão ligados por inúmeras e complexas relações. As plantas necessitam dos insetos para sua reprodução a partir da polinização e os insetos herbívoros necessitam das plantas como alimento.

Outros insetos exercem a importante função de controladores biológicos e reguladores nos agroecossistemas.

Desde que as plantas precisam dos insetos para sua reprodução e os insetos herbívoros as utilizam como alimento são desencadeadas uma série de reações químicas, mecânicas e físicas ou morfológicas por parte dos envolvidos. Especificamente em Fabaceae, existem flores atrativas que atraem insetos polinizadores, contribuindo para a reprodução dessas plantas. Também, tricomas presentes em plantas dessa família exercem controle biológico de insetos, produzem metabolitos primários e secundários com atividade inseticida e atraem inimigos naturais. Essas características variam de acordo com as espécies e os distintos genótipos.

Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo revisar a literatura referente à importância do feijão na dieta humana e a produção no Brasil, os principais insetos que atacam o feijoeiro comum, a distribuição espacial de insetos em agroecossistemas e as características de Fabaceae que se relacionam com esses insetos. O conhecimento da distribuição espacial de insetos na cultura do feijão e as relações entre eles e com a planta, pode auxiliar na produção de grãos com menor custo e redução na utilização de defensivos agrícolas.

1.2. Origem e distribuição geográfica

O gênero *Phaseolus* pertence à ordem *Fabales*, família Fabaceae, é originário das Américas e possui ao redor de 52 espécies, porém o seu número exato ainda é desconhecido (Cronquist 1988, Da Silva e Costa, 2003). Dentre as mais cultivadas e de maior importância econômica se encontra *P. vulgaris* L. Provavelmente, a transição do feijão comum silvestre para a forma cultivada atual tenha ocorrido há 8.000 anos atrás. Existem evidências botânicas, arqueológicas, bioquímicas e moleculares que indicam que dois grandes eventos ocorreram no processo de domesticação, originando-se do norte do México, através da América Central e da Cordilheira dos Andes. Sendo assim, dois grandes pools gênicos e geográficos são reconhecidos: Mesoamericano e Andino (Singh e Debouck, 1991).

Entre as diferenças entre o feijão Mesoamericano e o Andino se encontra o tamanho da semente e o tipo de proteína faseolina. Os feijões do grupo Mesoamericano possuem sementes pequenas (peso de 100 sementes \leq 25 g), médias (peso de 100 sementes entre 25 e 40 g) e predomínio da faseolina do tipo S. E no sul do Andes, os feijões possuem especialmente sementes médias e grandes (peso de 100 sementes $>$ 40 g) com faseolina do tipo T (Singh e Debouck, 1991).

Em relação as características agrônômicas do feijão comum, *P. vulgaris*, é uma espécie herbácea de raízes fibrosas. O caule possui mais de 1 m de altura, é estriado, denso e pouco pubescentes. Tem hábito de crescimento determinado ou indeterminado. Folhas com estípulas, triangulares a lanceoladas. Inflorescência de 3 a 10 cm de comprimento em pseudorracimos axilares. Cálice campanulado e dentado; corola pentâmera com a quilha enrolada em duas voltas, que resulta da fusão de duas pétalas inferiores e abriga os 5 estames e o pistilo; há duas pétalas laterais chamadas asas e uma pétala bem maior que envolve as demais, o estandarte. A corola pode ser branca, amarela, rosada a lilás. Estames diadelfos e legume de 8,5 a 11 cm, com 5-10 sementes reniformes com várias cores e germinação epígea (Fernandez et al., 1986).

1.3. Importância do feijão na dieta humana e produção no Brasil

O feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) representa a leguminosa de grão mais importante na alimentação humana por ser uma fonte de proteína vegetal e carboidratos, como também, fonte de vitaminas e minerais (Silva et al., 2013). A proteína do feijão é rica em aminoácido essencial lisina, no entanto, é pobre nos aminoácidos sulfurados metionina e cisteína, sendo estes últimos complementados pelo arroz na dieta do brasileiro (de Carvalho et al., 2014).

Existem vários tipos de feijão cultivado, sendo mais conhecidos no Brasil o carioca, o preto, o caupi ou de corda, e os feijões tipo cores (branco, vermelho, roxo e outros). Sendo esse grão um alimento base na dieta do brasileiro, a cultura do feijoeiro pode servir como alternativa para atender à crescente demanda por alimentos. Pode ser cultivado principalmente na entressafra,

gerando aumento da produtividade e maior produção de alimentos (Fritsche-Neto et al., 2011).

O feijão é consumido na maioria dos países Latino Americanos e na África. O Brasil é o maior produtor e consumidor de feijão-comum do mundo. Estima-se que o consumo de feijão per capita no Brasil é de 16 kg/ ano ou 44 g/dia (Borém e Carneiro, 2013). A produção de feijão no Brasil está dividida em três safras anuais, a primeira é denominada “feijão das águas”; a segunda “feijão da seca”; e a terceira “feijão de inverno” (Oliveira et al., 2005).

De acordo com a análise mensal julho/ agosto / setembro do cultivo de feijão realizada pela CONAB (2020), a produção nacional teve um incremento de 212 mil toneladas neste ano, totalizando 3229 mil toneladas. O consumo aparente aumentou em 150 mil toneladas em comparação ao mesmo mês de agosto do 2019. Esse aumento no consumo é justificado pela demanda atípica no varejo, causada pela crise da pandemia COVID-19, pois houve uma procura excessiva de feijão para compor cestas básicas, tornando o escasso o abastecimento do grão comercial.

São vários os desafios atuais na produção de feijão. A produção desse grão no Brasil é principalmente familiar. Há baixo emprego de tecnologia, são utilizadas majoritariamente sementes caseiras, o que leva a degeneração varietal, contaminação por patógenos e danos mecânicos. Além disso, existe baixa adoção de práticas de adubação e manejo inadequado de pragas (Coelho, 2017). Neste sentido, trabalhos na área de Manejo Integrado de Pragas e Melhoramento Genético se tornam essenciais, sobretudo para a cultura do feijoeiro.

1.4. Principais insetos que atacam o feijoeiro comum

Existe uma grande diversidade de espécies que ocorrem em praticamente todas as estruturas da planta de feijoeiro comum, sendo assim, os danos causados pelas pragas da cultura do feijoeiro são observados desde a semeadura até quando os grãos estão secos nas vagens e armazenados (Tartarin et al., 2016).

As perdas na produção podem oscilar entre 30 e 90% quando há manejo inadequado. O Manejo Integrado de Pragas (MIP) se caracteriza por integrar táticas de controle e alterar o meio ambiente o mínimo possível, por isso, a amostragem rápida e eficiente de pragas e inimigos naturais é fundamental para que o MIP seja realizado corretamente (Fernandes et al., 2003).

O MIP visa manter as pragas abaixo do nível de dano econômico (NDE) que é o ponto em que o ataque da praga ao feijoeiro começa a causar prejuízos econômicos ao produtor. As medidas são aplicadas quando a densidade populacional da praga atinge o nível de controle (NC). Por isso, o estabelecimento de um plano confiável de amostragem depende, na maioria das vezes, do conhecimento da distribuição espacial dos insetos praga da cultura (Giles et al. 2000).

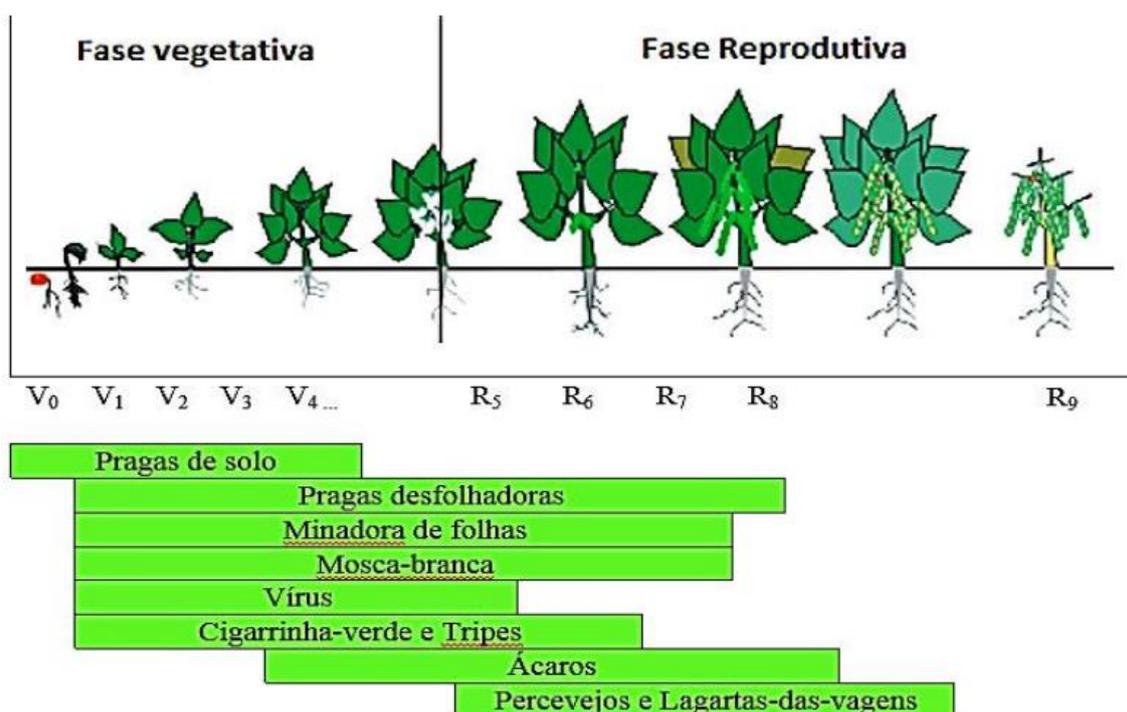


Figura 1.1. Insetos que atacam o feijoeiro versus fenologia da planta. Fonte: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/192814/1/circ46.pdf>

Dentre os principais insetos de solo que atacam o estágio inicial do feijoeiro se encontram a Lagarta Elasm, *Elasmopalpus lignosellus* (Zeller, 1848) (Lepidoptera: Pyralidae); a Lagarta Rosca, *Agrotis* spp. (Lepidoptera: Noctuidae); e o Pulgão da Raiz, *Smynthuodes betae* (Westwood, 1849)

(Hemíptera: Aphididae). Esses organismos penetram nas plantas na altura do colo e conseqüentemente as plantas murcham, tombam facilmente e provocam falhas na lavoura (Quintela, 2001) (Figura 1.1).

Os principais insetos que atacam a parte aérea da planta são: as vaquinhas, *Diabrotica speciosa* (Germar, 1824) e *Cerotoma arcuata* (Olivier, 1791) (Coleoptera: Chrysomelidae) que causam desfolha durante todo o ciclo do feijoeiro durante as fases larvais e adultas (Silva et al., 2016b). A vaquinha dourada *Lagria villosa* (Fabricius, 1783) (Coleoptera: Lagriidae); Mosca-Branca, *Bemisia tabaci* (Gennadius, 1889) (Hemiptera: Aleyrodidae) que além de sugar a seiva da planta, abre a porta ao vírus do mosaico dourado. Cigarrinha-verde, *Empoasca kraemeri* Ross & Moore, 1957 (Hemiptera: Cicadellidae), tripses, *Caliothrips phaseoli* (Thysanoptera: Thripidae) e várias lagartas (Quintela, 2001) (Figura 1.1).

Similarmente, os percevejos atacam as vagens do feijão. Os principais são *Euschistus heros* (Fabricius, 1798), *Nezara viridula* (Linnaeus, 1758), *Piezodorus guildinii* (Westwood, 1837) (Hemiptera: Pentatomidae) e *Neomegalotomus parvus* (Westwood, 1842) (Hemiptera: Alydidae). Esses possuem alta capacidade de causar danos mesmo em baixas populações, pois se alimentam diretamente dos grãos desde o início de formação de vagens, deixando os grãos atacados enrugados, chochos, mais escuros e menores. Causam prejuízos a qualidade das sementes, reduzem seu poder germinativo e transmitem a mancha de levedura provocada pelo fungo *Nematospora corylli*, o que causa depreciação na comercialização dos grãos (Quintela, 2009). Outro inseto que ataca o feijoeiro considerado de difícil controle é o tamanduá-da-soja *Sternechus subsignatus* (Coleoptera: Curculionidae). O adulto se adere ao caule da planta com as pernas e dilacera os tecidos com as mandíbulas (Hoffman-Campo et al., 1999)

1.5. Distribuição espacial de insetos

A distribuição espacial de uma população em um agroecossistema basicamente responde a três modelos, sendo estes: agregado (ou contagioso), aleatório (ou ao acaso) e uniforme (ou regular) (Figura 1.2) (Southwood, 1978;

Kuno, 1991). Diversos modelos matemáticos são utilizados para avaliar a distribuição espacial de insetos. Dentre eles, são destacados os modelos probabilísticos Poisson, Binomial Negativa e Binomial Positiva pela ampla aceitação relatada na literatura e pela simplicidade matemática (Fernandes et al., 2003; Fonseca et al., 2013; Souza et al., 2013; Silva et al., 2016a).

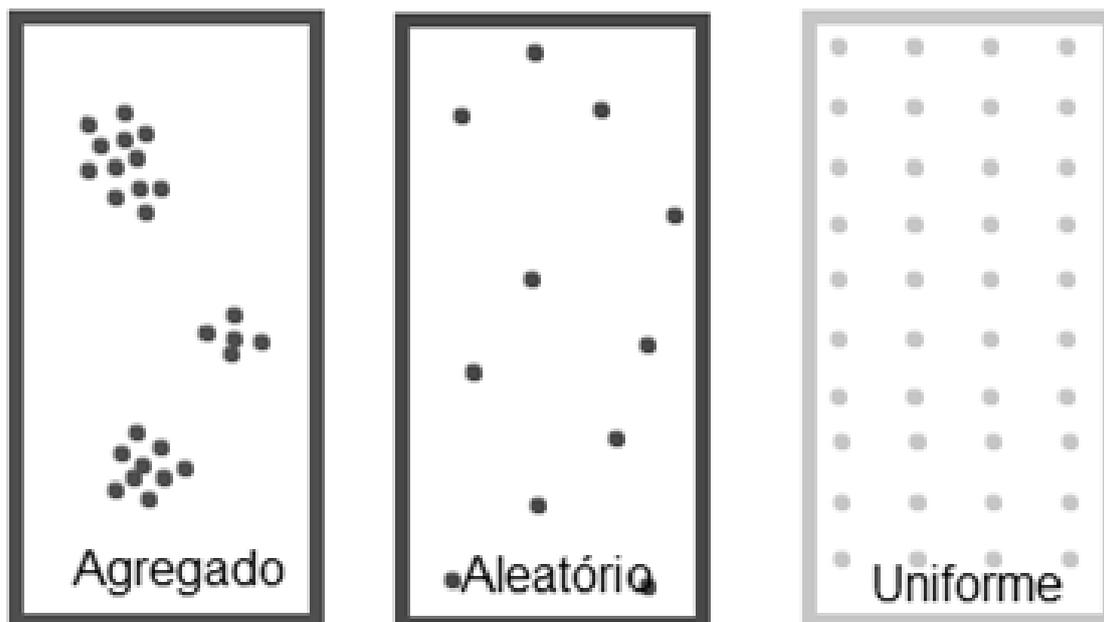


Figura 1.2. A distribuição espacial de uma população responde a três modelos: agregado, aleatório e uniforme.

O conhecimento da distribuição espacial de insetos é uma das etapas para a construção de um plano de amostragem sequencial. O teste sequencial da razão de probabilidades é um dos modelos mais utilizados para a contagem de insetos e na tomada de decisões, de acordo com os princípios do Manejo Integrado de Pragas (MIP) (Binns e Nyrop, 1992), sendo que diferentes distribuições resultam da forma como são elaboradas as expressões matemáticas do plano sequencial (Young e Young, 1998).

Os índices de agregação e as distribuições de frequência permitem descrever as formas de distribuição de uma população. O índice de Variância/Média (I) mede o desvio de um arranjo dos dados da aleatoriedade. Nesse índice, valores próximos da unidade indicam disposição espacial aleatória (ou ao acaso), valores menores que a unidade indicam disposição espacial

regular (ou uniforme), e valores significativamente maiores que um indicam disposição agregada (ou contagiosa) (Rabinovich, 1980).

O teste de afastamento da aleatoriedade consiste em rejeitar a aleatoriedade se: $\chi^2 = I(N-1)$ sendo, I = valor do índice de dispersão I; N= número total de unidades amostrais. Com N-1 graus de liberdade, compara-se o valor do qui-quadrado calculado (χ^2) com o qui-quadrado tabelado (X^2) e não se rejeita a aleatoriedade (I = 1) se: $\chi^2_{(N-1 \text{ gl}; \alpha = 0,025)} > X^2 > \chi^2_{(N-1 \text{ gl}; \alpha = 0,975)}$

O índice de Morisita ($I\delta$) é relativamente independente da média e do número de amostras. Então quando $I\delta=1$, a distribuição é aleatória, quando $I\delta > 1$ a distribuição é contagiosa e quando $I\delta < 1$ a distribuição é regular (Silveira Neto et al., 1976).

O expoente K da distribuição binomial negativa é um índice de dispersão adequado quando o tamanho e os números das unidades de amostragem são iguais em cada amostra, uma vez que é frequentemente influenciado pelo tamanho das unidades de amostragem. Este parâmetro é uma medida inversa do grau de agregação, sendo assim, valores negativos indicam uma distribuição regular ou uniforme, valores positivos próximos de zero, indicam uma disposição agregada e valores maiores que oito, um arranjo aleatório (Elliot, 1977; Southwood, 1978).

1.6. A distribuição espacial condiciona o comportamento dos insetos

Os agroecossistemas são sistemas ecológicos modificados pelo ser humano para produzir comida, fibra ou outro produto agrícola. Há uma estrutura dinâmica complexa e os insetos não são estáticos nesses sistemas e sua distribuição também pode variar através das gerações e na vida dos indivíduos. A distribuição espacial dos insetos varia de acordo com o tempo e pode ser interrompida por muitos fatores ecológicos, dentre esses o clima, a variação local da estrutura e qualidade da planta, a complexidade da paisagem agrícola e o grau de fragmentação (Al Hassan et al., 2012; Banks e Gagic, 2016).

Trabalhos recentes têm pesquisado a relação dos insetos com essa complexidade espacial. Foi investigado se as fêmeas parasitoides de *Aphidius rhopalosiphi* (Hymenoptera: Aphidiinae) que experimentam diferentes níveis de

agregação de hospedeiros *Sitobion avenae* (Hemiptera: Aphididae) exibem diferentes comportamentos de parasitismo.

Cada fêmea de *A. rhopalosiphi* foi exposta a um nível de agregação de hospedeiro (baixo, médio ou alto). Para esse fim, 16 plantas de trigo infestadas por 16 *S. avenae* de acordo com três níveis de agregação do hospedeiro: (i) baixo: um pulgão por planta em todas as 16 plantas; (ii) meio: 4 pulgões por planta nas 4 plantas centrais; e (iii) alta: 8 pulgões em cada uma das 2 plantas centrais. Uma hora após a infestação de pulgões, uma única fêmea de 2 a 4 dias de idade, acasalada e alimentada (com uma gota de mel), foi depositada nas plantas de trigo (Louâpre et al., 2019).

Como resultado, a intensidade de forrageamento foi mais forte para as fêmeas que apresentam um alto nível de agregação do hospedeiro do que as inferiores. Além disso, a distribuição espacial dos hospedeiros influenciou a maneira como os parasitoides adquiriram informações sobre a disponibilidade do hospedeiro, à medida que gastam mais tempo explorando ambientes caracterizados por hospedeiros mais agregados do que por outros distribuídos de maneira uniforme.

Também, a taxa de ataque do hospedeiro por parasitoides aumentou conforme a agregação. Portanto, a maneira como os pulgões são distribuídos entre as plantas de trigo influencia sua própria sobrevivência, bem como o comportamento de forrageamento de seus parasitoides (Louâpre et al., 2019).

1.7. Modificações no ambiente podem favorecer o estabelecimento de predadores

Trabalhos atuais sugerem que a criação de faixas de plantas herbáceas nas adjacências de cultivos agrícolas podem favorecer o estabelecimento de predadores e influenciar na sua distribuição (Banks et al., 2020). Essas plantas herbáceas podem proporcionar áreas de refúgio e proteção para artrópodes predadores, contribuindo para a rápida colonização das culturas por esses organismos (da Matta et al., 2019).

Os predadores são insetos e ácaros de vida livre que se alimentam de vários indivíduos (denominados presas) durante a fase larval para completar seu ciclo de vida. Normalmente são de tamanho maior ou igual aos das presas que consomem, podendo preda todos os estágios de desenvolvimento dessa, destruindo-a parcial ou totalmente (Costa et al., 2006).

Dentre os insetos predadores, popularmente o mais conhecido é a joaninha, um coleóptero Coccinellidae. As joaninhas são predadoras de diversas pragas, entre elas, várias espécies de pulgão, pragas de diferentes culturas (Peixoto et al., 2004). Algumas das ordens e famílias de insetos predadores são: Hymenoptera (Formicidae e Vespidae) (Rusina, 2011), Diptera (Syrphidae, Asilidae e Cecidomyiidae) (Karpa et al., 2007), Coleoptera (Coccinellidae, Carabidae e Staphylinidae) (Bowie et al., 2014), Hemiptera (Anthocoridae, Pentatomidae e Reduviidae) (De Clercq et al., 2014) e Neuroptera (Chrysopidae) (Hassanpour et al., 2011).

Foi realizado um experimento em área com *Gossypium hirsutum* L. r. *latifolium* Hutch (algodão colorido), contendo bordas com plantas herbáceas floríferas e plantas espontâneas. As amostragens foram quinzenais utilizando-se armadilhas tipo alçapão. Os dados obtidos foram submetidos à análise faunística, variância e distribuição espacial. Como resultado, o total de 3.527 indivíduos e quatro espécies de Dermaptera foram capturados. A espécie de dermáptero predominante foi *Labidura riparia* (Pallas, 1773), com distribuição espacial agregada (da Matta et al., 2019).

A agregação das tesourinhas pode ser explicada por fatores que afetam a sobrevivência desses organismos, como a proteção contra o ataque de predadores, alimento abundante e proteção da prole pelos insetos adultos. Outra explicação para essa distribuição espacial de *L. riparia* seria a utilização de feromônios de agregação pelos dermápteros (da Matta et al., 2019).

1.8. Características de Fabaceae relacionadas à entomofauna

As relações entre plantas e insetos justificam cerca de 80% da diversidade de espécies conhecidas (Cornelissen e Fernandes, 2003). Os dois grupos estão ligados por inúmeras e complexas relações, que podem ser benéficas ou

prejudiciais para as espécies envolvidas. Os insetos herbívoros podem consumir todas as partes de uma planta, desde botões florais a raízes (Aoyama e Labinas, 2012), enquanto grande parte das plantas depende de insetos polinizadores para sua reprodução (Latif et al., 2019).

Os principais grupos de insetos terrestres que se alimentam de plantas como principal fonte de alimentação são: Orthoptera, Phasmida, Hemiptera, Homoptera, Thysanoptera, Lepidoptera, Coleoptera, Hymenoptera e Diptera (Aoyama e Labinas, 2012). As plantas proporcionam os nutrientes básicos aos insetos como aminoácidos, vitaminas e sais minerais, carboidratos, lipídios, esteróis e outros compostos não nutricionais (secundários) existentes no alimento que afetam o crescimento, sanidade, comportamento ou biologia de outro (Erb e Reymond, 2019).

Como exemplo, dentro de Fabaceae, o besouro *Caryedes brasiliensis* se alimenta exclusivamente de sementes da leguminosa *Dioclea megacarpa*, que são altamente venenosas. Aparentemente há uma relação de mutualismo entre o besouro e as bactérias do seu sistema digestivo que ajudam a metabolizar o veneno L-Canavanina (que representa 13% do peso da semente) e convertido em aminoácidos utilizados como alimento para o inseto (Monge-Nájera e Gómez-Figueroa, 2003).

Sendo os nutrientes vegetais atrativos para os insetos, as plantas, para garantir a sobrevivência respondem com mecanismos químicos, mecânicos e físicos ou morfológicos contra herbivoria. Exemplos de defesa química são produção de metabolitos primários (Coley et al., 2019) e secundários (Ayala et al., 2019) com atividade inseticida (Zavala-Sánchez et al., 2020) e atrativa a inimigos naturais (Estrella-Parra et al., 2016). Exemplos de defesa mecânica são o aumento na densidade de tricomas e espinhos após o dano, podendo até aprisionar alguns insetos como no caso de *Phaseolus vulgaris* (Fabales: Fabaceae) (Rebora et al., 2020); alteração no tamanho, forma e fenologia, retorno para o crescimento vegetativo, redução da reprodução e realocação de recursos (Kant et al., 2015).

As plantas são muito ricas em substâncias químicas que aparentemente não são diretamente relacionadas com os processos metabólicos normais da fotossíntese, respiração e crescimento. Essas substâncias químicas

secundárias, ou metabólitos secundários, também ocorrem em animais, porém mais de 80% de todos os produtos naturais conhecidos são de origem vegetal (Aoyama e Labinas, 2012).

Os metabólitos secundários, geralmente produzidos em quantidades menores que os metabólitos primários, se enquadram quimicamente em três classes principais, alcaloides, terpenoides e fenólicos. Essa riqueza deve estar relacionada, pelo menos parcialmente, com a imobilidade das plantas; uma vez que elas não podem escapar das pressões ambientais pelo movimento, suas únicas defesas são suas estruturas físicas e composição química. Esses compostos secundários podem ser encontrados em uma ou mais partes da planta e normalmente suas concentrações variam com a fenologia (War et al., 2020).

De acordo com seu efeito sobre o inseto esses produtos, secundários ou não, podem apresentar mais de um tipo de resultado sobre uma espécie de inseto, ou mesmo apresentar efeitos inversos sobre espécies diferentes. Eles também atuam sobre os inimigos naturais, parasitoides e predadores. Existem diversas situações em que esses químicos conferem resistência a uma planta, algumas delas são presença de repelente olfativo ou gustativo, presença de supressor ou ausência do incitante; presença ou ausência de estimulante e balanço relativo desses estímulos (Cheng e Cheng, 2015).

Defesas físicas ou morfológicas: cutícula que recobre todas as células da epiderme da planta e serve como uma interface entre o corpo da planta e o ambiente, realizando a proteção e a prevenção da perda de água dos tecidos vegetais, é uma importante barreira à entrada de microrganismos e químicos. A cutina é o principal componente estrutural da cutícula, um composto de lipídios, consideravelmente impermeável à água. A cera, que se encontra na parte externa da cutícula, é um polímero complexo, heterogêneo, resultante da interação de outras substâncias lipídicas. A alimentação é frequentemente reduzida ou impedida pela incapacidade do inseto de perfurar a cutícula dura da planta (Bennett e Wallsgrove, 1994).

Os tricomas são apêndices epidérmicos que ocorrem em múltiplas formas diferentes. Alguns, desenvolvem paredes secundárias grossas que podem conter sílica e carbonato de cálcio formando pontas. Outros, os glandulares

produzem substâncias fenólicas, alcaloides, terpenos, gomas e taninos que permitem a defesa das plantas, principalmente em relação a insetos fitófagos. Em várias espécies ou variedades há uma correlação negativa entre a densidade de tricomas e as respostas de alimentação, oviposição de insetos adultos e nutrição (Aoyama e Labinas, 2012).

1.9. Considerações finais

Os agroecossistemas possuem uma estrutura dinâmica e complexa onde se relacionam plantas e insetos. A distribuição espacial de insetos se relaciona com múltiplos fatores ecológicos como o clima, variação local da estrutura e qualidade da planta, a paisagem agrícola e alterações do habitat.

Plantas da família Fabaceae e insetos estão intimamente relacionados. Essas relações são de alto grau de complexidade e dinamismo. Sendo assim, as plantas possuem uma série de reações químicas, mecânicas e físicas ou morfológicas que podem reduzir ou impedir seu consumo por parte de insetos herbívoros, assim como também, atrair polinizadores, exercer controle biológico, atrair inimigos naturais e exercer atividade inseticida. A eficiência das plantas em cumprir ditas funções vai depender da espécie, do genótipo, do estágio de desenvolvimento, bem como do órgão e da fenologia da mesma.

Espécies de Fabaceae possuem grande interesse econômico pela utilização como alimento humano e animal, produção de moveis e implementos agrícolas a partir da madeira, fabricação de medicamentos e uso como sobra e refúgio. Por isso, é de grande importância o estudo e a busca por variedades ou genótipos de espécies de Fabaceae que apresentem características desejadas.

Uma vez que se conhece de que forma se relacionam as plantas de Fabaceae com os insetos, e a distribuição da entomofauna nessas culturas de interesse econômico, e diminuir a quantidade e a frequência na aplicação de defensivos, otimizando e reduzindo os custos de produção.

1.9. Referências

Al Hassan, D., Burel, F., Plantegenest, M., Kindlmann, P., Butet, A., Parisey, N. (2012). Relationship between landscape composition and the abundance of

aphids and their natural enemies in crop fields. *European Journal of Environmental Sciences*, 2, 89–101.

Aoyama, E. M., Labinas, A. M. (2012). Características estruturais das plantas contra a herbivoria por insetos. *Enciclopédia Biosfera*, 8(15), 365-386.

Ayala, J. A., Flores Olivas, A., Valenzuela Soto, J. H. (2019). Compuestos orgánicos volátiles de plantas inducidos por insectos: situación actual en México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 10(3), 729-742.

Banks, J. E., Laubmeier, A. N., Banks, H. T. (2020). Modelling the effects of field spatial scale and natural enemy colonization behaviour on pest suppression in diversified agroecosystems. *Agricultural and Forest Entomology*, 22(1), 30-40.

Banks, J.E., Gagic, V. (2016) Aphid parasitoids respond to vegetation heterogeneity but not to fragmentation scale: An experimental field study. *Basic & Applied Ecology*, 17, 438–446.

Bennett, R. N., Wallsgrave, R. M. (1994). Secondary metabolites in plant defense mechanisms. *New phytologist*, 127(4), 617-633.

Binns, M.R., Nyrop, J.P. (1992). Sampling insect populations for the purpose of IPM decision making. *Annual Review of Entomology*, 37:427-453.

Borém, A., Carneiro, J. E. S. A cultura. In: Vieira, C., Paula Junior, T. J., Borém, A. Feijão. Viçosa: UFV, 2013, p. 13-19.

Bowie, M. H., Klimaszewski, J., Vink, C. J., Hodge, S., Wratten, S. D. (2014). Effect of boundary type and season on predatory arthropods associated with field margins on New Zealand farmland. *New Zealand Journal of Zoology*, 41(4), 268-284.

Cheng, F., Cheng, Z. (2015). Research progress on the use of plant allelopathy in agriculture and the physiological and ecological mechanisms of allelopathy. *Frontiers in plant science*, 6, 1020.

Coêlho, J. D. (2017). Produção de grãos: grandes desafios do agricultor brasileiro. *Caderno Setorial ETENE*, 2(13), 2-12.

Coley, P. D., Endara, M. J., Ghabash, G., Kidner, C. A., Nicholls, J. A., Pennington, R. T., & Kursar, T. A. (2019). Macroevolutionary patterns in overexpression of tyrosine: An anti-herbivore defense in a speciose tropical tree genus, *Inga* (Fabaceae). *Journal of Ecology*, 107(4), 1620-1632.

CONAB. Acompanhamento da safra brasileira. Análise mensal Julho/Agosto/Setembro (2020). Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuario-e-extrativista/analises-do-mercado/historico-mensal-de-feijao>. Acesso em 01/10/2020.

Cornelissen, T. G.; Fernandes, W. Insetos herbívoros e plantas de inimigos a parceiros? *Ciência Hoje*, v. 32, p. 24-30, 2003.

Costa, V.A., Berti Filho, E., Sato, M.E. Parasitoides e predadores no controle de pragas. In: Pinto, A. S., Nava, D. E., Rossi, M. M., Malerbo-Souza, D. T. (2006). *Controle biológico de pragas na prática*. Piracicaba: Livroceres, cap.2, p.25-34.

Cronquist, A. *Devolution and classification of flowering plants*. New York: New York Botanical Garden, 1988. 555 p.

da Matta, D. H., Cividanes, F. J., da Silva, R. J., Sousa, J. M. A. (2019). Controle biológico conservativo com plantas herbáceas e a distribuição de Dermápteros sobre algodoeiro colorido (*Gossypium hirsutum* Lr *latifolium* Hutch). *Revista Sítio Novo*, 3(2), 12-28.

Da Silva, H. T., Costa, A. O. (2003). *Caracterização botânica de espécies silvestres do gênero Phaseolus L. (Leguminosae)*. Embrapa Arroz e Feijão.

de Carvalho, J. J., Bastos, A. V. S., Saad, J. C. C., Naves, S. S., Soares, F. A. L., Vidal, V. M. (2014). Teor e acúmulo de nutrientes em grãos de feijão comum em semeadura direta, sob déficit hídrico. *Irriga*, 1(1),104-124.

De Clercq, P., Coudron, T. A., Riddick, E. W. (2014). Production of heteropteran predators. In *Mass Production of Beneficial Organisms* (pp. 57-100). Academic Press.

Elliot, J.M. (1977). *Some methods for the statistical analysis of sample of benthic invertebrates*. 2 ed. Ambleside, Westmorland, UK: Freshwater Biological Association. p. 160.

Erb, M., Reymond, P. (2019). Molecular interactions between plants and insect herbivores. *Annual review of plant biology*, 70, 527-557.

Estrella-Parra, E. A., Gómez-Verjan, J. C., Céspedes, C. L., Alarcón, J., Cano-Santana, Z., Reyes-García, A., Reyes-Chilpa, R. (2016). Volatile organic compounds from *Pachyrhizus ferrugineus* and *Pachyrhizus erosus* (Fabaceae) leaves. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*, 15(3), 175-181.

Fernandes, M.G., Busoli, A.C., Barbosa, J.C. (2003). Distribuição espacial de *Alabama argillacea* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) em algodoeiro. *Neotropical Entomology*. 32(1):107-115.

Fernandez, F. C., Gepts, P., López, M. (1986). Etapas de desarrollo de la planta de frijol. CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 34p.

Fonseca, P.R.B., Fernandes, M.G., Degrande, P.E., Mota, T.A., Kassab, S.O. (2013). Spatial distribution of adult *Anthonomus grandis* Bohemn (Coleoptera: Curculionidae) and buds with feeding punctures on conventional and Bt cotton. *Semina Ciências Agrarias*. 34(3):1129-1138.

Fritsche-Neto, R., Dovale, J.C., Cavatte, P.C. Melhoramento para tolerância a estresses ou para eficiência no uso de recursos? In: Fritsche-Neto, R., Borém, A. (Org.). *Melhoramento de Plantas para condições de estresses abióticos*. Viçosa: UFV, 2011. p. 29-39.

Giles, K.L., Royer, T.A., Elliott, N.C., Kindler, S.D. (2000). Development and validation of a binomial sequential sampling plan for the greengug (Homoptera: Aphididae) infesting winter wheat in the southern plains. *Journal of Economic Entomology*. 93: 1522-1530.

Hassanpour, M., Mohaghegh, J., Iranipour, S., Nouri-Ganbalani, G., Enkegaard, A. (2011). Functional response of *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae) to *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae): effect of prey and predator stages. *Insect Science*, 18(2), 217-224.

Hoffmann-Campo, C. B., da Silva, M. T. B., Oliveira, L. J. (1999). Aspectos biológicos e manejo integrado de *Sternechus subsignatus* na cultura da soja. *Embrapa Soja-Circular Técnica (INFOTECA-E)*.

Kant, M. R., Jonckheere, W., Knecht, B., Lemos, F., Liu, J., Schimmel, B. C. J., & Egas, M. (2015). Mechanisms and ecological consequences of plant defence induction and suppression in herbivore communities. *Annals of Botany*, 115(7), 1015-1051.

Karpa, A., Petrova, V., Čudare, Z. (2007). Study of Diptera fauna (Nematocera, Brachycera) from the strawberry plantings. *Acta Biologica Universitatis Daugavp*, 7, 175-180.

Kuno, E. (1991). Sampling and analysis of insect populations. *Annual Review of Entomology*. 36(1):285–304.

Latif, A., Malik, S. A., Saeed, S., Zaka, S. M., Sarwar, Z. M., Ali, M., Naoreen, M. (2019). Pollination biology of *Albizia lebeck* (L.) Benth (Fabaceae: Mimosoideae) with reference to insect floral visitors. *Saudi journal of biological sciences*, 26(7), 1548-1552.

Louâpre, P., Le Lann, C., Hance, T. (2019). When parasitoids deal with the spatial distribution of their hosts: consequences for both partners. *Insect science*, 26(5), 923-931.

Monge-Nájera, J., Gómez-Figueroa, P. (2003). La herbivoría: carrera armamentista entre plantas y animales. *Repertorio Científico.*, 7(10), 9-13.

Oliveira, A. D. D., Fernandes, E. J., Rodrigues, T. D. J. Condutância estomática como indicador de estresse hídrico em feijão. *Engenharia Agrícola*, v. 1, n. 1, p. 86-95, 2005.

Peixoto, M. S., Barros, L. C., Bassanezi, R. C. (2004). Um modelo Fuzzy Presa-Predador em citros: pulgões e joaninhas. *Biomatemática*, 14, 29-38.

Quintela, E. D. (2001). Manejo integrado de pragas do feijoeiro. *Embrapa Arroz e Feijão-Circular Técnica (INFOTECA-E)*.

Quintela, E. D. (2009). Manual de identificação de insetos e outros invertebrados pragas do feijoeiro. *Embrapa Arroz e Feijão-Documentos (INFOTECA-E)*.

Rabinovich, J.E. (1980). *Introducción a la ecología de poblaciones animales*. México: Compañía editorial continental. p. 313.

Rebora, M., Salerno, G., Piersanti, S., Gorb, E., & Gorb, S. (2020). Entrapment of *Bradysia paupera* (Diptera: Sciaridae) by *Phaseolus vulgaris* (Fabaceae) plant leaf. *Arthropod-Plant Interactions*, 1-11.

Rusina, L. Y. (2011). Some aspects of interrelations between ants (Hymenoptera, Formicidae) and polistine wasps (Hymenoptera, Vespidae). *Entomological Review*, 91(2), 241-252.

Silva, A. S., Mota, T. A., Piñeyro, N. G., Fernandes, M. G., Pereira, F. F. (2016a). Distribución espacial de *Vatiga* spp. (Hemiptera: Tingidae) en el cultivo de yuca. *Acta biológica colombiana*, 21(1), 195-200.

Silva, G. R., Silva, F. B., Santos, R. V., Lopes, P. R., & Silva, P. A. (2016b). Caracterização da incidência de vaquinhas (*Diabrotica speciosa* e *Cerotoma arcuata*) em cultivo de feijoeiro estabelecida próxima e distante de fragmento de Área de Preservação Permanente. *Cadernos de Agroecologia*, 10(3).

Silva, M. O., Brigide, P., Canniatti-Brazaca, S. G. (2013) Caracterização da composição centesimal e mineral de diferentes cultivares de feijão comum crus e cozidos. *Alimentos e Nutrição Araraquara*, 24 (3), 339-346.

Silveira Neto, S., Nakano, O., Barbin, D., Villa Nova, N.A. (1976). Manual de ecologia dos insetos. São Paulo: Agronômica Ceres. p. 419.

Singh, S. P., Gepts, P., & Debouck, D. G. (1991). Races of common bean (*Phaseolus vulgaris*, Fabaceae). *Economic Botany*, 45(3), 379-396.

Southwood, T.R.E. (1978). *Ecological methods*. New York: John Wiley & Sons. p. 525.

Souza, L.A., Barbosa, J.C., Grigolli, J.F.J., Fraga, D.F., Maldonado Jr, W., Busoli, A.C. (2013). Spatial distribution of *Euschistus heros* (F.) (Hemiptera: Pentatomidae) in soybean. *Neotropical Entomology*. 42(4):412-418.

Tartarin, B. B., Barros, W. S., Souza, L. C. (2016). Principais pragas na cultura do feijoeiro comum. *Revista conexão eletrônica*, 13 (1), 1-18.

Wald, A. (1945). Sequential tests of statistical hypotheses. *Annual Math Statistics*. 16(2):117-186.

War, A. R., Buhroo, A. A., Hussain, B., Ahmad, T., Nair, R. M., & Sharma, H. C. (2020). Plant Defense and Insect Adaptation with Reference to Secondary Metabolites. *Co-Evolution of Secondary Metabolites*, 795-822.

Young, L.J., Young, J.H. (1998). *Statistical ecology: a population perspective*. Boston: Kluwer Academic Publishers. p. 565.

Zavala-Sánchez, M. Á., Rodríguez-Chávez, J. L., Figueroa-Brito, R., Quintana-López, C. M., Bah, M. M., Campos-Guillén, J., Ramos-López, M. A. (2020). Bioactivity of 1-octacosanol from *Senna crotalarioides* (Fabaceae: Caesalpinioideae) to control *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Florida Entomologist*, 102(4), 731-737.

Capítulo 2.

Entomofauna associada ao feijoeiro *Phaseolus vulgaris* L.

1. Entomofauna associada ao feijoeiro *Phaseolus vulgaris* L.

Resumo

Diversas espécies de insetos coabitam a cultura do feijão, algumas, podem atingir o estado de pragas por se alimentar de diferentes partes da planta e outras espécies, os inimigos naturais, se alimentam desses organismos. Nesse sentido, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a entomofauna associada a 20 novos genótipos de feijão e correlacionar a interação entre os insetos amostrados com auxílio de análise multivariada. Para isso, amostragens semanais pelo método pano de batida foram feitas durante três safras consecutivas de feijão na Fazenda Experimental da Universidade Federal da Grande Dourados. Os dados foram submetidos ao teste F e quando significativo, ao teste de Tukey ($P < 0,05$) e a análise multivariada de agrupamento pelo método hierárquico e componentes principais. A espécie mais abundante no sistema estudado foi *Diabrotica speciosa* (Coleoptera: Chrysomelidae). Quatro espécies de percevejos considerados importantes pragas foram amostrados: *Euschistus heros*, *Nezara viridula*, *Edessa meditabunda* e *Dichelops* spp. (Hemiptera: Pentatomidae). Dentre os insetos estudados somente foi encontrado um inimigo natural: *Cycloneda sanguinea* (Coleoptera: Coccinellidae). Com base na análise multivariada, todas as espécies amostradas com potencial de praga do feijoeiro se encontram diretamente correlacionadas entre si e inversamente correlacionadas com o *C. sanguinea*.

Palavras-chave: Agrupamento, Dendograma, Percevejos, *Phaseolus vulgaris*, Vaquinha.

Abstract

Several species of insects cohabit the bean culture, some of them can reach the state of pests by feeding on different parts of the plant and other species, the natural enemies, feed on these organisms. In this sense, the objective of the present work was to evaluate the entomofauna associated with 20 new bean genotypes and to correlate the interaction between the insects sampled with the aid of multivariate analysis. For this, weekly sampling by the tapping cloth method was carried out during three consecutive bean crops at the Experimental Farm of the Federal University of Grande Dourados. The data were submitted to the F test and when significant, to the Tukey 95% test and to the multivariate analysis of grouping by the hierarchical method and main components. The most abundant species in the studied system was *Diabrotica speciosa* (Coleoptera: Chrysomelidae). Four species of stink bugs considered important pests were sampled: *Euschistus heros*, *Nezara viridula*, *Edessa meditabunda* and *Dichelops* spp. (Hemiptera: Pentatomidae). Among the insects studied, only one natural enemy was found: *Cycloneda sanguinea* (Coleoptera: Coccinellidae). Based on multivariate analysis, all species sampled with common bean pest potential are directly correlated with each other and inversely correlated with *C. sanguinea*.

Key words: Cucurbit Beetle, Dendogram, Grouping, *Phaseolus vulgaris*, Stink bugs.

2.1. Introdução

O feijão é consumido na maioria dos países Latino Americanos e na África. Sendo o Brasil, uns dos maiores consumidores de feijão-comum do mundo. Estima-se que o consumo de feijão per capita no brasil é de 16 kg/ ano ou 44 g/dia (Borém e Carneiro, 2013).

A produção de feijão no Brasil está dividida em três safras anuais, a primeira é denominada “feijão das águas”, a segunda “feijão da seca” e a terceira “feijão de inverno”. Geralmente, a terceira safra é a que mais necessita de irrigação como suplementação das necessidades hídricas da cultura (Oliveira et al., 2005).

Existem diversas espécies de insetos na cultura do feijão. Dentre os insetos praga que atacam a cultura, os percevejos *Euschistus heros* (Fabricius, 1794), *Nezara viridula* (Linnaeus, 1758), *Edessa meditabunda* (Fabricius, 1794) e *Dichelops* spp. (Hemiptera: Pentatomidae) se alimentam dos grãos desde a formação das vagens até a maturação fisiológica. Para isso, introduzem seus estiletos para remoer o conteúdo celular e sugar a seiva, ocasionando desenvolvimento anormal de sementes em formação, vagens vazias, redução do poder germinativo e transmissão de agentes patógenos as sementes (Panizzi et al., 2012).

Os coleópteros desfolhadores *Diabrotica speciosa* (Germar, 1824) e *Cerotoma arcuata* (Olivier, 1791) (Coleoptera: Chrysomelidae) são insetos polípagos, cujas larvas atacam o sistema radicular, enquanto os adultos se alimentam das folhas (Boiça et al., 2015). Outros insetos associados à cultura do feijão, são o coleóptero *Lagria villosa* (Coleoptera: Lagriidae) que se alimenta de material vegetal em decomposição (Stüpp et al., 2012; Milenaez, 1983); o tamanduá da soja *Sternechus subsignatus* Boheman, 1836 (Curculionidae: Sternechini), altamente daninho, tanto as larvas como os adultos provocam severos danos às plantas (da Silva et al., 1998; Socías et al., 2017); e inimigos naturais como o predador *Cycloneda sanguinea* (Coleoptera: Coccinellidae) (Fernandes et al., 2010).

O conhecimento da entomofauna associada ao cultivo do feijão é fundamental. Permite aperfeiçoar táticas de manejo de pragas e obter informações sobre aqueles insetos que desempenham diversas funções ecológicas de importância. Nesse contexto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a entomofauna associada a 20 novos genótipos de feijão e correlacionar a interação entre os insetos, utilizando análise multivariada.

2.2. Materiais e métodos

2.2.1. Insetos avaliados

Foram estudados os insetos observados com maior abundância e com maior presença nas safras avaliadas. Sendo esses: As vaquinhas *D. speciosa*,

C. arcuata e *L. vilosa*; os percevejos *E. heros*, *N. viridula*, *E. meditabunda* e *Dichelops* spp., o tamanduá *S. subsignatus* e a joaninha *C. sanguínea*. No entanto, foram avistados esporadicamente algumas outras espécies como: a minadora *Liriomyza* sp., cigarrinha verde *Empoasca kraemeri*, lesmas, ácaros e lagartas.

2.2.2. Área de amostragem e material de estudo

A avaliação da entomofauna foi realizada semanalmente durante três safras consecutivas, no período matutino. A escolha do melhor horário pode influenciar no número de insetos amostrados em função da mobilidade destes na cultura e da facilidade de contagem. Sendo assim, a recomendação é que as amostragens sejam realizadas, preferencialmente, nos períodos mais frescos do dia (Corrêa-Ferreira, 2012).

Foram realizadas 44 amostragens, sendo constatada a presença dos insetos estudados, no presente trabalho em 21 das 44 amostragens; sete amostragens por safra. O período da primeira safra avaliada, de inverno, foi compreendido entre o 15/08/2018 ao 14/11/2018; o período da segunda safra avaliada, das águas, do 27/10/2018 ao 02/02/2019; e o período da terceira safra avaliada, da seca do 28/03/2019 ao 28/06/2019.

A área de avaliação foi de 820m², localizada na Fazenda Experimental da Universidade Federal da Grande Dourados, Mato Grosso do Sul, Brasil (22° 13'52,4495" S, 54° 5' 10,5372" W) a 430 m de altitude. O solo do local foi classificado como Latossolo Vermelho Distroférrico típico de textura média.

Foram estudados 20 genótipos de *Phaseolus vulgaris* (Fabaceae), sendo 15 pré-comerciais oriundos do cruzamento de FEIS-L113 e "Carioca Branco" e cinco comerciais: IAC Una, IAC Imperador, IAC Formoso, IAC Milênio e IAC Alvorada. As 20 linhagens utilizadas neste trabalho foram obtidas do banco de germoplasma do Grupo de Melhoramento e Biotecnologia Vegetal (GMBV) da Universidade Federal da Grande Dourados. As linhagens pré-comerciais são oriundas do programa de melhoramento genético da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP), Campus Ilha Solteira, SP. Atualmente essas linhagens estão sendo avaliadas em ensaios de Valor de

Cultivo e Uso (VCU) em diversas localidades do estado de Mato Grosso do Sul, visando a obtenção do registro para comercialização, instituído pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA).

Em todas as safras avaliadas, os materiais de *Phaseolus vulgaris* foram semeados em três blocos aleatórios, totalizando 60 parcelas. O espaçamento foi de 0,45m entre linhas dentro da parcela e 1m entre parcelas, cada parcela composta por quatro linhas de 4m. A adubação utilizada foi de 280 kg/ha, formulação NPK (8, 20, 20) respectivamente.

2.2.3. Método de amostragem e análise estatística

O método de amostragem empregado foi o de pano de batida de 1m, realizando todas as amostragens no período matutino. A área monitorada foi dividida em 60 parcelas de 4m². Os dados foram submetidos a análise univariada, teste F e quando significativo, ao teste de Tukey ($P < 0,05$) de confiança, e multivariada de agrupamento pelo método hierárquico e componentes principais. Para realização das análises estatísticas foram utilizados os programas Minitab 17[®] e Statistica 12.5[®].

2.3. Resultados

Ao longo das safras de feijão avaliadas foram amostrados pelo método de pano de batida, contados e identificados um total de 3566 insetos (Tabela 2.1). Considerando as três safras, a espécie mais abundante foi a vaquinha *D. speciosa* (56,5%) seguido pelo percevejo marrom *E. heros* (14,6%). O bicho capixaba *L. villosa* e o tamanduá da soja *S. subsignatus* também estiveram presentes durante as amostragens, totalizando 13% e 5,6% respectivamente. Foram constatadas outras espécies menos abundantes durante as safras de feijão avaliadas, sendo essas *N. viridula* (4,4%); *C. arcuata* (2,9%), *C. sanguinea* (1,2%), *E. meditabunda* (1,2%) e *Dichelops* spp. (0,7%) (Figura 2.1).

De forma geral, encontraram-se poucas diferenças no número médio de insetos em cada genótipo de feijão estudado. No entanto, foi possível observar algumas preferências. O bicho capixaba (*L. villosa*) teve preferência pela cultivar

IAC Alvorada, já que foi o genótipo mais atacado por esta espécie. Os genótipos 8, 10, 14 e IAC Formoso foram os menos atacados, ou seja, menos preferidos por *L. villosa*. O tamanduá da soja (*S. subsignatus*) teve preferência pelo genótipo 7. Houve diferença significativa pelo teste de Tukey ($P < 0,05$), sendo que em média foram amostrados 4,1 insetos nesse genótipo enquanto nos demais genótipos o número de *S. subsignatus* não ultrapassou, em média, 1,7 indivíduos.

O agrupamento pelo método hierárquico (dendograma) possibilitou a formação de três distintos grupos, representando as espécies de insetos mais similares do ponto de vista estatístico. O grupo 1 representa os insetos mais abundantes nas três safras avaliadas, o grupo 2 os menos abundantes e o grupo 3 representa uma espécie que foi somente abundante na primeira safra.

Segundo a agrupamento, as espécies com mais similaridade ou que apresentam menor distância euclidiana foram no grupo 1: *D. speciosa* e *E. heros*; grupo 2: *C. arcuata*, *L. villosa*, *C. sanguínea*, *E. meditabunda*, *Dichelops* spp. e *N. viridula*; e o grupo 3 formado exclusivamente por *S. subsignatus* (Figura 2.2).

O *scree plot* representa o número de componentes principais a serem retidos tais que as diferenças entre autovalores consecutivos sejam cada vez menores (Khattree y Naik, 2018). Sendo assim, é proposto considerar os primeiros quatro componentes principais no presente trabalho (Figura 2.3).

Os primeiros quatro componentes principais gerados correspondem a 61,18% (18,91% no CP1, 15,28% no CP2, 13,80% no CP3 e 13,19% no CP4) da variabilidade contida no conjunto de variáveis originais (Tabela 2). No primeiro componente principal, a espécie *E. heros* apresenta o maior coeficiente de correlação (0,55).

No segundo componente principal a espécie de maior importância, que apresenta o maior coeficiente de correlação em valor absoluto é *S. subsignatus* (-0,68). No terceiro componente principal as espécies que apresentam maiores coeficientes são *C. arcuata* (0,51) e *E. meditabunda* (-0,51), correlacionadas de forma inversa já que possuem sinal opostos. No quarto componente principal, por ordem de importância se encontra *E. meditabunda* (-0,60) e *C. sanguínea* (-0,53) diretamente correlacionados já que ambas espécies têm sinal negativo.

No gráfico *biplot* podem ser visualizadas as projeções representadas pelas setas de cada espécie (Figura 2.4). Um grupo formado por *D. speciosa*, *N. viridula* e *Dichelops* spp.; outro grupo formado por *L. villosa*, *C. arcuata* e *E. heros*; e três outros grupos formados unicamente por uma espécie que são: *E. meditabunda*, *S. subsignatus*, e *C. sanguinea*.

Tabela 2.1. Total de insetos amostrados por espécie e por safra (consecutivas 2018-2019) na Fazenda Experimental da Universidade Federal da Grande Dourados. Mato Grosso do Sul, Brasil.

	1° safra	2° safra	3° safra	Total
<i>D. speciosa</i>	270	1087	627	1984
<i>E. heros</i>	486	39	-	525
<i>L. villosa</i>	314	34	113	461
<i>S. subsignatus</i>	226	6	-	232
<i>N. viridula</i>	97	46	12	155
<i>C. arcuata</i>	12	40	51	103
<i>E. meditabunda</i>	14	14	13	41
<i>C. sanguinea</i>	28	-	12	40
<i>Dichelops</i> spp.	-	23	2	25

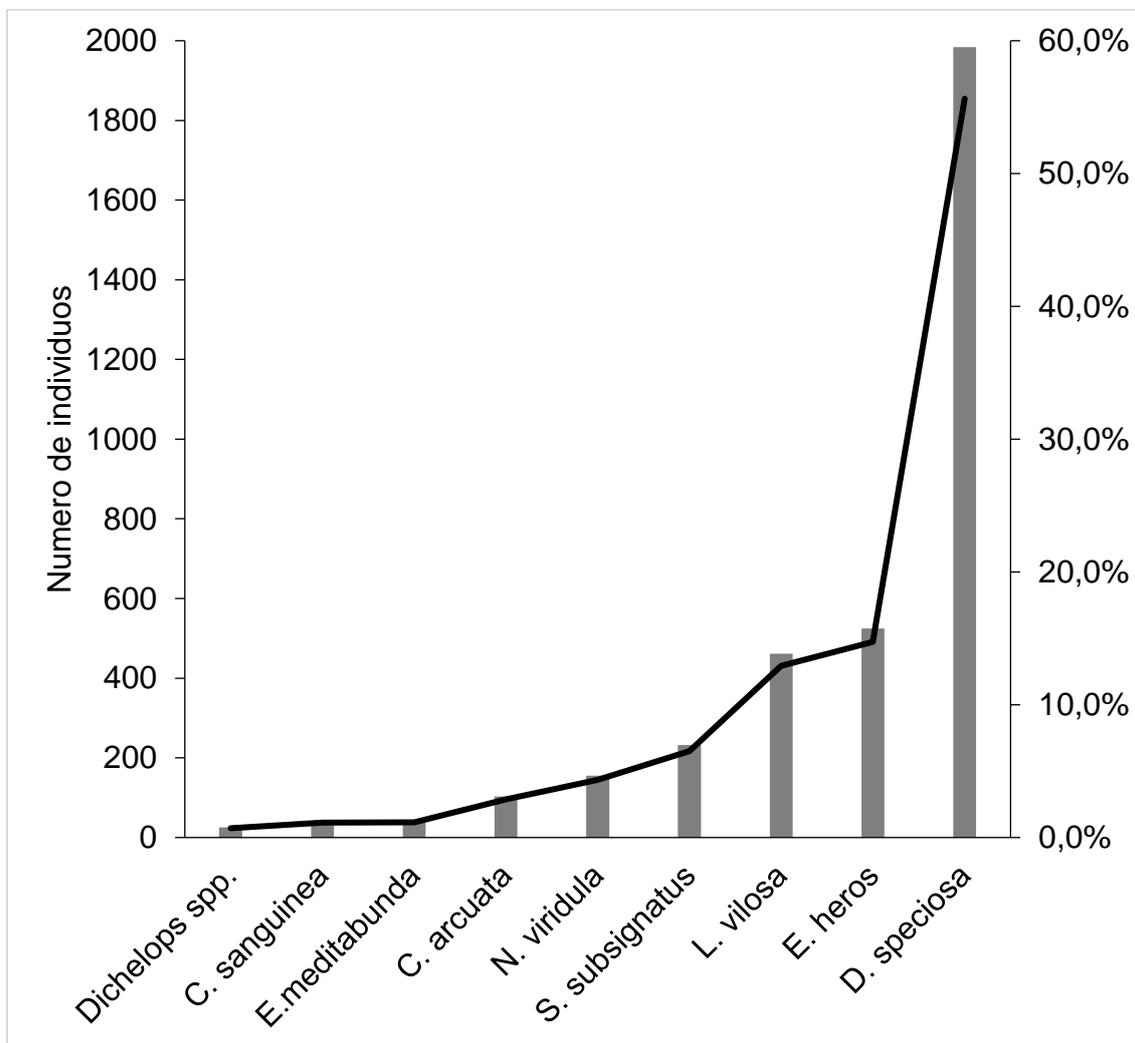


Figura 2.1. Número e porcentagem de insetos amostrados pelo método “Pano de batida” durante três safras consecutivas de feijão (anos 2018-2019) identificados por espécie na Fazenda Experimental da Universidade Federal da Grande Dourados, Mato Grosso do Sul, Brasil. As colunas correspondem ao número total de indivíduos por espécie. A linha representa a porcentagem da espécie considerando o total de insetos amostrados.

Tabela 2.2. Médias de indivíduos por genótipo de feijão estudado ao longo de três safras consecutivas (2018-2019) na Fazenda Experimental da Universidade Federal da Grande Dourados. Mato Grosso do Sul, Brasil.

Genótipo	<i>D.</i> <i>speciosa</i> ^{ns}	<i>C.</i> <i>arcuata</i> ^{ns}	<i>C.</i> <i>sanguinea</i> ^{ns}	<i>L. vilosa</i>	<i>E.</i> <i>heros</i> ^{ns}	<i>N. viridula</i> ^{ns}	<i>E. meditabunda</i> ^{ns}	<i>S.</i> <i>subsignatus</i>	<i>Dichelops</i> <i>spp.</i> ^{ns}
1	1,3	0,4	0,2	0,9 AB	1,5	0,3	0,1	0,2 AB	0,2
2	1,5	0,4	0,1	0,6 AB	1,0	0,1	0,0	0,3 AB	0,0
3	1,5	0,4	0,1	0,5 AB	1,3	0,3	0,1	0,3 AB	0,0
4	1,4	0,3	0,1	0,5 AB	1,5	0,3	0,1	0,8 AB	0,1
5	1,4	0,6	0,2	0,5 AB	1,5	0,3	0,1	0,7 AB	0,0
6	1,3	0,7	0,1	0,5 AB	1,7	0,3	0,1	0,5 AB	0,2
7	1,6	0,8	0,1	0,5 AB	2,0	0,2	0,1	4,1 A	0,2
8	1,7	0,1	0,1	0,4 B	0,7	0,2	0,0	0,5 B	0,0
9	1,6	1,2	0,0	0,5 AB	1,8	0,3	0,1	0,2 B	0,2
10	1,8	0,8	0,4	0,4 B	1,3	0,3	0,1	0,7 B	0,0
11	1,9	0,2	0,1	0,7 AB	1,2	0,3	0,2	0,4 B	0,4
12	1,7	0,9	0,0	0,5 AB	1,7	0,3	0,0	0,1 B	0,1
13	1,7	0,8	0,0	0,5 AB	1,4	0,3	0,1	0,5 B	0,3
14	1,5	0,3	0,2	0,4 B	2,0	0,2	0,2	0,1 B	0,3
15	1,6	0,5	0,0	0,7 AB	1,2	0,3	0,1	0,1 B	0,3
IAC Una	1,7	0,7	0,1	0,6 AB	2,0	0,2	0,1	0,7 B	0,1
IAC Imperador	1,5	0,6	0,1	0,6 AB	0,9	0,2	0,0	0,2 B	0,1
IAC Formoso	1,4	0,2	0,1	0,4 B	1,0	0,0	0,1	0,4 B	0,0
IAC Milenio	1,7	0,7	0,1	0,7 AB	1,7	0,2	0,1	1,7 AB	0,0
IAC Alvorada	1,7	0,7	0,0	1,0 A	1,8	0,3	0,1	0,6 B	0,1

^{ns}- Não significativo ($p>0,05$). Letras diferentes na coluna indicam significância pelo teste de Tukey a 95% de confiança.

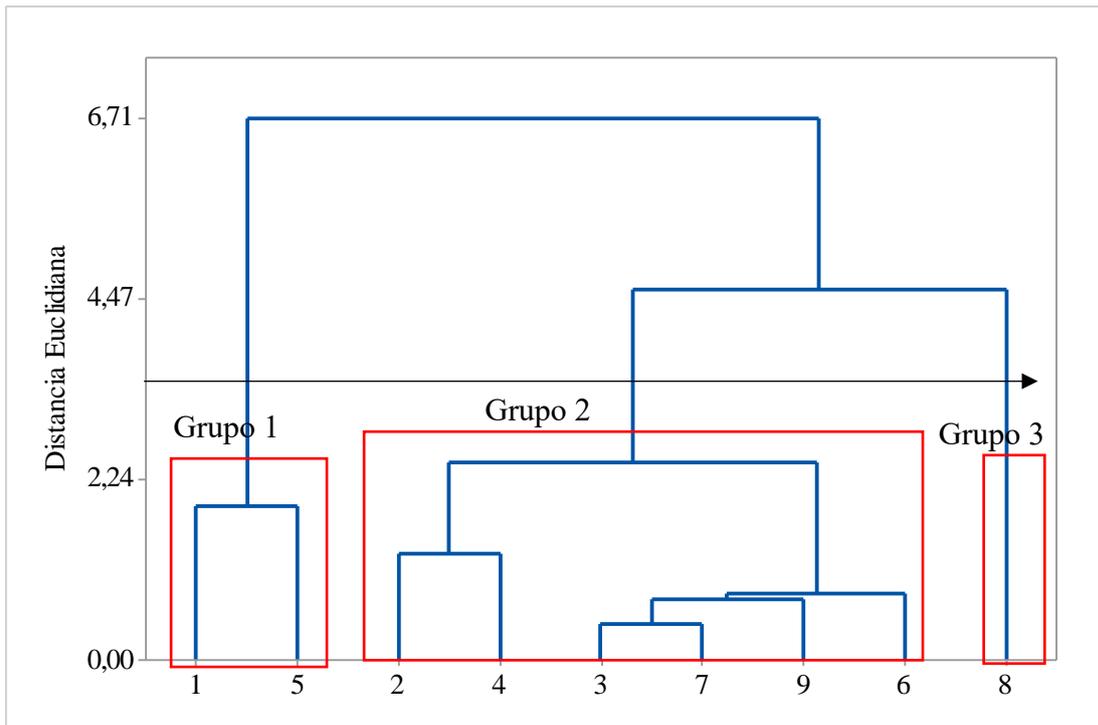


Figura 2.2. Dendrograma. Representa a hierarquia de grupos de espécies de insetos amostrados resultante da análise de agrupamento pelo método hierárquico e a relação de grupos pelo método de Ward. Os números (1 a 9) no eixo horizontal representam as espécies de insetos estudadas: 1- *D. speciosa*; 2- *C. arcuata*; 3- *C. sanguínea*; 4- *L. villosa*; 5- *E. heros*; 6- *N. viridula*; 7- *E. meditabunda*; 8- *S. subsignatus*; 9- *Dichelops* spp.

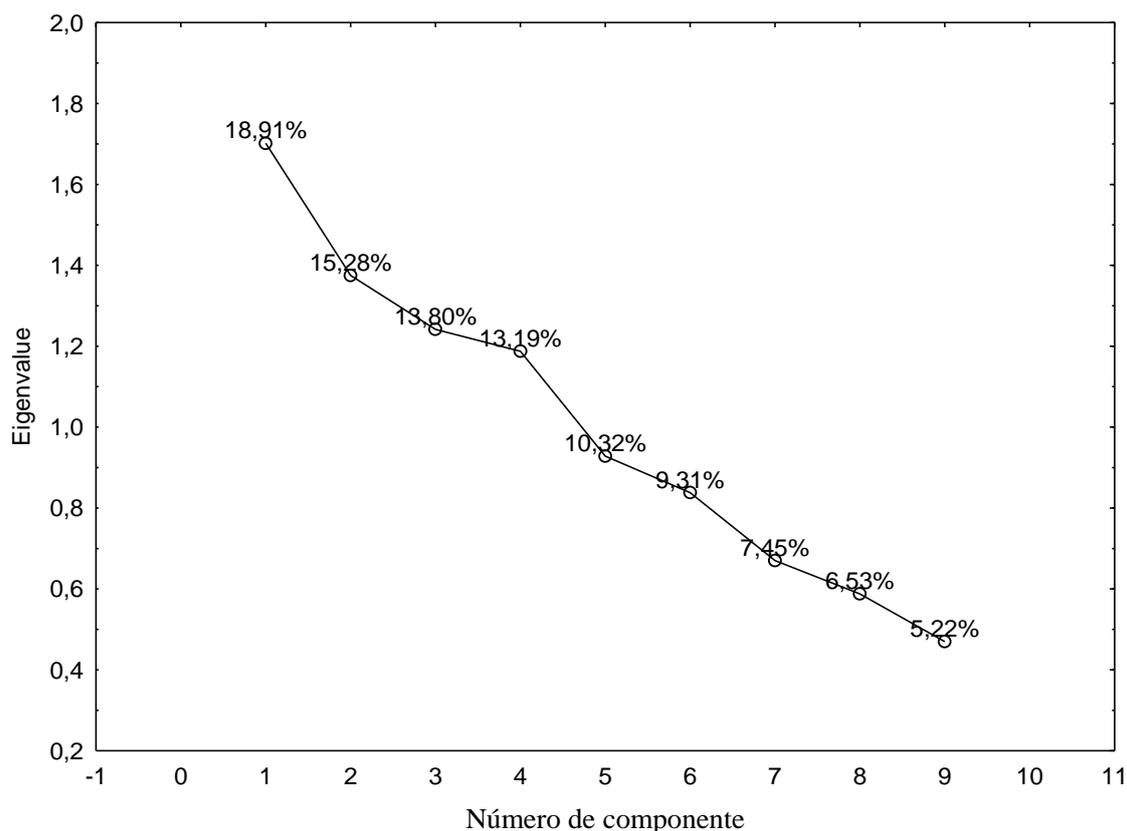


Figura 2.3. Scree plot. Representa os componentes principais a serem retidos, sendo estes os que se encontram a esquerda do declive.

Tabela 2.3. Correlação entre cada variável e um componente principal

	CP1 (18,91%)*	CP2 (15,28%)	CP3 (13,80%)	CP4 (13,19%)
<i>D. speciosa</i>	0,32	0,18	-0,47	0,09
<i>C. arcuata</i>	0,37	-0,21	0,51	-0,18
<i>C. sanguinea</i>	-0,27	-0,25	-0,01	-0,53
<i>L. vilosa</i>	0,37	-0,05	-0,31	0,43
<i>E. heros</i>	0,50	-0,39	0,01	-0,08
<i>N. viridula</i>	0,35	0,27	0,35	-0,19
<i>E. meditabunda</i>	0,03	0,09	-0,51	-0,60
<i>S. subsignatus</i>	0,16	-0,68	-0,21	-0,05
<i>Dichelops spp.</i>	0,42	0,42	-0,03	-0,31

*Valor correspondente a porcentagem de variabilidade do conjunto original de dados retido pelos respectivos componentes principais. Correlações em negrito (>0,50 em valor absoluto) se consideraram na interpretação do componente principal.

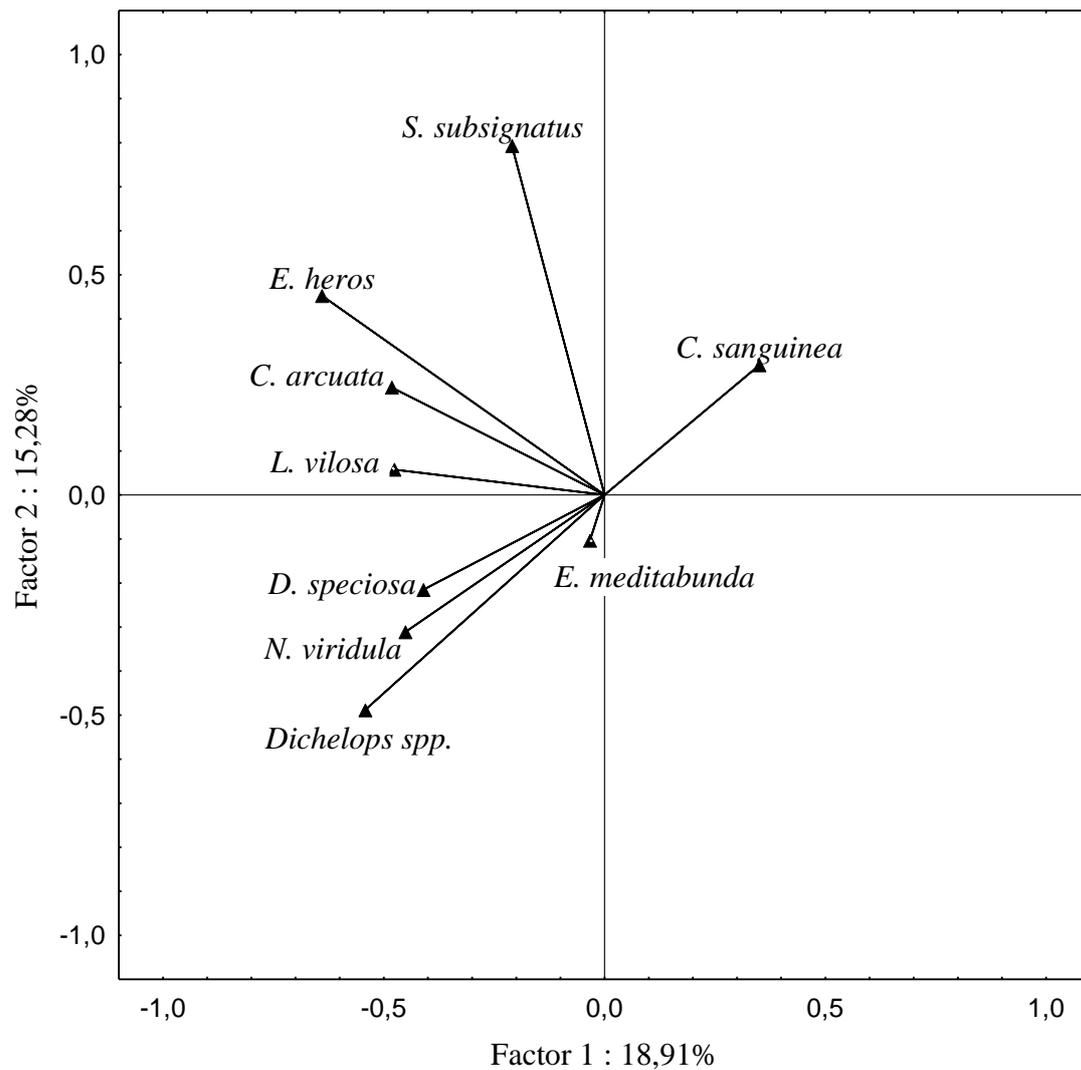


Figura 2.4. Gráfico biplot da análise de componentes principais CP1 e CP2, contendo as espécies de insetos amostrados.

2.4. Discussão

A vaquinha *D. speciosa* foi o inseto mais abundante durante as amostragens nas três safras de feijão avaliadas. Esse inseto é considerado uma

das pragas agrícolas mais importantes na América Latina. É uma praga polífaga, ou seja, ataca várias espécies de plantas frutíferas, hortaliças, cucurbitáceas, dicotiledôneas e gramíneas. No entanto, trabalhos recentes indicam que o feijão comum é o alimento preferencial para adultos de *D. speciosa* (Ávila et al., 2019).

O percevejo marrom (*E. heros*) e o bicho capixava (*L. villosa*) foram a segunda e terceira espécie mais abundantes, respectivamente. Na atualidade, o percevejo marrom é a principal praga na cultura da soja (Castellanos et al., 2019). Por ser um inseto polífago, além de soja, ataca várias culturas de importância econômica como feijão, milho, tabaco e algodão (Smaniotto e Panizzi, 2015), enquanto, o bicho capixava, se alimenta de material vegetal em decomposição, sendo que não há evidências de que cause danos econômicos reais ao feijão (Milanez, 1983).

Outras espécies de percevejos encontradas com menor abundância durante as safras, *N. viridula*, *E. meditabunda* e *Dichelops* spp. causam injúrias similares ao percevejo marrom. Assim como a outra espécie de vaquinha *C. arcuata* causa danos similares a *D. speciosa*. Já, a joaninha *C. sanguínea* que é um predador de outros insetos, foi o único inimigo natural encontrado nas amostragens. Esse inseto realiza controle biológico natural e ajuda a equilibrar o agrossistema (de Sena et al., 2019).

Esses insetos foram representados em três grupos pela abundância nas amostragens. O grupo 1 representa os insetos mais abundantes nas três safras avaliadas, o grupo 2 os menos abundantes e o grupo 3 representa uma espécie que foi somente abundante na primeira safra. O dendrograma é um diagrama que exhibe os grupos formados por agrupamento de observações em cada passo e em seus níveis de similaridade, utilizando como medida a (distância euclidiana). O nível de similaridade é medido ao longo do eixo vertical e as diferentes observações são listadas ao longo do eixo horizontal. A decisão sobre o agrupamento final também é chamada corte do dendrograma. O corte do dendrograma é similar ao desenho de uma linha por todo o dendrograma para especificar o agrupamento final (Minitab, 2021).

Os primeiros quatro componentes principais gerados correspondem a 64,9% da variabilidade contida no conjunto de variáveis originais (Tabela 2.2). O

primeiro componente principal é o que contém a maior porcentagem de representação. Nesse componente, a espécie que possui o maior coeficiente de correlação é *E. heros*. Essa espécie se encontra associada diretamente com todas as outras já que possuem sinais positivos a exceção de *C. sanguínea* que possui sinal negativo, provavelmente porque é o único inimigo natural, exercendo a predação das demais espécies estudadas. Essa relação indireta com o predador pode ser observada também no gráfico *biplot* (Figura 2.4), onde claramente a seta da joaninha aponta em sentido contrário a todas as outras. Entretanto, é possível observar pelo dendograma (Figura 2.2) que o predador *C. sanguínea* tem uma relação muito próxima com *E. meditabunda*. Essa joaninha esteja se alimentando dos ovos do percevejo; pois já foi relatada a predação de ovos de percevejo por parte de *C. sanguínea* na literatura (Medeiros et al., 1997).

As relações entre os insetos avaliados em três safras consecutivas de feijão são muito complexas. Existem enigmáticas interações entre os inimigos naturais que se alimentam de outros insetos e as pragas que atacam diferentes partes da planta de feijão. Sendo assim, é necessário realizar um maior número de estudos nesta área para gerar mais informações acerca da entomofauna presente no feijão e dessa forma, aperfeiçoar o manejo da cultura.

2.5. Conclusões

A espécie mais abundante no sistema estudado foi *Diabrotica speciosa* (Germar, 1824). Quatro espécies de percevejos considerados importantes pragas foram amostrados: *Euschistus heros* (Fabricius, 1794), *Nezara viridula* (Linnaeus, 1758), *Edessa meditabunda* (Fabricius, 1794) e *Dichelops* spp. (Hemiptera: Pentatomidae). Dentre os insetos estudados somente foi encontrado um inimigo natural: *Cycloneda sanguinea* (Coleoptera: Coccinellidae).

Com base na análise multivariada, todas as espécies amostradas com potencial de praga do feijoeiro se encontram diretamente correlacionadas entre si e inversamente correlacionadas com o único inimigo natural amostrado: a joaninha *C. sanguínea*.

2.6. Agradecimentos

A “Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior” (CAPES) pela bolsa de Doutorado.

2.7. Referências bibliográficas

Ávila, C.J., Bitencourt, D.R., da Silva, I.F. Biology, reproductive capacity, and foliar consumption of *Diabrotica speciosa* (Germar) (Coleoptera: Chrysomelidae) in different host plants. *Journal of Agricultural Science*. 2019; 11(5): 353- 351.

Boiça, A.L., Costa, E.N., de Souza, B.H.S., Ribeiro, Z.A., Carbonell, S.A.M. Antixenosis and tolerance to *Diabrotica speciosa* (Coleoptera: Chrysomelidae) in common bean cultivars. *Flo Entomol*. 2015;(1):464-72.

Borém, A., Carneiro, J. E. S. A cultura. In: Vieira, C., Paula Junior, T. J., Borém, A. Feijão. Viçosa: UFV, 2013, p. 13-19.

Castellanos, N.L., Smagghe, G., Sharma, R., Oliveira, E.E., Christiaens, O. Liposome encapsulation and EDTA formulation of dsRNA targeting essential genes increase oral RNAi-caused mortality in the Neotropical stink bug *Euschistus heros*. *Pest manag sci*. 2019;75(2):537-48.

Corrêa-Ferreira, B. S. (2012). Amostragem de pragas da soja. In.: Hoffmann-Campo, CB; Corrêa-Ferreira, BS; Moscardi, F. Soja: manejo integrado de insetos e outros artrópodes-praga. Brasília-DF: Embrapa Soja, 1, 631-672.

de Macedo Rodrigues, D., Souza, C.R., de Souza Aguiar, R.W., de Melo, A.V., da Silva, J.C., Ootani, M.A. Tricomas conferem resistência contra herbivoria de *Cerotoma arcuata* em cultivares de soja. *Rev Agroecosistem*. 2013;4(2):33-9.

de Sena Fernandes, M.E., Zanuncio, J.C., Plata-Rueda, A., Soares, W.S., Coelho, R.R., Fernandes, F.L. Quantification of prey consumption by the predators *Chauliognathus flavipes* (Coleoptera: Cantharidae), *Cycloneda sanguinea* (Coleoptera: Coccinellidae), and *Orius insidiosus* (Heteroptera: Anthocoridae). *Flo Entomol*. 2019;102(1):231-3.

Fernandes, F.L., Picanço, M.C., de Sena Fernandes, M.E., Xavier, V.M., Martins, J.C., da SILVA, V.F. Controle biológico natural de pragas e interações ecológicas com predadores e parasitóides em feijoeiro. *Biosci J.* 2010;26(1).

Hoffmann-Campo, C.B., de Oliveira, E.B., Mazzarin, R.M., de Oliveira, M.N. Níveis de infestação de *Sternechus subsignatus* Boheman, 1836: Influência nos rendimentos e características agronômicas da soja. Embrapa Soja-Artigo em periódico indexado (ALICE). 1990.

Khattree, R., Naik, D.N. Applied multivariate statistics with SAS software. SAS Institute Inc.; 2018.

Medeiros, M. A., Schimidt, F. V., Loíacono, M. S., Carvalho, V. F., Borges, M. Parasitismo e predação em ovos de *Euschistus heros* (Fab.) (Heteroptera: Pentatomidae) no Distrito Federal, Brasil. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil.* 1997; 26(2): 397-401.

Milanez, J.M. Dano provocado por *Lagriá villosa* em feijão [bicho capixaba]. 1983:15:4p.

Minitab. 2021. <https://support.minitab.com/pt-br/minitab/18/help-and-how-to/modeling-statistics/multivariate/how-to/cluster-observations/interpret-the-results/all-statistics-and-graphs/dendrogram/>. Acesso em: 10/04/2021.

Oliveira, M.B., Ramos, V.M. Simulação de dano de *Diabrotica* em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*) para estimativa de nível de ação. *Agrarian.* 2012;5(16):181-6.

Oliveira, A. D. D., Fernandes, E. J., Rodrigues, T. D. J. Condutância estomática como indicador de estresse hídrico em feijão. *Engenharia Agrícola.* 2005; 1 (1): 86-95.

Panizzi, A.R., Bueno, A. F., Silva, F. Insetos que atacam vagens e grãos. Soja: manejo integrado de insetos e outros artrópodes-praga Brasília: Embrapa. 2012: 335-420.

Silva, M.T., Neto, N., Hoffmann-Campo, C.B. Distribution of eggs, larvae and adults of *Sternechus subsignatus* Boheman on soybean plants in no-till system. *An Soc Entomol Bras.* 1998; 27(4):513-8.

Smaniotto, L.F., Panizzi, A.R. Interactions of selected species of stink bugs (Hemiptera: Heteroptera: Pentatomidae) from leguminous crops with plants in the Neotropics. Flo Entomol. 2015:7-17.

Socías, M.G., Casmuz, A.S., Zaia, D.G., Casado, L.E., Willink, E., Gastaminza, G. Population fluctuation of *Sternechus subsignatus* Boheman (Coleoptera: Curculionidae) at its different development stages associated with soybean crop cycle in Tucumán, Argentina. Rev Indu Agr Tuc. 2017;88(1):47-58.

Stüpp, J.J., de Souza Gonçalves, P.A., Boff, M.I.C. Efeito da calda bordalesa e extrato de adultos de *Diabrotica speciosa* no manejo fitossanitário de feijoeiro cultivado sob o sistema orgânico. Rev Cien Agrov. 2012;11(3):222-9.

**Capítulo 3. Amostragem sequencial de *Diabrotica speciosa* (Germar)
(Coleoptera: Chrysomelidae) em feijoeiro *Phaseolus vulgaris* L.**

Amostragem sequencial de *Diabrotica speciosa* (Germar) (Coleoptera: Chrysomelidae) em feijoeiro *Phaseolus vulgaris* L.

Resumo

O feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L) é uma excelente alternativa para a alimentação humana. Atualmente existe uma alta atípica na demanda no varejo de feijão causada pela crise da pandemia COVID-19. No intuito de otimizar a produção desse grão, trabalhos na área de Manejo Integrado de Pragas se tornam essenciais. Entre os insetos que atacam o feijoeiro, a vaquinha *Diabrotica speciosa* (Germar) (Coleoptera: Chrysomelidae) é considerada uma das mais importantes. Sendo assim, os objetivos do presente trabalho foram avaliar a preferência de *D. speciosa* por 20 novos genótipos de feijão, analisar a flutuação populacional desse inseto em três safras diferentes, coletar dados acerca do modelo de distribuição espacial dos adultos de *D. speciosa* a campo, na cultura de feijão comum e desenvolver um plano de amostragem sequencial com base no Teste Sequencial da Razão de Probabilidade (TSRP) que facilite e viabilize a prática da amostragem de *D. speciosa*. Os primeiros adultos foram encontrados na fase R5 ou pré-floração. O pico populacional ocorreu durante a formação de vagens (R7). Adultos de *D. speciosa* se mantiveram na área até a maturação (R9). O maior número de insetos *D. speciosa* foi observado na segunda safra avaliada. A população de *D. speciosa* se comporta de forma aleatória propensa a agregação no feijão. De acordo com o plano de amostragem sequencial, a recomendação de controle de *D. speciosa* no feijoeiro é sugerida segundo o limite de decisão superior $S_1=3,1699+14,427n$. Não sendo necessário o controle populacional de acordo com o limite inferior $S_0=-3,1699+14,427n$. As taxas de erro utilizadas foram α e $\beta = 0,1\%$.

Palavras-chave: Distribuição espacial, Feijão comum, Manejo Integrado de Pragas, Poisson, Vaquinha.

Abstract

Common beans (*Phaseolus vulgaris* L) are an excellent alternative for human consumption. Currently, there is an atypical rise in retail demand for beans caused by the pandemic crisis COVID-19. In order to optimize the production of this grain, work in the Integrated Pest Management area is essential. Among the insects that attack the common bean, the Cucurbit Beetle *Diabrotica speciosa* (Germar) (Coleoptera: Chrysomelidae) is considered one of the most important. Thus, the objectives of the present study were to analyze the population fluctuation of this insect in three different harvests, collect data about the spatial distribution model of adults of *D. speciosa* in the field, in common bean culture and develop a sequential sampling plan with based on the Sequential Probability Ratio Test (TSRP) that facilitates and makes the practice of sampling of *D. speciosa* feasible. The first adults were found in the R5 or pre-flowering phase. The population peak occurred during the formation of pods (R7). *D. speciosa* adults remained in the area until maturation (R9). The highest number of *D. speciosa* insects was observed in the second harvest evaluated. The population of *D. speciosa* behaves at random, prone to aggregation in beans. According to the sequential sampling plan, the recommendation to control *D. speciosa* in beans is suggested according to the upper decision limit $S_1 = 3.1699 + 14.427n$. There is no need for population control according to the lower limit $S_0 = -3.1699 + 14.427n$. The error rates used were α and $\beta = 0.01\%$.

Key-words: Common beans, Cucurbit Beetle, Integrated Pest Management, Poisson, Spatial distribution.

3.1. Introdução

A crescente demanda mundial por alimentos tem impacto direto sobre a produção agrícola. O feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L) é uma excelente alternativa na alimentação humana. É fonte de proteína vegetal e carboidratos (Silva et al., 2013).

Contudo, o comércio mundial é bastante limitado em função do consumo ser relativamente inelástico, uma vez que se trata de um produto de consumo

eminentemente interno, já que poucos países produzem feijão visando o comércio externo. Para suprir as necessidades de demanda interna, o Brasil importa em torno de 150 mil toneladas por ano, sendo a maioria de feijão comum preto proveniente da Argentina (CONAB, 2019a).

O cultivo de feijão vem aumentando em área plantada e em produção nacional. A área plantada e a produção total tiveram um aumento de 0,9% na safra 2017/2018 e 18,7% na safra 2018/2019 (CONAB, 2019b). No 2020 a produção nacional teve um incremento de 212 mil toneladas, totalizando 3229 mil toneladas. O consumo aparente aumentou em 150 mil toneladas em comparação ao mesmo mês de agosto do 2019. Esse aumento no consumo é justificado pela demanda atípica no varejo, causada pela crise da pandemia COVID-19, pois houve uma procura excessiva de feijão para compor cestas básicas, tornando o escasso o abastecimento do grão comercial (CONAB, 2020).

São vários os desafios atuais na produção de feijão. A produção desse grão no Brasil é principalmente familiar. Sendo assim, há baixo emprego de tecnologia, são utilizadas majoritariamente sementes caseiras, o que leva a degeneração varietal, contaminação por patógenos e danos mecânicos. Além disso, há baixa adoção de práticas de adubação e manejo inadequado de pragas (Coêlho, 2017). Neste sentido, trabalhos na área de manejo integrado de pragas e melhoramento genético se tornam essenciais, sobretudo para a cultura do feijoeiro.

Entre os insetos que atacam o feijão, a vaquinha *Diabrotica speciosa* (Germar) (Coleoptera: Chrysomelidae) é considerada uma das mais importantes. As larvas de *D. speciosa* se alimentam do sistema radicular, enquanto os adultos se alimentam das folhas do feijoeiro (Boiça et al., 2015). É um inseto polífono que ataca várias culturas de importância econômica como frutíferas, hortaliças, cucurbitáceas, dicotiledôneas e gramíneas (Cabrera et al., 2020), porém, um recente estudo aponta que folhas de feijão comum é o alimento preferido por adultos de *D. speciosa* (Ávila et al., 2019).

Para amostragem convencional de *D. speciosa*, a recomendação da Embrapa para a tomada de decisão de controlar ou não, é de 4 amostragens

para 5ha, 5 amostragens para 10ha, 6 amostragens para 30ha, 8 amostragens para 50ha e 10 amostragens para 100ha (Quintela, 2001). No entanto, a disponibilidade de um plano de amostragem sequencial pode reduzir e otimizar esse número de amostragens para a tomada de decisão.

O conhecimento da distribuição espacial de insetos é uma das etapas para construir um plano de amostragem sequencial. O teste sequencial da razão de probabilidades segue com um dos modelos mais utilizados para a contagem de insetos e na tomada de decisões, seguindo os princípios do manejo integrado de pragas (MIP) (Binns e Nyrop, 1992), uma vez que diferentes distribuições resultam na forma como são elaboradas as expressões matemáticas do plano sequencial (Young e Young, 1998).

A distribuição espacial de uma população em um agroecossistema responde basicamente a três modelos: agregado (ou contagioso), aleatório (ou ao acaso) e uniforme (ou regular) (Southwood, 1978; Kuno, 1991). Diversos modelos matemáticos são utilizados para avaliar a distribuição espacial de insetos. Os modelos probabilísticos Poisson, Binomial negativa e Binomial Positiva se destacam pela simplicidade matemática e a ampla aceitação na literatura científica (Fernandes et al., 2003; Fonseca et al., 2013; Souza et al., 2013; Silva et al., 2016a).

A tomada de decisão para reduzir a população de *D. speciosa* em plantações de feijão depende do conhecimento da sua distribuição espacial e o auxílio de um plano de amostragem sequencial, o que motivou a realização do presente estudo. Sendo assim, os objetivos do presente trabalho foram avaliar a preferência de *D. speciosa* por 20 novos genótipos de feijão, analisar a flutuação populacional desse inseto em três safras distintas, coletar dados acerca do modelo de distribuição espacial dos adultos de *D. speciosa* a campo, na cultura do feijão comum e desenvolver um plano de amostragem sequencial com base no Teste Sequencial da Razão de Probabilidade (TSRP) que facilite e viabilize a prática da amostragem de *D. speciosa*.

3.2. Material e métodos

3.2.1. Área de amostragem e material de estudo

O estudo foi conduzido durante três safras consecutivas, sendo o período da primeira safra (de inverno) compreendido entre o 15/08/2018 ao 14/11/2018; a segunda safra (das águas) do 27/10/2018 ao 02/02/2019 e a terceira (da seca) do 28/03/2019 ao 28/06/2019. A área de avaliação foi de 820m², localizada na Fazenda Experimental da Universidade Federal da Grande Dourados, Mato Grosso do Sul, Brasil (22° 13'52,4495" S, 54° 5' 10,5372" W) a 430 m de altitude. O solo do local foi classificado como Latossolo Vermelho Distroférico típico de textura média.

Utilizaram-se 20 linhagens de feijão comum, obtidas do banco de germoplasma do Grupo de Melhoramento e Biotecnologia Vegetal (GMBV) da Universidade Federal da Grande Dourados. Todas as linhagens são provenientes do programa de melhoramento genético da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP), Campus Ilha Solteira, SP. Atualmente, 15 das 20 linhagens estão sendo avaliadas em ensaios de Valor de Cultivo e Uso (VCU) no estado do Mato Grosso do Sul, visando o registro para comercialização, pelo Registro Nacional de Cultivares (RNC), instituído pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Essas 15 linhagens que estão sendo avaliadas, são pré-comerciais oriundas do cruzamento de FEIS-L113 e "Carioca Branco" e cinco comerciais: IAC Uma, IAC Imperador, IAC Formoso, IAC Milênio e IAC Alvorada.

Os materiais foram semeados em três blocos aleatórios, totalizando 60 parcelas. O espaçamento foi de 0,45m entre linhas dentro da parcela e 1m entre parcelas, sendo que cada parcela foi composta por quatro linhas de 4m. A adubação utilizada foi de 280 kg/ha, formulação (8, 20, 20).

3.2.2 Método de amostragem e análise estatística

As amostragens foram realizadas semanalmente durante todo o período de cultivo pelo método de pano de batida de 1m, no período matutino. A área

monitorada foi dividida em 60 parcelas de 4m². Os dados foram submetidos ao teste F para verificar a preferência de *D. speciosa* pelos diferentes novos genótipos de feijão.

Para determinação da disposição espacial de *D. speciosa* foram utilizados os seguintes parâmetros:

Índice variância / média: Este índice (I) mede o desvio de um arranjo de dados aleatórios. Para este índice, os valores iguais a 1 indicam disposição espacial aleatória ou acaso, valores inferiores a 1 indicam arranjo espacial regular ou uniforme, e valores significativamente maiores do que 1 indicam agregação ou distribuição contagiosa (Rabinovich, 1980).

O teste de afastamento da aleatoriedade consiste em rejeitar a aleatoriedade se: $\chi^2 = I \cdot (N-1)$ sendo, I = valor do índice de dispersão I; N – número total de unidades amostrais. Com N-1 graus de liberdade, compara-se o valor do qui-quadrado calculado (χ^2) com o qui-quadrado tabelado (X^2) e não rejeita-se a aleatoriedade (I = 1) se: $\chi^2 = (N-1 \text{ gl}; \alpha = 0,025) > X^2 > \chi^2 (N-1 \text{ gl}; \alpha = 0,975)$

Índice de Morisita: o índice de Morisita ($I\delta$) é relativamente independente da média e do número de amostras. Então quando $I\delta=1$, a distribuição é aleatória, quando $I\delta > 1$ a distribuição é contagiosa e quando $I\delta < 1$ a distribuição é regular (Silveira Neto et al., 1976).

O expoente K da distribuição binomial negativa é um índice de dispersão adequado quando o tamanho e os números das unidades de amostragem são iguais em cada amostra, uma vez que é frequentemente influenciado pelo tamanho das unidades de amostragem. Este parâmetro é uma medida inversa do grau de agregação, sendo assim, valores negativos indicam uma distribuição regular ou uniforme, valores positivos próximos de zero, indicam uma disposição agregada e valores maiores que oito, um arranjo aleatório (Elliot, 1977; Southwood, 1978).

As distribuições teóricas de frequência utilizadas para avaliar a distribuição espacial da espécie observada foram de acordo com Young e Young (1998). A distribuição de Poisson, também denominado de distribuição aleatória, é caracterizada por apresentar um desvio igual à média (Southwood, 1966). A

distribuição Binomial Negativa se caracteriza pela variância maior do que a média, indicando, assim, uma distribuição agregada. E a Distribuição Binomial Positiva que descreve a distribuição uniforme e apresenta variância menor que a média.

Para verificar o teste de aptidão dos dados coletados às distribuições teóricas de frequência, foi utilizado o teste do qui-quadrado por aderência ao comparar o total das frequências observadas na área de amostra com as frequências esperadas, de acordo com Young e Young (1998), em que estas frequências são definidas pelo produto das probabilidades de cada classe e o número total de unidades de amostragem utilizado. No presente estudo, foi selecionado para corrigir uma frequência mínima esperada igual a 1, devido ao número de classes mínimas necessárias para encontrar o grau de liberdade.

Para construção do plano de amostragem sequencial para a vaquinha *D. speciosa* em feijão comum foi realizado o teste sequencial da razão de probabilidade (TSRP), de acordo com a metodologia desenvolvida por Wald (1945). O objetivo deste plano é testar, com o menor número possível de unidades amostrais, a hipótese H_0 e H_1 . Sendo que a Hipótese H_0 indica que a população está abaixo do nível de segurança, admitindo que não há necessidade de controlar a praga, e a hipótese H_1 indica que a população está acima do nível de segurança. A sua aceitação implica que é necessário aplicar métodos de controle.

As linhas de decisão foram construídas para a realização do teste TSRP. O limite superior de decisão indica o número de amostragens necessárias para atingir o nível de controle proposto, enquanto, o limite inferior de decisão indica o número total de amostragens a partir do qual se pode afirmar que a população está abaixo do nível de segurança; assim, a necessidade de aplicar as medidas de controle é eliminada, e a amostragem continua. O limite superior da decisão de ensaio é definido como: $S_1 = h_1 + S_n$. O limite inferior de decisão é definido pelo teste de TSRP: $S_0 = -h_0 + S_n$. Ambas equações indicam o número de unidades amostrais a serem utilizadas na amostragem, e os valores de h_0 , h_1 e S são definidos, no presente estudo, em função da distribuição de Poisson.

Sendo assim, de acordo com o modelo de distribuição espacial de *D. speciosa*, para a primeira observação utiliza-se n igual a 10 e determina-se o

valor do limite superior e inferior para a unidade amostral de número 1; na segunda observação utiliza-se n igual a 20, determinando, então os valores dos limites superior e inferior para a unidade amostral número 2, e assim sucessivamente, até a última unidade amostral necessária do plano de amostragem.

A Avaliação do teste TSRP é baseado na Curva Característica de Operação CO (p) e na Curva do Tamanho Esperado de Unidades Amostrais Ep(n). Assim, após a construção do plano de amostragem sequencial, é importante determinar a Curva CO(p), a que representa graficamente a função operatória característica e proporciona a probabilidade de conclusão da amostragem e não aconselhar o controle até atingir certo grau de infestação das culturas. Essa curva indica a probabilidade de aprovação de uma decisão correta ou incorreta para qualquer nível de infestação. A Curva do Tamanho Esperado de Unidades Amostrais Ep(n) representa o número médio de observações necessárias para a decisão de realizar ou não o controle.

3.2.3. Condições climáticas durante as safras estudadas

Os dados de flutuação de temperatura, em graus Celsius ($^{\circ}\text{C}$), observada nos períodos das safras estudadas foram obtidos da estação meteorológica da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa / CPAO, 2018/ 2019. A primeira safra estudada desde o dia 15/08/2018 ao 14/11/2018 teve uma temperatura média de $22,7^{\circ}\text{C}$, uma máxima de $29,4^{\circ}\text{C}$ e uma temperatura mínima de $11,2^{\circ}\text{C}$. Os dados de temperatura da segunda safra avaliada entre os dias 27/10/2018 e 02/02/2019 são $26,0^{\circ}\text{C}$ de temperatura média, $30,7^{\circ}\text{C}$ de temperatura máxima e $19,9^{\circ}\text{C}$ de temperatura mínima. Na terceira safra em estudo do dia 28/03/2019 ao 28/06/2019 podem ser observadas as temperaturas máxima e mínima de $27,6^{\circ}\text{C}$ e $15,0^{\circ}\text{C}$ respectivamente, sendo a média $22,4^{\circ}\text{C}$ (Figura 3.1).

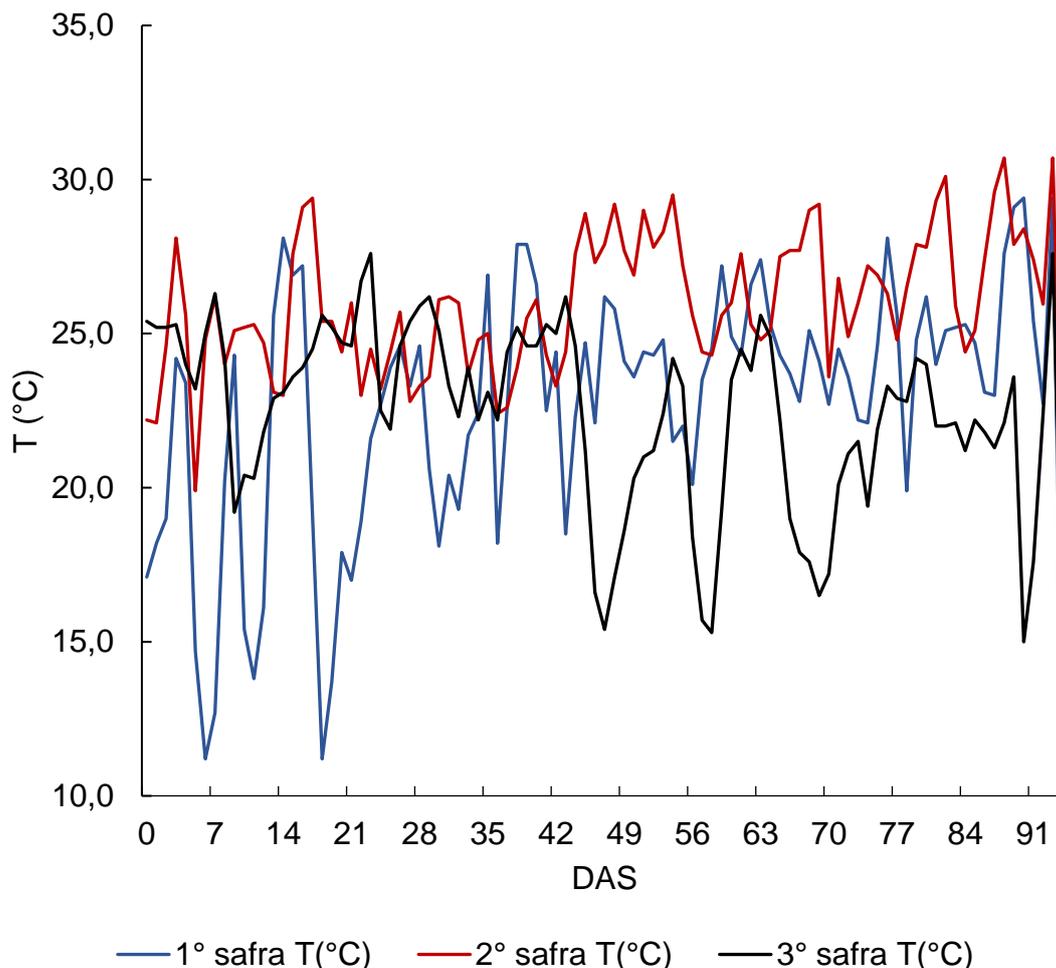


Figura 3.1. Flutuação de temperatura (°C) observada nos períodos de 1° safra: 15/08/2018 ao 14/11/2018; 2° safra: 27/10/2018 ao 02/02/2019 e 3° safra: 28/03/2019 ao 28/06/2019. DAS: dias após sementeira. Dados obtidos da estação meteorológica da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa / CPAO, 2018/ 2019.

Os dados de precipitação (mm) observada nos períodos das safras estudadas também foram obtidos da estação meteorológica da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa / CPAO, 2018/ 2019. A primeira safra estudada desde o dia 15/08/2018 ao 14/11/2018 teve precipitação média de 6,5mm, sendo o valor máximo 85,8mm e a mínima 0mm. Os dados de precipitação da segunda safra avaliada entre os dias 27/10/2018 e 02/02/2019 são 4,3mm em média, 95,2mm a precipitação máxima e 0mm a mínima precipitação. Na terceira safra em estudo do dia 28/03/2019 ao 28/06/2019 podem ser observadas as precipitações máxima e mínima de 27,7mm e 0mm respectivamente, sendo a média 1,2mm (Figura 3.2).

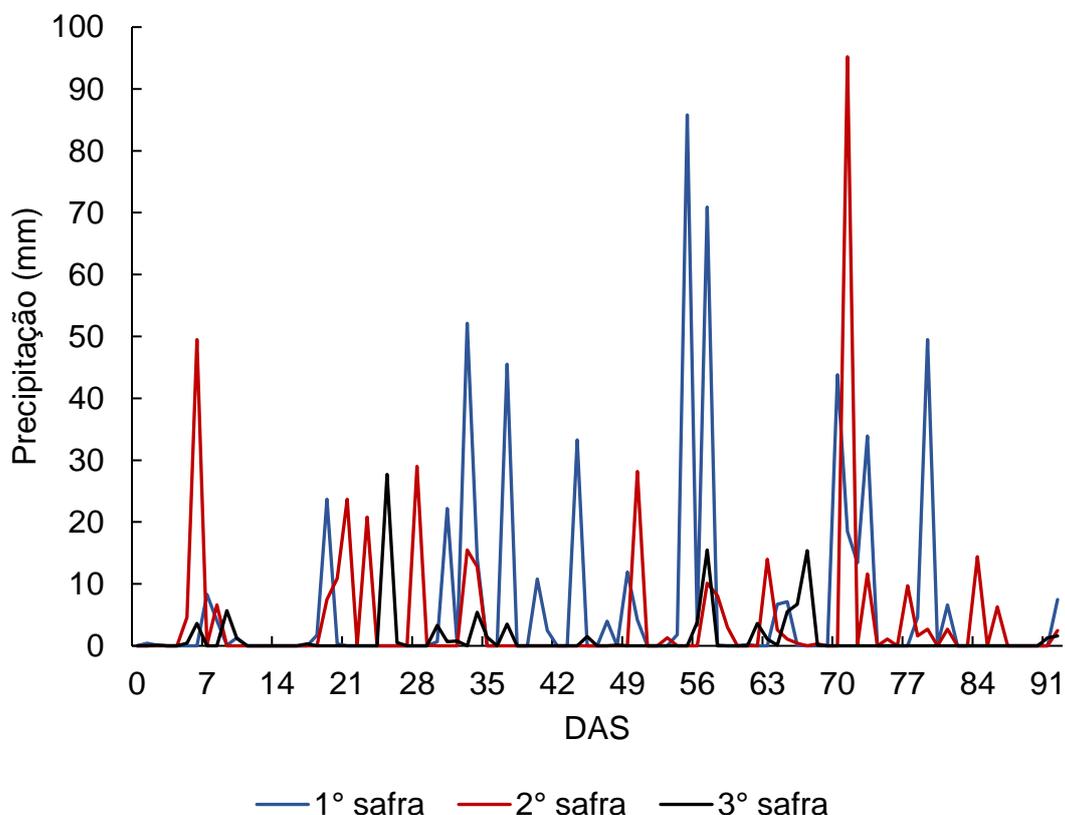


Figura 3.2. Flutuação de precipitação (mm) observada nos períodos de 1° safra: 15/08/2018 ao 14/11/2018; 2° safra: 27/10/2018 ao 02/02/2019 e 3° safra: 28/03/2019 ao 28/06/2019. DAS: dias após semeadura. Dados obtidos da estação meteorológica da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa / CPAO, 2018/ 2019.

3.3. Resultados

3.3.1. Preferência da vaquinha verde amarela pelos novos genótipos de feijão

Com base no teste F não houve diferença estatística na preferência de adultos de *D. speciosa* pelos 20 novos genótipos de feijão avaliados (Tabela 3.1).

3.3.2. Flutuação populacional de *D. speciosa* em feijão comum

Na primeira safra avaliada (15/08/2018 ao 14/11/2018) foram constatados os primeiros adultos de *D. speciosa* 35 dias após a sementeira, durante a fase R5 ou prefloração, sendo 0,47 o número médio desse inseto na área total. O pico populacional de *D. speciosa* nessa safra ocorreu 56 dias após a sementeira, durante a formação de vagens (R6) com 1,97 adultos em média (Tabela 3.1). E, a última amostragem onde foram constatadas vaquinhas foi 77 dias após a sementeira com 0,42 adultos em média, durante a fase de Maturação, R9.

Observando a segunda safra avaliada (entre 27/10/2018 e 02/02/2019) 49 dias após a sementeira, durante a floração (R6), ocorreram as primeiras vaquinhas com 0,03 adultos em média. O pico máximo de *D. speciosa* se deu durante o enchimento de vagens, na fase R8, 70 dias após sementeira com 5,72 insetos em média. Nesta safra, 91 dias após a sementeira foram encontradas as últimas vaquinhas no pano de batida, durante a fase R9 ou maturação, sendo 1,43 o número médio de adultos.

Na terceira safra em estudo (28/03/2019 ao 28/06/2019) durante a fase R6, 42 dias após a sementeira de feijão se constataram 0,5 vaquinhas em média na área total. 56 dias após a sementeira, em R7, se deu o pico máximo: 2,80 vaquinhas em média. O último dia que se encontraram vaquinhas na amostragem ocorreu 84 dias após a sementeira, em R9, com 0,83 adultos em média (Figura 3.3).

Assim, os primeiros adultos de *D. speciosa* foram encontrados durante a prefloração do feijoeiro. O pico populacional ocorreu durante a formação de vagens (R7). Adultos dessa espécie se mantiveram na área até a maturação (R9). O maior número de insetos foi observado na segunda safra avaliada, a das águas.

3.3.3. Índices de dispersão de *D. speciosa*

Observando os valores da Razão Variância Média (I) e do Índice Morisita ($I\delta$), nas três safras avaliadas, ambos os índices foram próximos da unidade na maioria das amostragens, não sendo rejeitada, portanto, a aleatoriedade da população de vaquinhas *D. speciosa* na cultura de feijão em estudo (Tabela 3.2).

No entanto, na primeira safra, ressalta-se a forte tendência do processo de agregação da população, observado nos valores superiores a unidade para esses índices (cinco de seis amostragens foram superiores a unidade), fato confirmado pelos valores do expoente K , com quatro (de um total de sete) amostragens com valores positivos e menores que oito (Tabela 3.2). Na segunda safra é observada a uniformização da população de vaquinhas quando cinco de um total de sete valores do expoente K são negativos. Na terceira safra três de um total de sete amostragens tiveram valores do expoente K superiores a oito, indicando uma forte tendência de aleatoriedade da população de vaquinhas (Tabela 3.2). Considerando as 21 amostragens onde se constataram vaquinhas (de um total de 44 amostragens): sete distribuições foram agregadas, seis foram aleatórias e oito uniformes.

Para ajustar a distribuição de frequência de adultos de *D. speciosa* em feijão, foi realizado o teste de qui-quadrado para as frequências observadas de esperadas de vaquinhas *D. speciosa* para as distribuições de Poisson, Binomial Negativa e Binomial Positiva. Devido a tendência para agregação, aleatoriedade e uniformidade da população observados nos índices de dispersão, não foi descartada nenhuma das distribuições mencionadas.

As frequências das classes numéricas de *D. speciosa* em feijão para o teste de Poisson tiveram 13 ajustes para este modelo de distribuição aleatória de um total de 21 amostragens onde se constataram vaquinhas no presente estudo (Tabela 3.3). Para o modelo de distribuição binomial positiva, somente houve ajuste para um dos valores ensaiados pelo teste de qui-quadrado, descartando a distribuição uniforme da população de vaquinhas.

De forma análoga à distribuição de Poisson, os valores do teste de qui-quadrado calculados para o modelo da distribuição binomial negativa tiveram bom ajuste; foram 13 ajustes de um total de 21 amostragens (de um total de 44). As exceções são observadas em amostras com baixa ou média igual a zero (Tabela 3.3). Considerando os índices de frequências calculadas neste estudo e os resultados dos índices de dispersão, a população de *D. speciosa* se comporta de forma aleatória propensa à agregação no feijão.

3.3.4. Plano de Amostragem Sequencial

O plano de amostragem sequencial construído neste estudo foi baseado na distribuição de probabilidade de Poisson, ou seja, as vaquinhas *D. speciosa* se distribuem de forma aleatória na cultura de feijão. O nível de controle adotado (μ_1) foram 20 vaquinhas *D. speciosa* por unidade amostral (Quintela, 2001). O nível de segurança adotado (μ_0) foram 10 vaquinhas por unidade amostral. A utilização de valores de erro do Tipo I e II foram determinadas como $\alpha = \beta = 0,01$. A linha superior a partir da qual é aceito H1 $S_1=3,1699+14,427n$ e o limite superior para aceite H0 é $S_0=-3,1699+14,427n$ (Figura 3.4).

Para tomada de decisão, a amostragem deve ser efetuada com o número total de vaquinhas *D. speciosa* e comparados com os valores da equação (Figura 3.4). Assim, se o número vaquinhas é igual ou menor do que o número da equação resultante, a amostragem é completa, aceita-se a hipótese H0 e o controle da praga não é realizado (Anexo A1.1). No entanto, quando o número acumulado é maior ou igual ao limite superior da equação, a amostragem é suspensa, H1 é aceito, e o controle da praga é realizado. Se os valores acumulados do número de vaquinhas se detêm entre os valores de H1 e H0, a amostragem deve continuar até que o número máximo de amostras necessárias para a decisão seja atingido. No presente trabalho, a tomada de decisão pode ser realizada a partir da primeira unidade de amostragem em diante (Figura 3.4).

A curva característica de operação, representado por CO (p) representa a probabilidade de tomar uma decisão correta para um determinado nível de infestação. Quando a média de vaquinhas *D. speciosa* é igual a 10, o teste indica que o controle não é recomendado apenas com uma probabilidade de 1% de erro do tipo I. A partir de 20 vaquinhas, ou seja, quando o nível de controle é atingido, a probabilidade de incorrer em erro é zero (Figura 3.5).

O número esperado de unidades amostrais $E_p(n)$ para o teste da razão da máxima verossimilhança indica que para uma infestação de 7 vaquinhas, o número máximo de amostras necessárias para a tomada de decisão é igual a 1,4 (Figura 3.6).

Tabela 3.1. Médias de adultos de *Diabrotica speciosa* (Germar) (Coleoptera: Chrysomelidae) em 20 genótipos de feijão comum. Dourados-MS, Fazenda Experimental da Universidade Federal da Grande Dourados, 2018/2019.

	1° safra (15/08/2018 ao 14/11/2018)							2° safra (27/10/2018 ao 02/02/2019)							3° safra (28/03/2019 ao 28/06/2019)						
	35 DAS	42 DAS	49 DAS	56 DAS	63 DAS	70 DAS	77 DAS	49 DAS	56 DAS	63 DAS	70 DAS	77 DAS	84 DAS	91 DAS	42 DAS	49 DAS	56 DAS	63 DAS	70 DAS	77 DAS	84 DAS
1	0,33	0,00	0,33	2,00	0,00	0,33	0,33	0,00	0,00	3,00	3,33	5,00	3,33	0,33	0,33	2,33	1,33	1,67	1,00	0,67	1,00
2	0,33	0,33	0,67	1,67	0,67	0,00	1,00	0,00	0,00	3,00	5,00	4,33	5,00	2,33	1,00	2,00	2,00	0,67	0,33	1,00	0,33
3	0,33	0,33	1,00	1,00	0,33	0,33	0,00	0,00	0,00	2,67	4,00	4,67	3,00	3,33	0,00	2,33	2,67	0,33	1,00	2,33	1,00
4	1,33	0,00	1,67	2,33	0,67	0,33	0,67	0,00	0,00	2,00	5,33	4,00	2,67	0,00	0,00	2,33	1,67	2,67	1,33	0,33	1,00
5	0,00	0,00	0,67	1,33	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	2,00	4,33	3,33	4,33	0,67	0,00	0,67	5,67	2,67	1,67	0,67	0,67
6	1,00	0,33	1,00	2,33	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	3,00	5,33	2,67	3,33	1,00	0,33	1,00	2,33	1,33	0,67	1,33	0,67
7	1,00	0,00	0,33	2,33	1,00	0,00	1,33	0,00	0,00	3,67	5,33	4,00	3,33	1,33	1,00	2,33	2,33	1,33	1,00	0,67	0,33
8	0,33	0,00	1,00	3,00	0,00	0,67	0,67	0,00	0,00	3,00	7,00	3,33	3,67	1,00	0,67	2,67	4,33	2,00	0,67	1,00	0,00
9	0,33	0,33	0,33	2,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00	1,67	4,67	4,67	4,67	1,33	1,00	2,67	2,33	2,67	1,00	1,67	0,67
10	0,33	0,00	0,33	1,67	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	1,67	6,00	4,67	5,33	2,00	1,67	2,00	4,00	3,67	0,67	1,00	1,67
11	0,67	0,00	1,00	4,00	0,67	1,00	0,00	0,00	0,00	3,67	5,67	5,33	5,00	1,33	0,67	3,67	2,00	1,67	1,67	1,33	0,00
12	0,33	0,67	0,67	2,33	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,33	6,00	4,00	3,67	1,33	0,00	3,33	1,33	3,33	3,00	0,33	1,33
13	1,33	0,33	0,00	3,33	0,67	0,00	0,00	0,00	0,00	2,67	4,67	5,67	4,67	2,00	0,00	1,33	4,33	1,33	1,00	1,33	1,33
14	0,67	0,33	0,00	1,67	0,33	0,00	0,67	0,00	0,00	3,00	5,67	3,67	2,33	1,00	0,67	2,67	2,67	3,00	1,00	0,33	1,67
15	0,00	0,00	0,33	1,33	0,33	0,33	0,67	0,00	0,00	2,00	9,67	3,67	3,67	0,00	0,67	1,33	2,67	2,67	1,00	2,33	1,00
16	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	0,67	0,67	0,00	0,00	4,00	6,67	4,00	4,67	2,67	0,67	3,00	1,33	2,33	1,00	0,33	0,33
17	0,33	1,00	0,67	1,00	1,00	0,33	0,00	0,00	0,00	2,00	6,00	5,67	2,33	0,33	0,00	2,00	3,67	1,67	3,00	0,33	1,00
18	0,00	0,00	0,00	1,67	0,00	0,00	1,00	0,00	0,33	2,67	4,67	3,33	4,33	1,67	0,33	1,67	4,33	2,00	1,33	0,00	0,33
19	0,33	1,00	0,67	1,67	0,67	1,00	1,00	0,00	0,00	3,00	8,00	4,00	3,67	2,33	1,00	1,67	2,33	1,00	1,67	0,67	1,00
20	0,33	0,00	0,33	1,67	1,33	0,33	0,00	0,00	0,33	4,00	7,00	4,67	4,00	2,67	0,00	1,67	2,67	2,67	1,00	0,33	1,33
μ	0,47	0,23	0,60	1,97	0,50	0,32	0,42	0,03	0,05	2,80	5,72	4,23	3,85	1,43	0,50	2,13	2,80	2,03	1,25	0,90	0,83
F	0,69	0,87	0,84	0,82	1,31	0,69	1,11	0,95	0,89	0,67	0,94	0,88	1,07	0,72	1,37	0,94	1,56	0,99	1,20	1,50	1,01
p	0,807	0,617	0,648	0,673	0,234	0,810	0,378	0,535	0,591	0,826	0,539	0,606	0,416	0,778	0,198	0,546	0,118	0,496	0,309	0,137	0,475

*DAS: Dias após semeadura. 1° safra é de inverno, 2° safra das águas e 3° safra da seca. F 5% (19,40)= 1,84. Os genótipos 16, 17, 18, 19 e 20 são IAC Uma, IAC Imperador, IAC Formoso, IAC Milenio e IAC Alvorada, respectivamente.

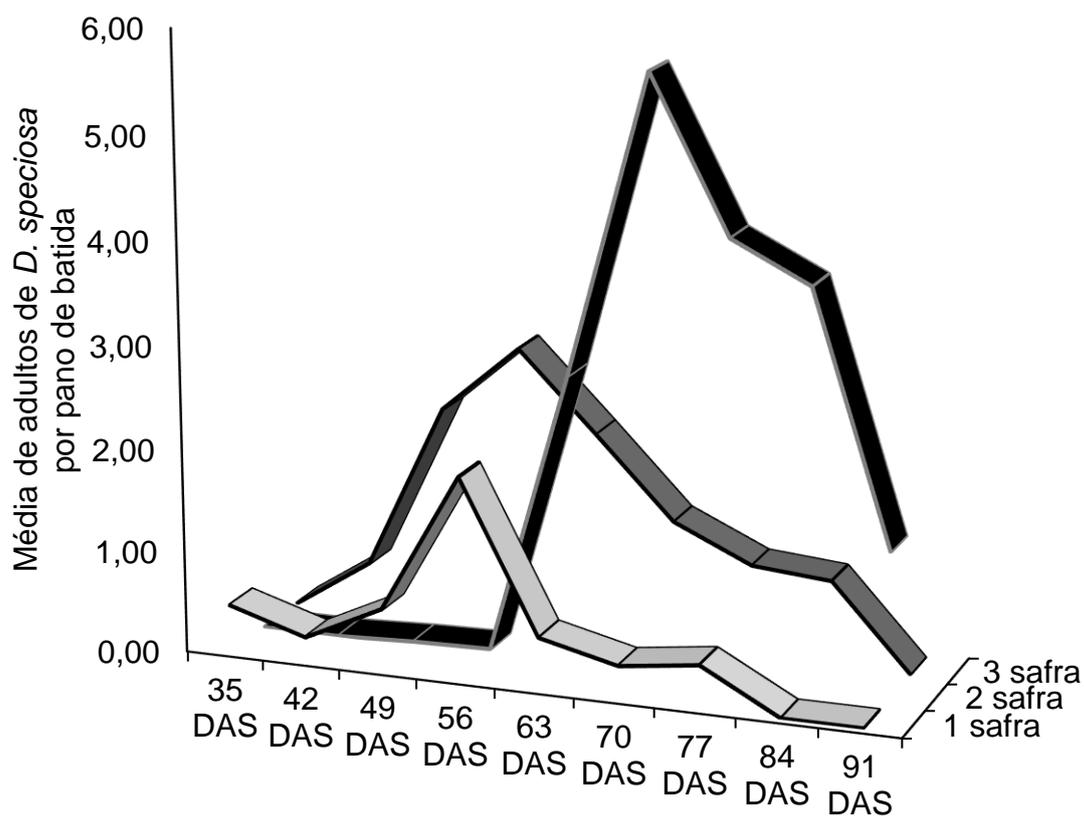


Figura 3.3. Flutuação populacional de *Diabrotica speciosa* (Germar) (Coleoptera: Chrysomelidae) em feijão comum, na Fazenda Experimental da Universidade Federal da Grande Dourados, MS, nos períodos de 1° safra: 15/08/2018 ao 14/11/2018; 2° safra: 27/10/2018 ao 02/02/2019 e 3° safra: 28/03/2019 ao 28/06/2019. Sendo a primeira data a de semeadura e a segunda a de colheita. DAS: dias após a semeadura.

Tabela 3.2. Estatísticas: medias (m) e variâncias (S²) de adultos de *Diabrotica speciosa* (Germar) (Coleoptera: Chrysomelidae) e índices de dispersão: razão variância/media (I); índice de Morisita (I_δ); expoente K da binomial negativa (K) e qui-quadrado calculado (χ²) em feijão. Dourados- MS, Brasil, Fazenda Experimental da Universidade Federal da Grande Dourados, 2018/2019.

Amostragem	Fase	m	S ²	I	I _δ	K	χ ²
1° safra							
35 DAS	R5	0,47	0,66	1,42*	1,90*	1,12ag	83,49
42 DAS	R6	0,23	0,35	1,51*	3,30*	0,46ag	88,89
49 DAS	R6	0,60	0,62	1,03ns	1,05ns	21,24ale	60,67
56 DAS	R7	1,97	2,13	1,09ns	1,04ns	23,05ale	64,03
63 DAS	R8	0,50	0,46	0,92ns	0,83ns	-5,90uni	54,00
70 DAS	R8	0,32	0,39	1,23ns	1,75ns	1,37ag	72,61
77 DAS	R9	0,42	0,55	1,33ns	1,80ns	1,28ag	78,19
2° safra							
49 DAS	R6	0,03	0,03	0,98ns	0,00ns	-2,09uni	58,06
56 DAS	R7	0,05	0,05	0,97ns	0,00ns	-1,52uni	57,06
63 DAS	R8	2,80	2,13	0,76ns	0,92ns	-11,68uni	44,85
70 DAS	R8	5,72	6,58	1,15ns	1,03ns	37,90ale	67,90
77 DAS	R9	4,23	2,15	0,51*	0,89ns	-8,59uni	29,93
84 DAS	R9	3,85	2,27	0,59*	0,89ns	-9,35uni	34,71
91 DAS	R9	1,43	3,33	2,33*	1,92*	1,08ag	137,31
3° safra							
42 DAS	R6	0,50	0,56	1,12ns	1,24ns	4,22ag	65,99
49 DAS	R6	2,13	1,81	0,85ns	0,93ns	-14,19uni	50,13
56 DAS	R7	2,80	3,28	1,17ns	1,06ns	16,29ale	69,14
63 DAS	R8	2,03	2,41	1,18ns	1,09ns	11,13ale	69,78
70 DAS	R8	1,25	1,28	1,02ns	1,02ns	61,97ale	60,19
77 DAS	R9	0,90	1,01	1,12ns	1,13ns	7,56ag	66,02
84 DAS	R9	0,83	0,75	0,90ns	0,88ns	-8,47uni	53,19

*=significativo ao nível de 5% pelo teste de qui-quadrado; ag= agregada; ale=aleatória; uni= uniforme; ns=não significativo.

Tabela 3.3. Teste de qui-quadrado (χ^2) para as frequências observadas e esperadas de adultos de *D. speciosa* em feijão no ajuste para as distribuições de Poisson, Binomial Negativa e Binomial Positiva. Dourados – MS, Brasil, Fazenda Experimental da Universidade Federal da Grande Dourados, 2018/2019.

Amostra	Poisson		Binomial positiva		Binomial negativa	
	χ^2	GL (nc-2)	χ^2	GL (nc-3)	χ^2	GL (nc-3)
1° safra						
35 DAS	12,5466*	3	90,7453*	2	1,5721 ^{ns}	2
42 DAS	10,0634*	2	36,6442*	1	0,5126 ^{ns}	1
49 DAS	1,1736 ^{ns}	2	3,3681 ^{ns}	1	1,0954 ^{ns}	1
56 DAS	20,6323*	6	480,6843*	5	15,3171*	5
63 DAS	0,4692 ^{ns}	1	i	-	i	-
70 DAS	2,8536 ^{ns}	2	13,0386*	1	0,5275 ^{ns}	1
77 DAS	5,3409 ^{ns}	2	11,9177*	1	2,2479 ^{ns}	1
2° safra						
49 DAS	i	-	i	-	i	-
56 DAS	i	-	i	-	i	-
63 DAS	3,0591 ^{ns}	5	13,7944*	4	3,1144 ^{ns}	4
70 DAS	18,4284 ^{ns}	12	806,0066*	11	16,2112 ^{ns}	11
77 DAS	20,7884*	9	97,3044*	8	8,0241 ^{ns}	8
84 DAS	11,5728 ^{ns}	8	37,2875*	7	26,3569*	7
91 DAS	63,9066*	5	448,5572*	4	12,0467*	4
3° safra						
42 DAS	1,1724 ^{ns}	2	4,6272*	1	0,5965 ^{ns}	1
49 DAS	9,6673 ^{ns}	6	73,1777*	5	13,0110*	5
56 DAS	18,6718*	7	312,8970*	6	14,2129*	6
63 DAS	9,5057 ^{ns}	6	106,6436*	5	6,9659 ^{ns}	5
70 DAS	1,1242 ^{ns}	3	13,0730*	2	1,0094 ^{ns}	2
77 DAS	3,0719 ^{ns}	3	23,4301*	2	1,9346 ^{ns}	2
84 DAS	2,0028 ^{ns}	3	7,3341*	2	2,2385 ^{ns}	2

ns= Não significativo; *= significativo ao nível de 5% de probabilidade; χ^2 = valor calculado do qui-quadrado; GL= graus de liberdade; i = insuficiência de classes; nc - número de classes observadas no campo.

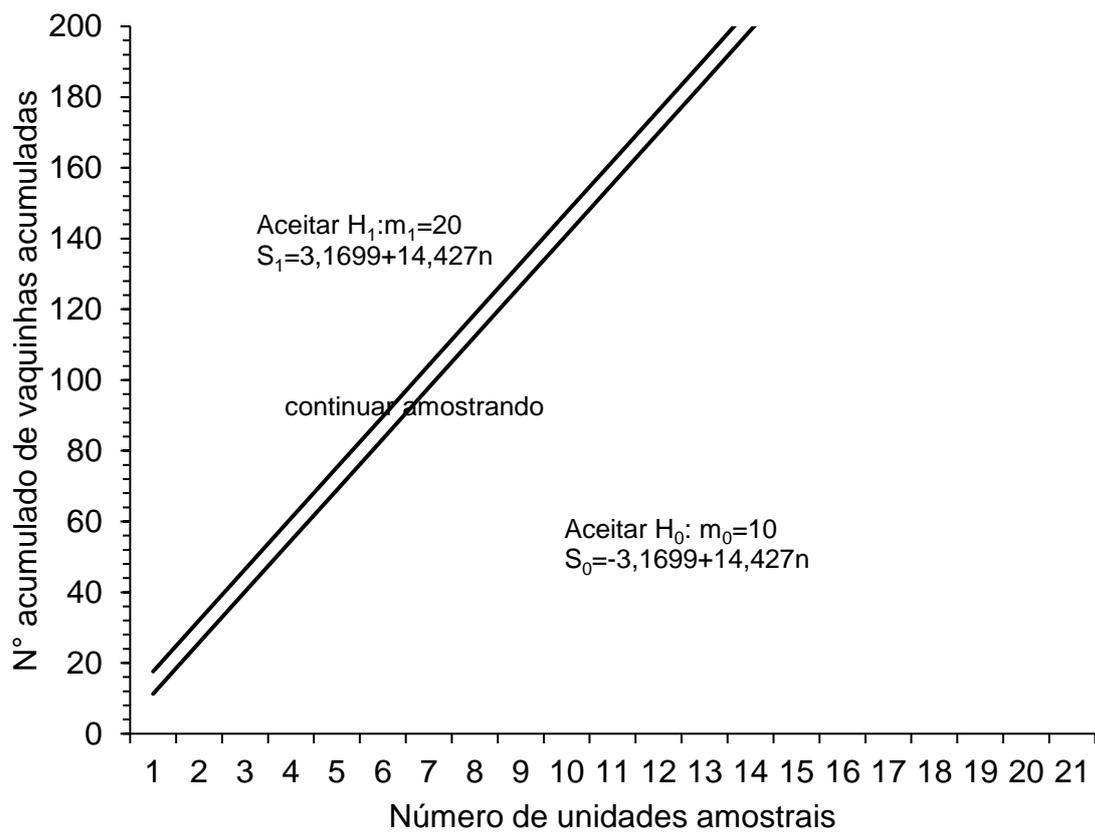


Figura 3.4. Linhas de decisão do plano de amostragem sequencial para o número adultos de *Diabrotica speciosa* (Coleoptera: Chrysomelidae) com base na distribuição de Poisson.

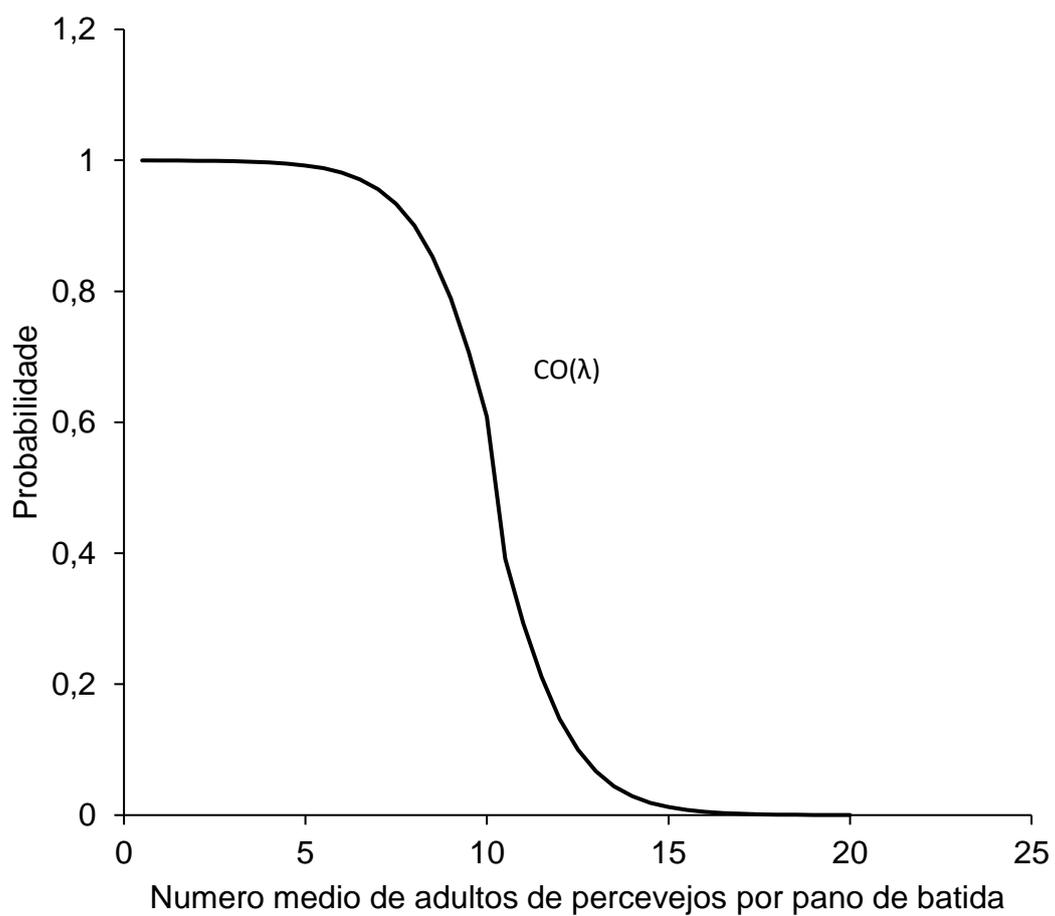


Figura 3.5. Curva característica de operação do teste sequencial da razão de probabilidade para o número de indivíduos de *D. speciosa* por pano de batida.

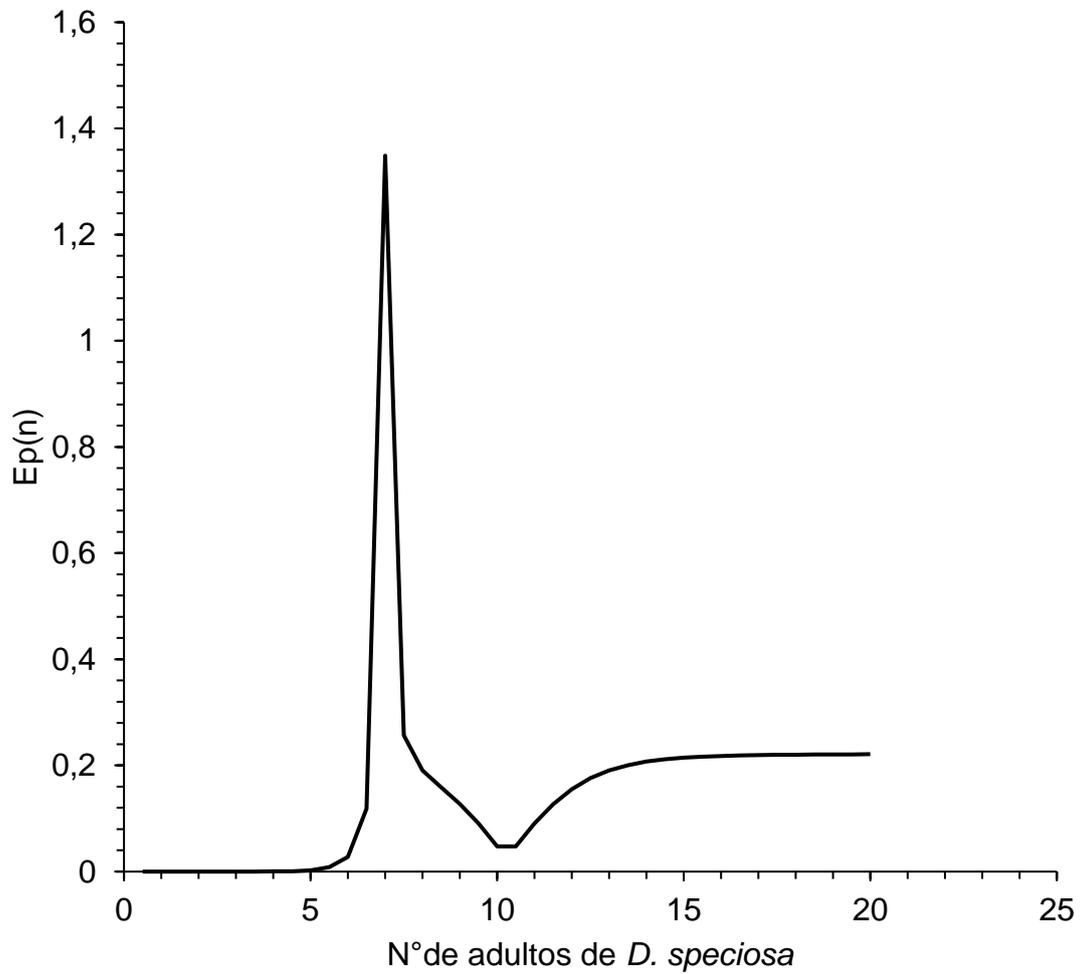


Figura 3.6. Curva do tamanho esperado de unidades amostrais $E_p(n)$ do teste sequencial da razão de probabilidade para adultos de *D. speciosa*.

3.4. Discussão

3.4.1. Preferência da vaquinha verde amarela pelos novos genótipos de feijão

Não houve diferença estatística na preferência de adultos de *D. speciosa* pelos 20 novos genótipos de feijão avaliados. Este resultado pode estar condicionado ao fato que os diferentes genótipos de feijão representaram um único tipo de alimento e habitat para a vaquinha. Nos trabalhos, em que foram alternadas duas culturas, foi revelado um melhor desempenho do crescimento populacional de *D. speciosa* quando os adultos se alimentam do hospedeiro mais adequado para si durante o período de pré-oviposição (soja) e priorizam o hospedeiro que oferece melhores condições para o desenvolvimento e crescimento de sua prole larval durante o período de oviposição. (milho) (García et al., 2020).

Em testes laboratoriais e em casa de vegetação com várias cultivares de feijão comum, foram encontradas algumas preferências na alimentação de *D. speciosa*, porém com resultados ambíguos e com carência de estudos a campo. Sendo assim, nesses testes laboratoriais e em casa de vegetação, IAC-Diplomata e Onix foram as menos preferidas; IAC-Una, FT-Nobre, IAC-Uirapuru, IPR-Tiziu, IAC-Maravilha e BRS-Supremo foram moderadamente preferidos; e Diamante Negro e BRS-Explendor foram os mais preferidos pelos adultos de *D. speciosa* (Boiça et al., 2015). Já, de forma análoga à não preferência na alimentação de *D. speciosa* pelos diferentes genótipos de feijão estudados no presente trabalho, testes com 33 genótipos de abóbora *Cucurbita moschata* indicaram que todos os genótipos são igualmente suscetíveis ao ataque de *D. speciosa*, não havendo preferência alimentar (Baldin e Lara, 2001).

3.4.2. Flutuação populacional de *D. speciosa* em feijão comum

Provavelmente, o maior número de adultos de *D. speciosa* ocorreu na segunda safra avaliada porque nessa época, ao redor do experimento com feijão em questão, houve uma grande área de soja ao redor. A literatura informa que adultos de *D. speciosa* alimentados com folhas de batata e feijoeiro apresentaram capacidade de postura significativamente superior àqueles

mantidos em folhas de soja ou milho (Ávila e Parra, 2002). Sendo que folhas de feijão são mais adequados para os adultos de *D. speciosa* quando comparadas às folhas de soja (Ávila et al., 2019), pode então, ter ocorrido migração das vaquinhas da soja para o feijão, aumentando o pico populacional desse inseto na área em estudo.

No período da avaliação da segunda safra, a temperatura oscilou entre 20 a 30°C (Figura 3.1), o que é considerado ótimo para o desenvolvimento de *D. speciosa* (Milanez e Parra, 2000a). Ademais, na segunda safra, aos 70 dias após a semeadura (R8) de feijão, no período que se deu o pico máximo populacional de vaquinhas ocorreu também o pico máximo de precipitação (Figura 3.2). Portanto, verifica-se no presente estudo que maiores teores de umidade são preferidos por *D. speciosa*, de acordo com a literatura (Milanez e Parra, 2000b).

3.4.3. Índices de dispersão de *D. speciosa*

Considerando que somente houve um ajuste para a uniformidade (distribuição binomial positiva), 13 ajustes para a aleatoriedade (distribuição de Poisson) e 13 ajustes para a agregação (distribuição Binomial negativa), a população de *D. speciosa* se comporta de forma aleatória propensa à agregação no feijão. No entanto, o habitat influencia a distribuição espacial dos insetos (Banks et al., 2020). Um estudo semelhante, em milho, chegou à conclusão de que a distribuição de *D. speciosa* é agregada, recomendando o desenvolvimento de um plano de amostragem sequencial com base no modelo binomial negativo (Mota, 2014).

O efeito das outras culturas ao redor da área de feijão pode ter influenciado no crescimento populacional e na disseminação de *D. speciosa*. Existem resultados que indicam que o uso de milho consorciado com outras plantas hospedeiras de *D. speciosa* como batata, soja e feijão, pode afetar a dispersão de insetos no campo. Dois pontos importantes relacionados à cultura hospedeira disponível em um sistema são sua posição e proporção. No caso do milho, quanto maior sua proporção no sistema, melhor é o controle de pragas. Em relação à posição, podemos conseguir um melhor controle da praga inserindo fileiras de milho próximo ao ponto inicial de invasão. Portanto, o milho

pode ser usado como uma barreira natural para *D. speciosa* e a disponibilidade de milho na borda do campo é fundamental para o controle da população desses insetos (García et al., 2014).

Nesse sentido, as plantas de milho presente nas proximidades da área experimental de feijão, pode ter influenciado na maior distribuição espacial aleatória e agregada das vaquinhas e no menor número de insetos nessas duas safras avaliadas. Na segunda safra avaliada, época em que o milho foi escasso e a soja abundante, a distribuição espacial foi predominantemente uniforme.

3.4.4. Plano de Amostragem Sequencial

O plano de amostragem sequencial construído neste estudo foi baseado na distribuição de probabilidade de Poisson, ou seja, as vaquinhas *D. speciosa* se distribuem de forma aleatória na cultura de feijão. Estudos avaliando o ataque *D. speciosa* ao feijoeiro são escassos na literatura.

A recomendação da Embrapa é de 4 amostragens para 5ha, 5 amostragens para 10ha, 6 amostragens para 30ha, 8 amostragens para 50ha e 10 amostragens para 100ha (Quintela, 2001). Planos de amostragem sequencial se tornam importantes instrumentos no manejo integrado de pragas (MIP), quando já se tem uma base de conhecimento sobre as populações de insetos-praga, bem como de seus inimigos naturais (Fernandes et al., 2003).

Sendo assim, o procedimento de amostragem a campo seria realizado da seguinte forma: a área total deve ser dividida talhões homogêneos, o talhão é percorrido de maneira que as amostragens sejam realizadas de forma aleatória com auxílio do pano de batida, após a contagem em cada ponto amostral, esse número vai se acumulando. Se o valor total acumulado for maior que o limite superior, H_1 é aceita e o controle deve ser realizado. Se o valor acumulado for inferior a linha S_0 , H_0 é aceita, H_1 se rejeita, parando a amostragem e não realizando o controle na área. Se o valor acumulado não ultrapassar nenhuma das linhas de decisão, a amostragem continua até o número máximo esperado de vaquinhas para a tomada de decisão.

3.5. Conclusões

Não se constatou preferência da vaquinha *D. speciosa* por nenhum dos 20 novos genótipos de feijão comum testados.

Considerando a flutuação populacional de *D. speciosa*, os primeiros adultos foram encontrados durante a preflorescência (R5) do feijoeiro. O pico populacional ocorreu durante a formação de vagens (R7). Adultos de *D. speciosa* se mantiveram na área até a maturação (R9). O maior número desses insetos foi observado na segunda safra avaliada, a das águas.

Levando em consideração os índices de frequências e os de dispersão, a população de *D. speciosa* se comporta de forma aleatória propensa à agregação no feijão.

Com fundamento no plano de amostragem sequencial com base no Teste Sequencial da Razão de Probabilidade (TSRP) desenvolvido no presente trabalho, a recomendação de controle de *D. speciosa* no feijoeiro é sugerida segundo o limite de decisão superior $S_1=3,1699+14,427n$. Não sendo necessário o controle populacional de acordo com o limite inferior $S_0=-3,1699+14,427n$. As taxas de erro utilizadas foram α e $\beta = 0,01\%$.

3.6. Agradecimentos

A “Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior” (CAPES) pela bolsa de Doutorado.

3.7. Referências Bibliográficas

Ávila, C.J., Bitencourt, D.R., da Silva, I.F. (2019). Biology, reproductive capacity, and foliar consumption of *Diabrotica speciosa* (Germar) (Coleoptera: Chrysomelidae) in different host plants. *Journal of Agricultural Science*, 11(5), 353- 351.

Ávila, C. J., Parra, J. R. P. (2002). Desenvolvimento de *Diabrotica speciosa* (Germar) (Coleoptera: Chrysomelidae) em diferentes hospedeiros. *Ciência Rural*, 32(5), 739-743.

- Baldin, E. L., Lara, F. M. (2001). Atratividade e consumo foliar por adultos de *Diabrotica speciosa* (Germ.) (Coleoptera: Chrysomelidae) em diferentes genótipos de abóbora. *Neotropical Entomology*, 30(4), 675-679.
- Banks, J. E., Laubmeier, A. N., Banks, H. T. (2020). Modelling the effects of field spatial scale and natural enemy colonization behaviour on pest suppression in diversified agroecosystems. *Agricultural and Forest Entomology*, 22(1), 30-40.
- Binns, M.R., Nyrop, J.P. (1992). Sampling insect populations for the purpose of IPM decision making. *Annual Review of Entomology*, 37:427-453.
- Boiça, A. L., Costa, E. N., de Souza, B. H. S., Ribeiro, Z. A., Carbonell, S. A. M. (2015). Antixenosis and tolerance to *Diabrotica speciosa* (Coleoptera: Chrysomelidae) in common bean cultivars. *Florida Entomologist*, 464-472.
- Cabrera Walsh, G., Ávila, C. J., Cabrera, N., Nava, D. E., de Sene Pinto, A., Weber, D. C. (2020). Biology and management of pest *Diabrotica* species in South America. *Insects*, 11(7), 421.
- Coêlho, J. D. (2017). Produção de grãos: grandes desafios do agricultor brasileiro. *Caderno Setorial ETENE*, 2(13), 2-12.
- CONAB. (2019a). Perspectivas para a agropecuária, Brasília, 7, 1-100. ISSN 2318-3241
- CONAB. (2019b). Acompanhamento da safra brasileira. Análise Mensal- Agosto- Setembro- 2019. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuario-e-extrativista/analises-do-mercado/historico-mensal-de-feijao>. Acesso em 9/12/2019.
- Elliot, J.M. (1977). Some methods for the statistical analysis of sample of benthic invertebrates. 2 ed. Ambleside, Westmorland, UK: Freshwater Biological Association. p. 160.
- Fernandes, M. G., Busoli, A., Barbosa, J. (2003). Distribuição espacial de *Spodoptera frugiperda* (JE Smith, 1797) (Lepidoptera, Noctuidae) em algodoeiro. *Current Agricultural Science and Technology*, 9(4).
- Fonseca, P.R.B., Fernandes, M.G., Degrande, P.E., Mota, T.A., Kassab, S.O. (2013). Spatial distribution of adult *Anthonomus grandis* Bohemn (Coleoptera:

Curculionidae) and buds with feeding punctures on conventional and Bt cotton. *Semina Ciências Agrárias*. 34(3):1129-1138.

Garcia, A. G., Godoy, W. A., Cònsoli, F. L., Ferreira, C. P. (2020). Modelling movement and stage-specific habitat preferences of a polyphagous insect pest. *Movement ecology*, 8(1), 1-11.

Garcia, A., Consoli, F. L., Godoy, W. A. C., Ferreira, C. P. (2014). A mathematical approach to simulate spatio-temporal patterns of an insect-pest, the corn rootworm *Diabrotica speciosa* (Coleoptera: Chrysomelidae) in intercropping systems. *Landscape ecology*, 29(9), 1531-1540.

Kuno, E. (1991). Sampling and analysis of insect populations. *Annual Review of Entomology*. 36(1):285-304.

Milanez, J. M., Parra, J. R. (2000a). Biologia e exigências térmicas de *Diabrotica speciosa* (Germar) (Coleoptera: Chrysomelidae) em laboratório. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*, 29(1), 23-29.

Milanez, J. M., Parra, J. R. (2000b). Preferência de *Diabrotica speciosa* (Germar) (Coleoptera: Chrysomelidae) para oviposição em diferentes tipos e umidade de solos. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*, 29(1), 155-158.

Mota, T. A. (2014). Distribuição Espacial e Amostragem Sequencial de Insetos de Importância Econômica para o Cultivo de Milho (Tese de Doutorado). UFGD, Dourados, MS.

Oliveira, A. D. D., Fernandes, E. J., Rodrigues, T. D. J. (2005). Condutância estomática como indicador de estresse hídrico em feijão. *Engenharia Agrícola*, 1(1), 86-95.

Quintela, E. D. (2001). Manejo integrado de pragas do feijoeiro. Embrapa Arroz e Feijão-Circular Técnica (INFOTECA-E).

Rabinovich, J.E. (1980). Introducción a la ecología de poblaciones animales. México: Compañía editorial continental. p. 313.

Silva, M. O., Brigide, P., Canniatti- Brazaca, S. G. (2013). Caracterização da composição centesimal e mineral de diferentes cultivares de feijão comum crus e cozidos. *Alimentos e Nutrição Araraquara*, 24 (3), 339-346.

Silveira Neto, S., Nakano, O., Barbin, D., Villa Nova, N.A. (1976). Manual de ecologia dos insetos. São Paulo: Agronômica Ceres. p. 419.

Southwood, T.R.E. (1978). Ecological methods. New York: John Wiley & Sons. p. 525.

Southwood, T. R. E. (1966). Ecological methods. 391 pp. Methuen & Co. Ltd., London.

Souza, L.A., Barbosa, J.C., Grigolli, J.F.J., Fraga, D.F., Maldonado Jr, W., Busoli, A.C. (2013). Spatial distribution of *Euschistus heros* (F.) (Hemiptera: Pentatomidae) in soybean. Neotropical Entomology. 42(4):412-418.

Wald, A. (1945). Sequential tests of statistical hypotheses. Annual Math Statistics. 16(2):117-186.

Young, L.J., Young, J.H. (1998). Statistical ecology: a population perspective. Boston: Kluwer Academic Publishers. p. 565.

**Capítulo 4. Amostragem sequencial do complexo de percevejos em
feijoeiro *Phaseolus vulgaris* L.**

Amostragem sequencial do complexo de percevejos em feijoeiro
***Phaseolus vulgaris* L.**

Resumo

Dentre os fatores que afetam a produtividade do feijão comum, os percevejos, causam significativas injúrias econômicas. Se alimentam diretamente dos grãos, os que ficam enrugados, chochos, mais escuros e menores. Causam prejuízos a qualidade das sementes, reduzem seu poder germinativo e transmitem a mancha de levedura provocada pelo fungo *Nematospora corylli*. O manejo integrado de pragas e novos materiais genéticos podem diminuir a utilização do controle químico, reduzindo custos de produção. O uso da amostragem sequencial tem se mostrado um método prático pela facilidade e rapidez. Nesse contexto, os objetivos deste trabalho foram verificar se existe preferência por parte do complexo de percevejos por 20 novos genótipos de *Phaseolus vulgaris* L., avaliar a flutuação populacional do complexo de percevejos em três safras diferentes, identificar como é a distribuição espacial do complexo de percevejos no feijoeiro e desenvolver um plano de amostragem sequencial. Os resultados apontam a que não há preferência dos percevejos por nenhum dos genótipos de feijão avaliados. A curva de flutuação populacional indica os primeiros adultos de percevejos na fase fenológica R7, o pico populacional em R8 e a permanência de percevejos até R9. O maior número de percevejos foi observado na primeira safra avaliada. Segundo os índices de frequências calculados, a população do complexo de percevejos se comporta de forma aleatória no feijão. Com fundamento no plano de amostragem sequencial com base no Teste Sequencial da Razão de Probabilidade (TSRP) e taxas de erro α e $\beta = 0,1\%$, os limites superior e inferior para a tomada de decisão de controle de percevejos na cultura de feijão são: $S_1=3,1699+1,4427n$ e $S_0=-3,1699+1,4427n$ respectivamente.

Palavras-chave: Amostragem, Manejo Integrado de Pragas, Pentatomidae, *Phaseolus vulgaris*, Poisson.

Abstract

Between the factors that affect the productivity of common beans, stink bugs, cause significant economic injuries. They feed directly on the grains, leaving them wrinkled, darker and smaller. They damage the quality of the seeds, reduce their germinative power and transmit the yeast stain caused by the fungus *Nematospora corylli*. Integrated pest management and new genetic materials can decrease the use of chemical control, reducing production costs. The use of sequential sampling has proved to be a practical method due to its ease and speed. In this context, the objectives of this work were to verify whether there is a preference for the stink bug complex for 20 new genotypes of *Phaseolus vulgaris* L., evaluate the population fluctuation of the stink bug complex in three different harvests, identify the spatial distribution of the stink bug complex and develop a sequential sampling plan. The results show that stink bugs are not preferred by any of the tested bean materials. The population fluctuation curve indicates the first adult stink bugs in the phenological phase R7, the population peak in R8 and the permanence of stink bugs until R9. The largest number of stink bugs was observed in the first harvest evaluated. According to the calculated frequency indices, the population of the stink bug complex behaves randomly on beans. Based on the sequential sampling plan based on the Sequential Probability Ratio Test (SPRT) and error rates α and $\beta = 0.1\%$, the upper and lower limits for stink bug control decision making in bean culture are: $S_1 = 3.1699 + 1.4427n$ and $S_0 = -3.1699 + 1.4427n$ respectively.

Keywords: Integrated Pest Management, Pentatomidae, *Phaseolus vulgaris*, Poisson, Sampling.

4.1. Introdução

O Feijão comum é do gênero *Phaseolus* pertence à ordem *Fabales*, família *Fabaceae* e é originário das Américas (Cronquist 1988, Da Silva e Costa, 2003). Dentre as espécies mais cultivadas e de maior importância econômica se encontra o *P. vulgaris* L. Provavelmente, a transição do feijão comum silvestre para a forma cultivada atual tenha ocorrido há 8.000 anos atrás, no México, se disseminando pela América Central e a Cordilheira dos Andes, de acordo com as evidências botânicas, arqueológicas, bioquímicas e moleculares (Singh e Debouck, 1991).

O feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) é uma cultura de especial importância para o Brasil que se destaca entre os maiores produtores de feijão a nível mundial. O feijão constitui um excelente alimento para os humanos. É uma fonte de proteína vegetal, carboidratos, vitaminas e minerais (Silva et al., 2013). A proteína do feijão é rica em aminoácido essencial lisina, no entanto, é pobre nos aminoácidos sulfurados metionina e cisteína, sendo estes últimos complementados pelo arroz (de Carvalho et al., 2014). Devido a essas propriedades nutritivas, o feijão compõe as cestas básicas no Brasil e nos últimos tempos teve um aumento atípico na demanda no varejo justificado pela crise da pandemia COVID-19 (CONAB, 2020).

Dentre os fatores responsáveis pela baixa produtividade de feijão, os percevejos, causam injúrias significativas à cultura. Esses insetos se alimentam, desde o início de formação de vagens, diretamente dos grãos, deixando-os enrugados, chochos, mais escuros e menores. Causam prejuízos a qualidade das sementes, reduzem seu poder germinativo e transmitem a mancha de levedura provocada pelo fungo *Nematospora corylli*, provocando depreciação na comercialização do feijão (Quintela, 2009).

Dentre as características do manejo integrado de pragas se ressalta a preocupação em alterar o meio ambiente o mínimo possível, através da diminuição da utilização do controle químico e dos custos de produção. Para tanto, órgãos governamentais de pesquisa e extensão têm desenvolvido métodos de amostragem convencionais, em que o número ou tamanho da amostra é fixo, sendo o controle químico realizado somente quando se atinge o

nível de controle da praga. Entretanto, em tais métodos o tempo necessário para a realização de uma amostragem pode tornar inviável a sua aplicação prática (Pereira et al., 2004). O uso da amostragem sequencial tem se mostrado um método prático pela facilidade e à rapidez em relação ao método convencional (Fernandes et al. 2003).

Para desenvolver o plano de amostragem sequencial por meio do método da razão de probabilidade, são necessários alguns requisitos básicos, que incluem a aquisição de uma função de probabilidade que descreva a distribuição espacial dos insetos. A avaliação do grau de danos na forma de duas densidades críticas, de tal forma que os danos econômicos ocorrem se a população excede o limite superior previamente estabelecido, e os danos econômicos não ocorrem se a população se mantém abaixo do limite inferior definido. E, a seleção dos níveis máximos de probabilidade de cometer erros na decisão em relação às densidades populacionais (Young e Young 1998). Nesse sentido, a previsão de uma densidade de população não prejudicial como sendo prejudicial é denominada erro de tipo I e a probabilidade de prever uma densidade prejudicial como não sendo prejudicial é o erro do tipo II (Binns, 1994; Fernandes et al., 2003).

Os objetivos deste trabalho foram verificar se existe preferência por parte do complexo de percevejos por 20 novos genótipos de *Phaseolus vulgaris* L., avaliar a flutuação populacional do complexo de percevejos em três safras diferentes, identificar como é a distribuição espacial do complexo de percevejos no feijoeiro e desenvolver um plano de amostragem sequencial.

4.2. Material e métodos

4.2.1. Área de amostragem e material de estudo

O estudo foi conduzido durante três safras consecutivas, sendo o período da primeira safra (de inverno) compreendido entre 15/08/2018 a 14/11/2018; a segunda safra (das águas) de 27/10/2018 a 02/02/2019 e a terceira (da seca) de 28/03/2019 a 28/06/2019. A área de avaliação foi de 820m², localizada na Fazenda Experimental da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD),

Mato Grosso do Sul, Brasil (22° 13'52,4495" S, 54° 5' 10,5372" W) a 430 m de altitude. O solo do local foi classificado como Latossolo Vermelho Distroférrico típico de textura media.

Foram avaliados 20 genótipos de *Phaseolus vulgaris* (Fabaceae), sendo 15 pré-comerciais oriundos do cruzamento de FEIS-L113 e "Carioca Branco" e cinco comerciais: IAC Uma, IAC Imperador, IAC Formoso, IAC Milênio e IAC Alvorada. Os genótipos são provenientes do banco de germoplasma do Grupo de Melhoramento e Biotecnologia Vegetal (GMBV) da UFGD. Os novos genótipos são originários do programa de melhoramento genético da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP), Campus Ilha Solteira, SP. Atualmente, as 15 novas linhagens estão sendo avaliadas em ensaios de Valor de Cultivo e Uso (VCU) no estado do Mato Grosso do Sul, visando o registro para comercialização, pelo Registro Nacional de Cultivares (RNC), instituído pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA).

Os genótipos foram semeados em três blocos aleatórios, totalizando 60 parcelas. O espaçamento foi de 0,45m entre linhas dentro da parcela e 1m entre parcelas, sendo que cada parcela foi composta por quatro linhas de 4m. A adubação utilizada foi de 280 kg/ha, formulação (8, 20, 20).

4.2.2 Método de amostragem e análise estatística

As amostragens foram realizadas semanalmente durante todo o período de cultivo pelo método de pano de batida de 1m, no período matutino. A área monitorada foi dividida em 60 parcelas de 4m². Os dados foram submetidos ao teste F para verificar a preferência do complexo de percevejos pelos diferentes novos genótipos de feijão.

Para determinação da disposição espacial do complexo de percevejos foram utilizados os seguintes parâmetros:

Índice variância / média: Este índice (I) mede o desvio de um arranjo de dados aleatórios. Para este índice, os valores iguais a 1 indicam disposição espacial aleatória ou acaso, valores inferiores a 1 indicam arranjo espacial

regular ou uniforme, e valores significativamente maiores do que 1 indicam agregação ou distribuição contagiosa (Rabinovich, 1980).

O teste de afastamento da aleatoriedade consiste em rejeitar a aleatoriedade se: $\chi^2 = I \cdot (N-1)$ sendo, I = valor do índice de dispersão I ; N = o número total de unidades amostrais. Com $N-1$ graus de liberdade, se compara o valor do qui-quadrado calculado (χ^2) com o qui-quadrado tabelado (X^2) e não se rejeita a aleatoriedade ($I = 1$) se: $\chi^2 = (N-1 \text{ gl}; \alpha = 0,025) > X^2 > \chi^2 (N-1 \text{ gl}; \alpha = 0,975)$

Índice de Morisita: o índice de Morisita ($I\delta$) é relativamente independente da média e do número de amostras. Então quando $I\delta=1$, a distribuição é aleatória, quando $I\delta > 1$ a distribuição é contagiosa e quando $I\delta < 1$ a distribuição é regular (Silveira Neto et al., 1976).

O expoente K da distribuição binomial negativa é um índice de dispersão adequado quando o tamanho e os números das unidades de amostragem são iguais em cada amostra, uma vez que é frequentemente influenciado pelo tamanho das unidades de amostragem. Este parâmetro é uma medida inversa do grau de agregação, sendo assim, valores negativos indicam uma distribuição regular ou uniforme, valores positivos próximos de zero, indicam uma disposição agregada e valores maiores que oito, um arranjo aleatório (Elliot, 1977; Southwood, 1978).

As distribuições teóricas de frequência utilizadas para avaliar a distribuição espacial da espécie observada foram de acordo com Young e Young (1998). A distribuição de Poisson, também denominado de distribuição aleatória, é caracterizada por apresentar um desvio igual à média (Southwood, 1966). A distribuição Binomial Negativa se caracteriza pela variância maior do que a média, indicando, assim, uma distribuição agregada. E a Distribuição Binomial Positiva que descreve a distribuição uniforme e apresenta variância menor que a média.

Para verificar o teste de aptidão dos dados coletados às distribuições teóricas de frequência, foi utilizado o teste do qui-quadrado por aderência ao comparar o total das frequências observadas na área de amostra com as frequências esperadas, de acordo com Young e Young (1998), onde estas

frequências são definidas pelo produto das probabilidades de cada classe e o número total de unidades de amostragem utilizado. No presente estudo, foi selecionado para corrigir uma frequência mínima esperada igual a 1, devido ao número de classes mínimas necessárias para encontrar o grau de liberdade.

Para construção do plano de amostragem sequencial para o complexo de percevejos em feijão comum foi realizado o teste sequencial da razão de probabilidade (TSRP), de acordo com a metodologia desenvolvida por Wald (1945). O objetivo deste plano é testar, com o menor número possível de unidades amostrais, a H_0 hipóteses e H_1 . Sendo que a Hipótese H_0 indica que a população está abaixo do nível de segurança, admitindo que não há necessidade de controlar a praga. A hipótese H_1 indica que a população está acima do nível de segurança, e a sua aceitação implica que é necessário aplicar métodos de controle.

Desta forma, as linhas de decisão foram construídas, para a realização do teste TSRP. O limite superior de decisão indica o número de amostragens necessárias para atingir o nível de controle proposto, enquanto, o limite inferior de decisão indica o número total de amostragens a partir do qual se pode afirmar que a população está abaixo do nível de segurança; assim, a necessidade de aplicar as medidas de controle é eliminada, e a amostragem continua. O limite superior da decisão de ensaio é definido como: $S_1 = h_1 + S_n$. O limite inferior de decisão é definido pelo teste de TSRP: $S_0 = -h_0 + S_n$. Ambas equações indicam o número de unidades amostrais a serem utilizadas na amostragem, e os valores de h_0 , h_1 e S são definidos em função da distribuição de Poisson.

Sendo assim, de acordo com o modelo de distribuição espacial do complexo de percevejos, para a primeira observação utiliza-se n igual a 1 e determina-se o valor do limite superior e inferior para a unidade amostral de número 1; na segunda observação utiliza-se n igual a 2, determinando, então os valores dos limites superior e inferior para a unidade amostral número 2, e assim sucessivamente, até a última unidade amostral necessária do plano de amostragem.

A Avaliação do teste TSRP é baseado na Curva Característica de Operação $CO(\lambda)$ e na Curva do Tamanho Esperado de Unidades Amostrais $E\lambda(n)$. Assim, após a construção do plano de amostragem sequencial, é

importante determinar a Curva $CO(\lambda)$, a que representa graficamente a função operatória característica e proporciona a probabilidade de conclusão da amostragem e não aconselhar o controle até atingir certo grau de infestação das culturas. Essa curva indica a probabilidade de aprovação de uma decisão correta ou incorreta para qualquer nível de infestação. A Curva do Tamanho Esperado de Unidades Amostrais $E\lambda(n)$ representa o número médio de observações necessárias para a decisão de realizar ou não o controle.

4.2.3. Condições climáticas durante as safras estudadas

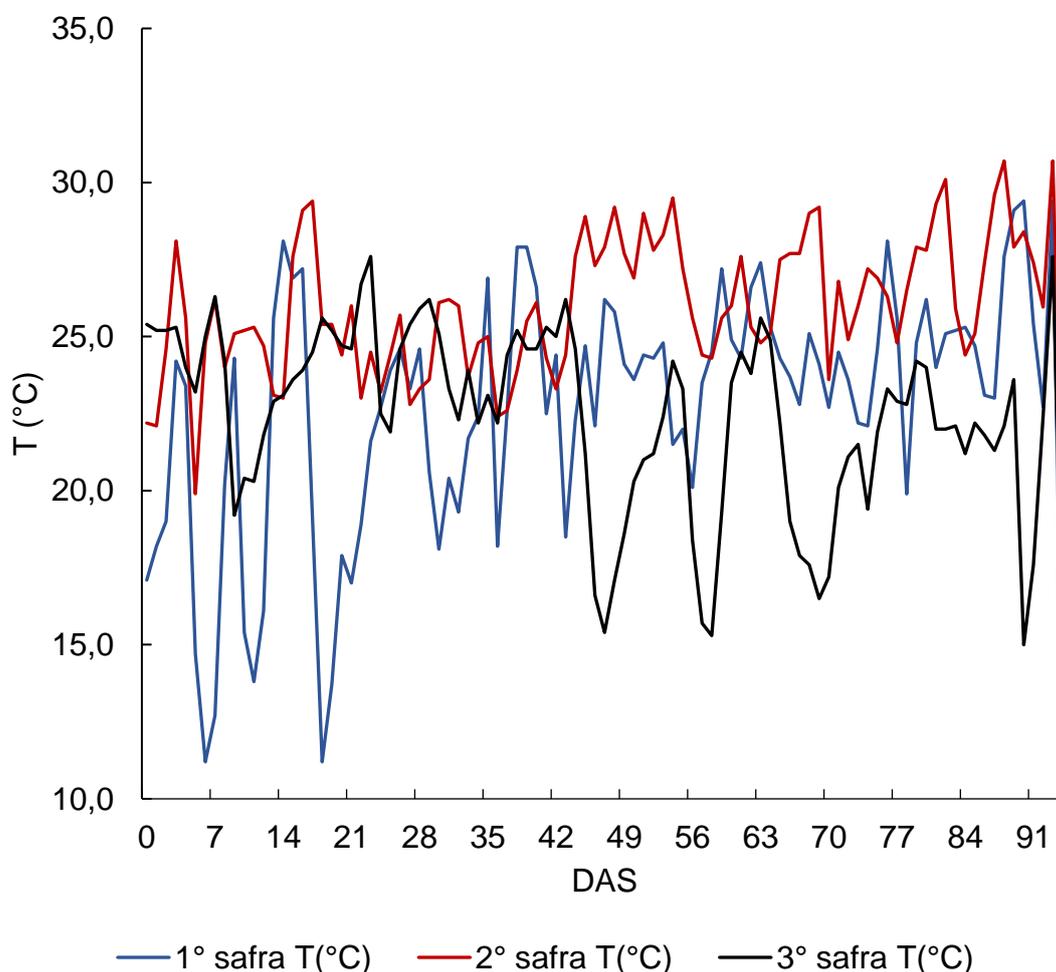


Figura 4.1. Flutuação de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) observada nos períodos de 1 $^{\circ}$ safra: 15/08/2018 ao 14/11/2018; 2 $^{\circ}$ safra: 27/10/2018 ao 02/02/2019 e 3 $^{\circ}$ safra: 28/03/2019 ao 28/06/2019. DAS: dias após semeadura. Dados obtidos da estação meteorológica da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa / CPAO, 2018/ 2019.

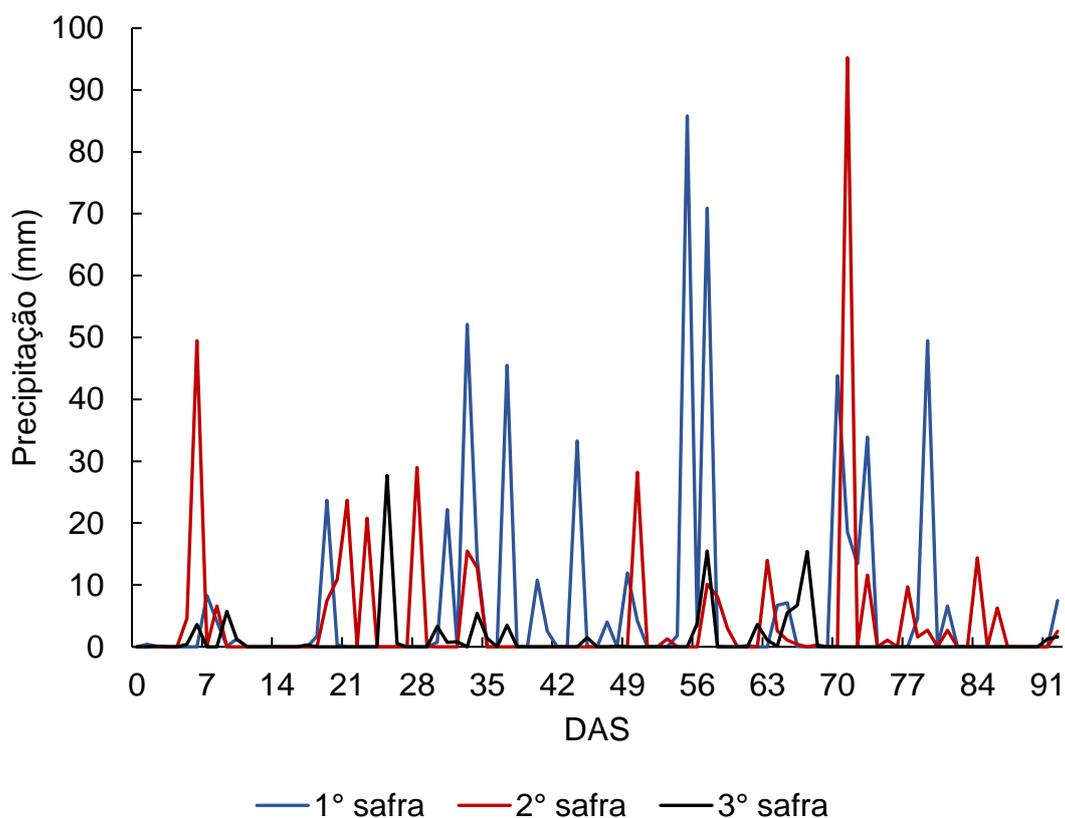


Figura 4.2. Flutuação de precipitação (mm) observada nos períodos de 1° safra: 15/08/2018 ao 14/11/2018; 2° safra: 27/10/2018 ao 02/02/2019 e 3° safra: 28/03/2019 ao 28/06/2019. DAS: dias após semeadura. Dados obtidos da estação meteorológica da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa / CPAO, 2018/ 2019.

4.3. Resultados

4.3.1. Preferência do complexo de percevejos pelos novos genótipos de feijão

Com base no teste F não houve diferença estatística na preferência de adultos do complexo de percevejos pelos 20 novos genótipos de feijão avaliados (Tabela 4.1). Vale salientar que as espécies amostradas foram *Edessa meditabunda*, *Nezara viridula*, *Euschistus heros* e *Dichelops* spp. (Hemiptera: Pentatomidae) e que pelos aspectos biológicos e características alimentares que compartilha esse grupo de insetos, foram avaliados como complexo.

4.3.2. Flutuação populacional do complexo de percevejos em feijão comum

Na primeira safra avaliada (15/08/2018 a 14/11/2018) foram constatados os primeiros adultos do complexo de percevejos 63 dias após a semeadura de feijão, durante a formação de vagens (R7), sendo 3,10 o número médio desse inseto na área total. O pico populacional do complexo de percevejos nessa safra ocorreu 70 dias após a semeadura, durante o enchimento de vagens (R8), com 4,50 adultos em média. E, a última amostragem onde foram constatados percevejos ocorreu 77 dias após a semeadura com 2,35 adultos em média, em R9, (Tabela 3.1).

Observando a segunda safra avaliada (entre 27/10/2018 e 02/02/2019) 63 dias após a semeadura, em R8, ocorreram os primeiros percevejos com 0,07 adultos em média. O pico máximo do complexo de percevejos se deu 84 dias após semeadura, já em R9, com 0,88 insetos em média. Durante a maturação, 91 dias após a semeadura foram encontrados os últimos percevejos da safra no pano de batida, sendo 0,10 o número médio de adultos.

Na terceira safra em estudo (28/03/2019 a 28/06/2019) 49 dias após a semeadura de feijão, em R6, se constataram 0,08 percevejos em média na área total. Na fase R8, 70 dias após a semeadura se deu o pico máximo: 0,12 percevejos em média. Até, e durante a fase de maturação R9, foram amostrados percevejos pelo método de pano de batida, a última data que se encontraram esses insetos na área de estudo foi 84 dias após a semeadura, com 0,03 adultos em média (Figura 4.3).

Assim, os primeiros adultos de percevejos foram encontrados entre 49 a 63 dias após a semeadura de feijão, durante a formação de vagens em R7. O pico populacional ocorreu entre 70 a 84 dias após a semeadura, durante o enchimento de vagens ou R8. Adultos de percevejos se mantiveram na área até a maturação ou R9, em torno de 77 a 91 dias após semeadura. O maior número de percevejos do complexo que ataca o feijoeiro foi observado na primeira safra avaliada, a de inverno.

4.3.3. Índices de dispersão do complexo de percevejos

Observando os valores da Razão Variância Média (I) e do Índice Morisita ($I\delta$), nas três safras avaliadas, esses índices foram superiores que a unidade na maioria das amostragens (Tabela 4.2). No entanto, na primeira safra, ressalta-se a forte tendência do processo de aleatoriedade da população, observado nos valores próximos da unidade para esses índices (duas de três amostragens foram próximos da unidade). Na segunda safra é observada a uniformização da população de percevejos quando três de um total de cinco valores do expoente K são negativos. Na terceira safra três de um total de seis amostragens tiveram valores do expoente K negativos, indicando uma forte tendência de uniformização da população de percevejos e três valores positivos e menores que oito, indicando agregação (Tabela 4.2). Considerando as 14 amostragens: oito distribuições foram uniformes, cinco foram agregadas e uma aleatória.

Para ajustar a distribuição de frequência de adultos do complexo de percevejo que ataca o feijoeiro, foi realizado o teste de qui-quadrado para as frequências observadas de esperadas de percevejos para as distribuições de Poisson, Binomial Negativa e Binomial Positiva. Devido a tendência para agregação, aleatoriedade e uniformidade da população observados nos índices de dispersão, não foi descartada nenhuma das distribuições mencionadas.

As frequências das classes numéricas de percevejos em feijão para o teste de Poisson (aleatória) e binomial negativa (agregada) tiveram 5 ajustes para ambos modelos de distribuição de um total de 14 amostragens coletadas (Tabela 4.3). Para o modelo de distribuição binomial positiva, não houve ajuste pelo teste de qui-quadrado, descartando a distribuição uniforme da população de percevejos. As exceções são observadas em amostras com baixa ou média igual a zero (Tabela 4.3). Considerando os índices de frequências calculadas neste estudo, a população do complexo de percevejos se comporta de forma aleatória no feijão.

4.3.4. Plano de Amostragem Sequencial

O plano de amostragem sequencial construído neste estudo foi baseado na distribuição de probabilidade de Poisson, ou seja, os percevejos se distribuem de forma aleatória na cultura de feijão. O nível de controle adotado (μ_1) foram dois percevejos por unidade amostral (Quintela, 2001). O nível de segurança adotado (μ_0) foi um percevejo por unidade amostral. A utilização de valores de

erro do Tipo I e II foram determinadas como $\alpha = \beta = 0,01$. A linha superior a partir da qual é aceito H_1 é $S_1 = 3,1699 + 1,4427n$ e o limite inferior para aceite H_0 é $S_0 = -3,1699 + 1,4427n$ (Figura 4.4).

Para tomada de decisão, a amostragem deve ser efetuada com o número total de percevejos e comparados com os valores da equação (Figura 4.4). Se o número de percevejos é igual ou menor do que o número da equação resultante, a amostragem é completa, aceita-se a hipótese H_0 e o controle da praga não é realizado. No entanto, quando o número acumulado é maior ou igual ao limite superior da equação, a amostragem é suspensa, H_1 é aceito, e o controle da praga é realizado. Se os valores acumulados do número de percevejos se detêm entre os valores de H_1 e H_0 , a amostragem deve continuar até que o número máximo de amostras necessárias para a decisão seja atingido. No presente trabalho, a tomada de decisão pode ser realizada a partir da segunda unidade de amostragem em diante (Figura 4.4).

A curva característica de operação, representado por $CO(\lambda)$ representa a probabilidade de tomar uma decisão correta para um determinado nível de infestação. Quando a média de percevejos é igual a um, o teste indica que o controle não é recomendado apenas com uma probabilidade de 1% de erro do tipo I. A partir de dois percevejos, ou seja, quando o nível de controle é atingido, a probabilidade de incorrer em erro é zero (Figura 4.5).

O número esperado de unidades amostrais $E\lambda(n)$ para o teste da razão da máxima verossimilhança indica que para uma infestação de um percevejo, o número máximo de amostras necessárias para a tomada de decisão é igual a 7 (Figura 4.6).

Tabela 4.1. Médias de adultos do complexo de percevejos em 20 genótipos de feijão comum. Dourados-MS, Fazenda Experimental da Universidade Federal da Grande Dourados, 2018/2019.

	1° safra (15/08/2018 ao 14/11/2018)			2° safra (27/10/2018 ao 02/02/2019)					3° safra (28/03/2019 ao 28/06/2019)					
	63 DAS	70 DAS	77 DAS	63 DAS	70 DAS	77 DAS	84 DAS	91 DAS	49 DAS	56 DAS	63 DAS	70 DAS	77 DAS	84 DAS
1	4,33	3,67	2,67	0,00	0,33	1,00	0,33	0,00	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00
2	3,00	3,67	1,33	0,00	0,00	0,33	0,67	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00
3	1,67	2,33	4,00	0,00	0,00	1,00	1,00	0,67	0,33	0,00	0,00	0,33	0,00	0,00
4	4,00	4,00	3,00	0,00	0,00	1,00	0,67	0,00	0,33	0,33	0,67	0,00	0,00	0,00
5	2,33	4,67	1,67	0,00	0,33	0,67	0,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00	0,00
6	3,33	7,00	3,33	0,33	0,00	1,00	1,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00	0,00
7	4,33	5,33	1,33	0,00	0,00	0,67	0,33	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00
8	1,00	4,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00	0,00	0,33	0,00	0,33	0,00	0,00
9	3,67	5,33	3,00	0,00	0,33	1,00	1,00	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67	0,00
10	2,33	5,00	3,67	0,00	0,00	0,33	0,33	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
11	3,33	2,67	2,00	0,00	0,67	1,00	1,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,33	0,00
12	4,67	5,00	2,67	0,33	0,33	0,33	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
13	4,33	3,33	1,67	0,00	0,67	1,00	1,33	0,33	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	0,33
14	3,67	6,67	2,33	0,00	0,00	0,67	2,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
15	3,33	3,00	3,00	0,00	0,00	2,67	0,33	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
16	2,67	5,33	3,00	0,67	0,00	1,00	2,00	0,33	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00	0,00
17	2,67	4,33	1,00	0,00	0,67	0,33	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18	1,33	3,33	2,00	0,00	0,00	0,00	0,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
19	2,67	5,67	1,67	0,00	0,33	0,67	1,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,33	0,33
20	3,33	5,67	2,67	0,00	0,67	0,67	0,67	0,33	0,00	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00
μ	3,10	4,50	2,35	0,07	0,22	0,77	0,88	0,10	0,08	0,07	0,07	0,12	0,08	0,03
F	1,14	0,78	0,53	0,91	1,10	0,89	1,24	0,82	0,79	0,84	0,91	0,68	0,86	0,95
p	0,36	0,72	0,93	0,57	0,39	0,60	0,27	0,68	0,71	0,65	0,57	0,81	0,62	0,54

*DAS: Dias após semeadura. 1° safra é de inverno, 2° safra das águas e 3° safra da seca. F 5% (19,40)= 1,84. Os genótipos 16, 17, 18, 19 e 20 são IAC Uma, IAC Imperador, IAC Formoso, IAC Milenio e IAC Alvorada respectivamente.

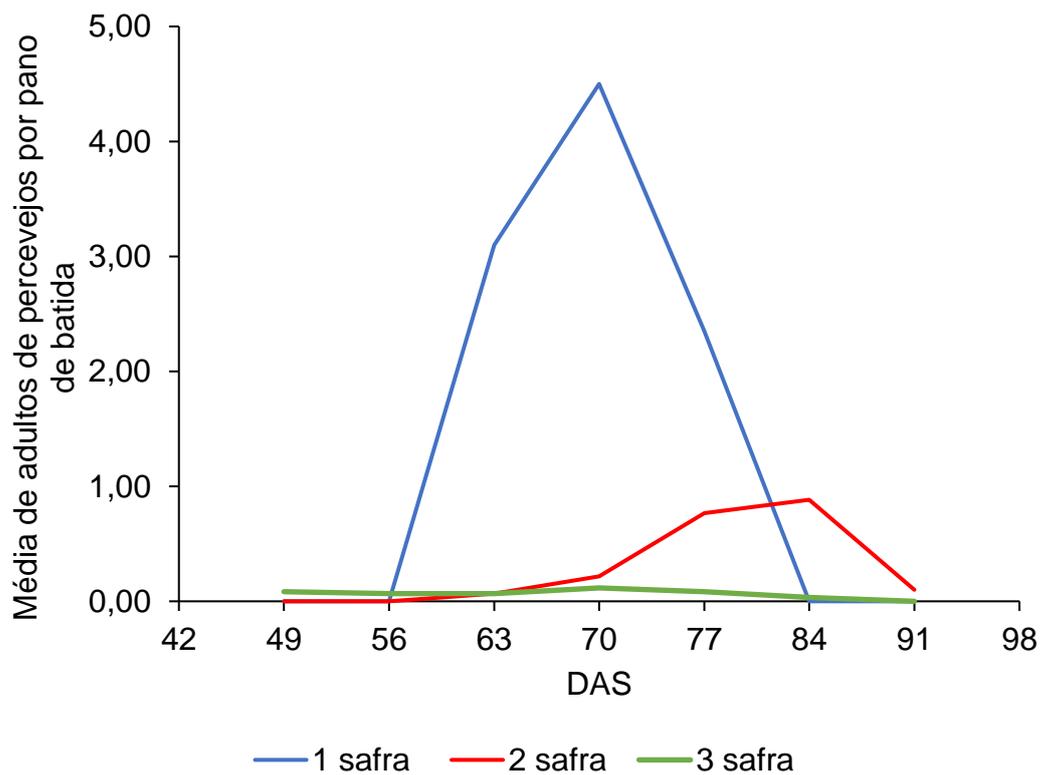


Figura 4.3. Flutuação populacional do complexo de percevejos em feijão comum, na Fazenda Experimental da Universidade Federal da Grande Dourados, MS, nos períodos de 1° safra: 15/08/2018 ao 14/11/2018; 2° safra: 27/10/2018 ao 02/02/2019 e 3° safra: 28/03/2019 ao 28/06/2019. Sendo a primeira data a de semeadura e a segunda a de colheita. DAS: dias após a semeadura.

Tabela 4.2. Estatísticas: medias (m) e variâncias (S²) de adultos do complexo de percevejos em feijão comum e índices de dispersão: razão variância/media (I); índice de Morisita (I_δ); expoente K da binomial negativa (K) e qui-quadrado calculado (χ²). Dourados- MS, Brasil, Fazenda Experimental da Universidade Federal da Grande Dourados, 2018/2019.

Amostragem	Fase	m	S ²	I	I _δ	K	χ ²
1° safra							
63 DAS	R8	3,10	2,91	0,94ns	0,98ns	-49,30uni	55
70 DAS	R8	4,50	5,92	1,31ns	1,07ns	14,31ale	78
77 DAS	R9	2,35	3,76	1,60*	1,25*	3,93ag	94
2° safra							
63 DAS	R8	0,07	0,00	0,00*	10,00*	-0,07uni	0
70 DAS	R8	0,22	0,10	0,45*	0,77ns	-0,39uni	26
77 DAS	R9	0,77	0,13	0,16*	1,45*	-0,92uni	10
84 DAS	R9	0,88	0,08	0,09*	1,09ns	-0,97uni	5
91 DAS	R9	0,10	1,22	12,23*	4,00ns	0,01ag	722
3° safra							
49 DAS	R6	0,08	0,06	0,76ns	0,00ns	-0,35uni	45
56 DAS	R7	0,07	0,10	1,46*	0,00ns	0,15ag	86
63 DAS	R8	0,07	0,10	1,57*	10,00*	0,12ag	93
70 DAS	R8	0,12	0,11	0,96ns	0,00ns	-2,68uni	56
77 DAS	R9	0,08	0,03	0,39*	6,00*	-0,14uni	23
84 DAS	R9	0,03	1,03	30,98*	0,00ns	0,001ag	1828

*=significativo ao nível de 5% pelo teste de qui-quadrado; ag= agregada; ale=aleatória; uni= uniforme; ns=não significativo.

Tabela 4.3. Teste de qui-quadrado (χ^2) para as frequências observadas e esperadas de adultos de *D. speciosa* em feijão no ajuste para as distribuições de Poisson, Binomial Negativa e Binomial Positiva. Dourados – MS, Brasil, Fazenda Experimental da Universidade Federal da Grande Dourados, 2018/2019.

Amostra	Poisson		Binomial positiva		Binomial negativa	
	χ^2	GL(nc-2)	χ^2	GL(nc-3)	χ^2	GL(nc-3)
1° safra						
63 DAS	15,2282 ^{ns}	7	48,4716 ^{**}	6	15,3097 ^{ns}	6
70 DAS	29,3899 ^{**}	8	118,7598 ^{**}	7	18,1175 ^{ns}	7
77 DAS	36,7652 ^{**}	7	1221,9985 ^{**}	6	10,3532 ^{ns}	6
2° safra						
63 DAS	0,0449 ^{ns}	1	i	-	i	-
70 DAS	6,9662 ^{**}	1	i	-	i	-
77 DAS	15,9456 ^{**}	4	198,0454 ^{**}	3	3,3398 ^{ns}	3
84 DAS	2,3408 ^{ns}	1	i	-	i	-
91 DAS	11,4602 ^{ns}	4	103,0300 ^{**}	3	2,9571 ^{ns}	3
3° safra						
49 DAS	i	-	i	-	i	-
56 DAS	i	-	i	-	i	-
63 DAS	6,9662 ^{**}	1	i	-	i	-
70 DAS	i	-	i	-	i	-
77 DAS	3,9770 ^{ns}	1	i	-	i	-
84 DAS	i	-	i	-	i	-

ns= Não significativo; **= significativo ao nível de 1% de probabilidade; χ^2 = valor calculado do qui-quadrado; GL= graus de liberdade; i = insuficiência de classes; nc - número de classes observadas no campo.

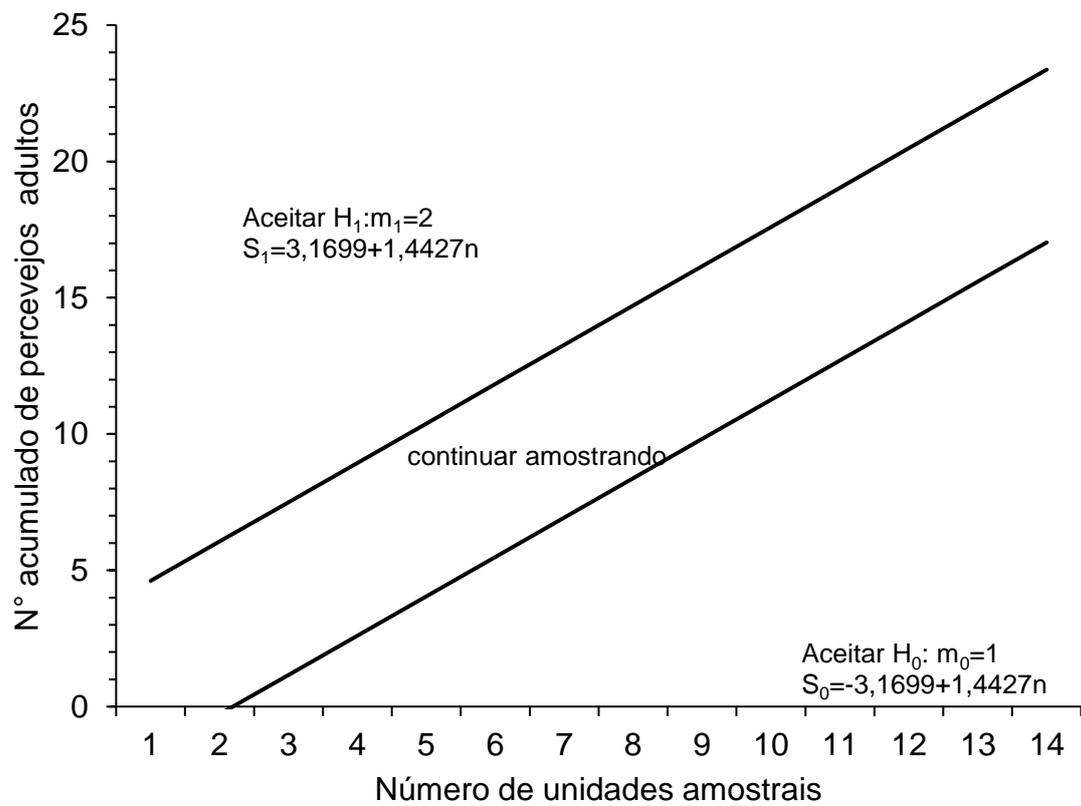


Figura 4.4. Linhas de decisão do plano de amostragem sequencial para o número percevejos adultos com base na distribuição de Poisson

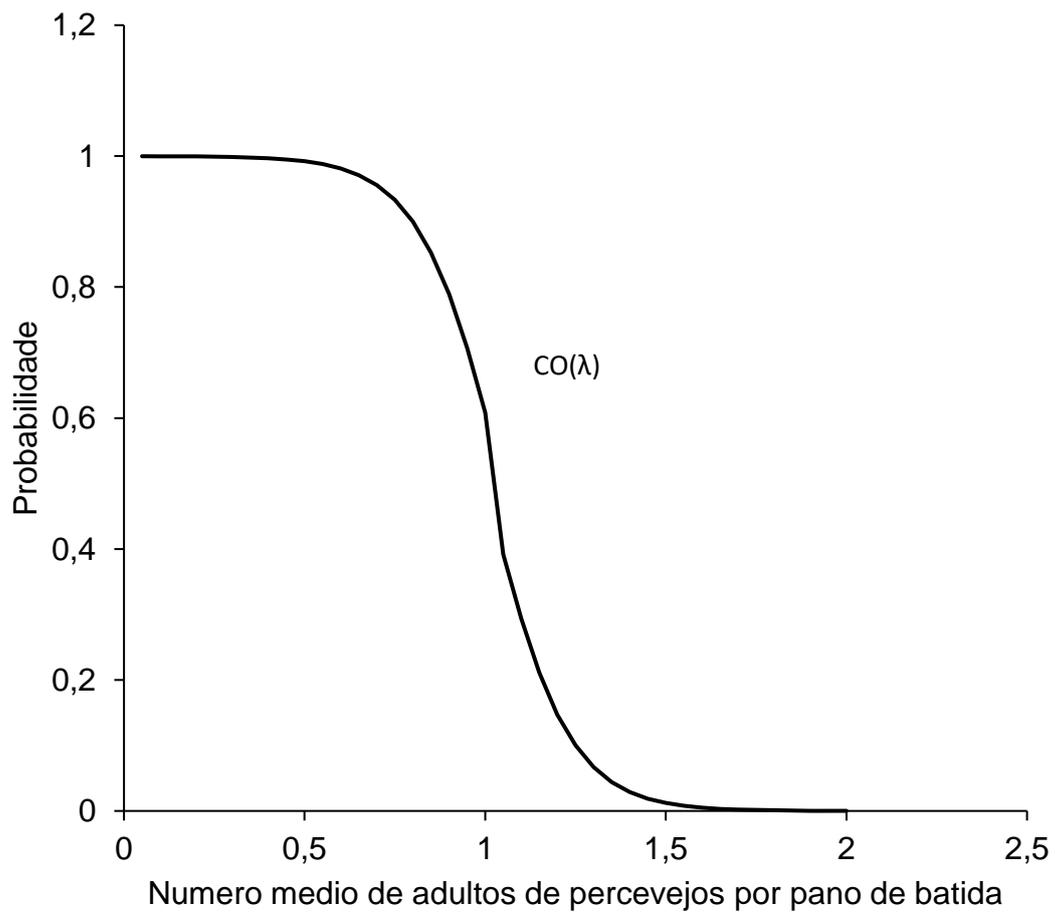


Figura 4.5. Curva característica de operação do teste sequencial da razão de probabilidade para o número de indivíduos de percevejos por pano de batida.

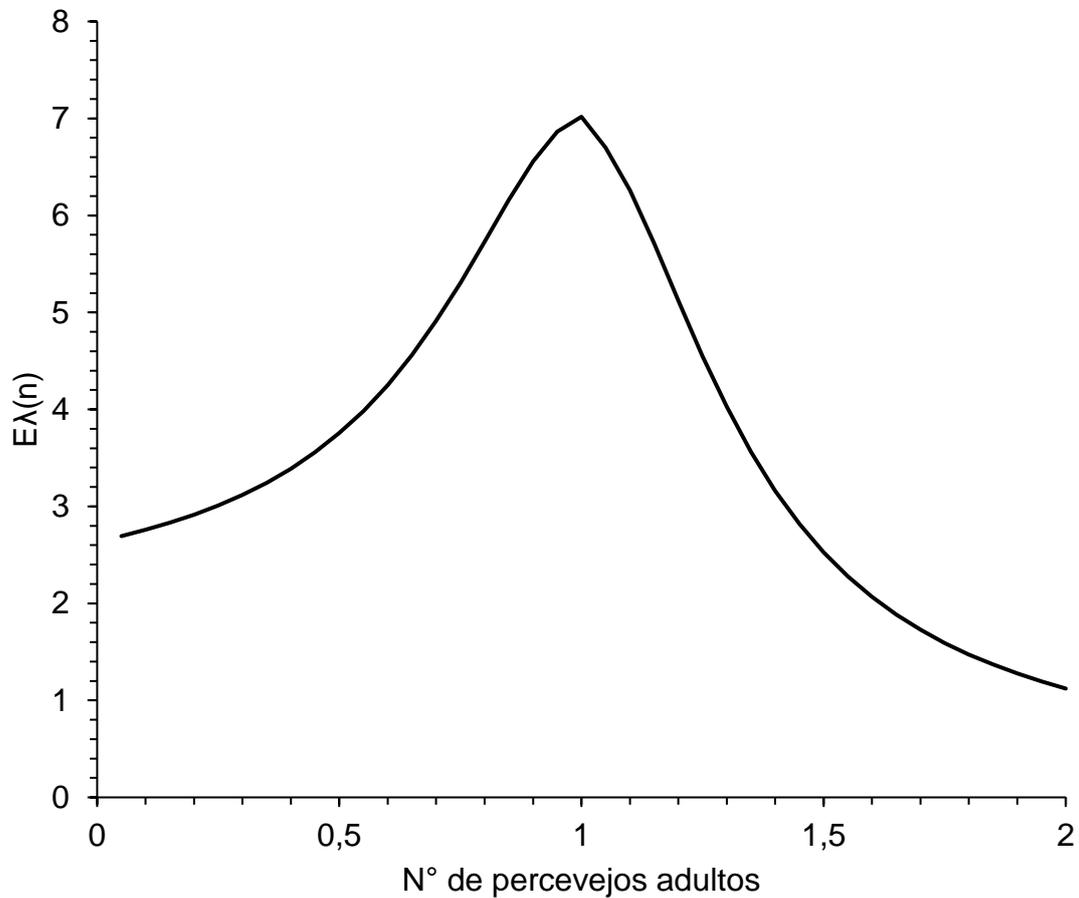


Figura 4.6. Curva do tamanho esperado de unidades amostrais $E\lambda(n)$ do teste sequencial da razão de probabilidade para adultos do complexo de percevejos.

4.4. Discussão

Várias espécies de percevejo foram encontradas durante as amostragens no feijoeiro: *Edessa mediatubunda*, *Nezara viridula*, *Euschistus heros* e *Dichelops* spp. (Hemiptera: Pentatomidae). Pelos aspectos biológicos e características alimentares que compartilha esse grupo de insetos, foram avaliados como complexo. Não houve diferença estatística na preferência de adultos do complexo de percevejos pelos 20 novos genótipos de feijão avaliados com base no teste F.

É provável que o maior número de percevejos tenha ocorrido nessa época (dentre as avaliadas) porque ao redor do experimento com feijão houveram áreas de pousio e áreas com milho no estádio final, sendo o feijão, praticamente a única fonte de alimento e, vem sendo observado que os percevejos no período de entressafra da soja têm altas densidades populacionais que podem ser explicadas pelos desequilíbrios que ocorrem, em função de práticas inadequadas de manejo (Panizzi et al., 2012).

Por outro lado, os picos populacionais nas três safras avaliadas, ocorreram de 70 a 84 dias após a semeadura. Esse pico populacional ocorreu na fase reprodutiva do feijão, durante o enchimento e maturação de vagens, confirmando os dados relatados na literatura (De Oliveira et al., 2018).

Considerando as 14 amostragens: oito distribuições foram uniformes, cinco foram agregadas e uma aleatória. Porém, as frequências das classes numéricas de percevejos em feijão para o teste de Poisson (aleatória) e binomial negativa (agregada) tiveram 5 ajustes para ambos modelos de distribuição e nenhum ajuste para o modelo de distribuição binomial positiva (uniforme), pelo teste de qui-quadrado. Sendo assim, e considerando os ajustes de forma prática, foram contemplados, unicamente, os índices de frequências calculadas para a população do complexo de percevejos, concluindo que a mesma se comporta de forma aleatória no feijão.

Este resultado difere de estudos acerca de distribuição espacial de percevejos, levando em conta uma única espécie, relatam distribuição agregada. De Souza et al., 2018 conclui que a distribuição espacial de ninfas e adultos de *E. heros* foi agregada para as cultivares em estudo, SYN 1365 RR (precoce), M 7908 RR (média) e BRS Valiosa RR (tardia), ou seja, as cultivares não alteram o comportamento de distribuição de *E. heros*.

Outro estudo, com outra espécie de percevejo, indica distribuição uniforme e agregada. Da Fonseca et al., 2017 concluiu que *E. meditabunda* se distribui de forma agregada em soja Bt e, em soja não Bt, sua distribuição é uniforme.

São escassos os trabalhos com o complexo de percevejos que atacam determinada cultura, e, muito mais escassos os trabalhos deste tipo para o feijoeiro.

O plano de amostragem sequencial construído neste estudo foi baseado na distribuição de probabilidade de Poisson, ou seja, os percevejos se distribuem de forma aleatória na cultura de feijão.

A recomendação da Embrapa é de 4 amostragens para 5ha, 5 amostragens para 10ha, 6 amostragens para 30ha, 8 amostragens para 50ha e 10 amostragens para 100ha (Quintela, 2001). Com base no presente trabalho, a tomada de decisão pode ser realizada a partir da segunda unidade de amostragem em diante.

A utilização do plano de amostragem levando em consideração o complexo de percevejos pode facilitar, economizar tempo e custos de produção em função de aplicações desnecessárias de inseticidas. No entanto, seria recomendando realizar futuros trabalhos, estudando cada espécie de percevejo por separado, confirmar a distribuição espacial e o plano de amostragem.

4.5. Conclusão

Com base nas análises estatísticas, os insetos do complexo de percevejos avaliados não preferem nenhum dos 20 novos genótipos de feijão estudados.

O pico populacional de percevejos ocorreu durante o enchimento de vagens do feijoeiro. Adultos de percevejos se mantiveram na área até a fase de maturação. O maior número de percevejos do complexo que ataca o feijoeiro foi observado na primeira safra avaliada, a de inverno.

Levando em consideração os índices de frequências, a população do complexo de percevejos se comporta de forma aleatória no feijão.

Com fundamento no plano de amostragem sequencial com base no Teste Sequencial da Razão de Probabilidade (TSRP) e taxas de erro α e $\beta = 0,1\%$, os limites superior e inferior para a tomada de decisão de controle de percevejos na cultura de feijão são: $S_1=3,1699+1,4427n$ e $S_0=-3,1699+1,4427n$ respectivamente.

4.6. Agradecimentos

A “Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior” (CAPES) pela bolsa de Doutorado.

4.7. Referências bibliográficas

Binns, M.R., Nyrop, J.P. (1992). Sampling insect populations for the purpose of IPM decision making. *Annual Review of Entomology*, 37:427-453.

Coêlho, J. D. (2017). Produção de grãos: grandes desafios do agricultor brasileiro. *Caderno Setorial ETENE*, 2(13), 2-12.

CONAB. Acompanhamento da safra brasileira. Análise mensal Julho/Agosto/Setembro (2020). Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuario-e-extrativista/analises-do-mercado/historico-mensal-de-feijao>. Acesso em 01/10/2020.

Cronquist, A. *Devolution and classification of flowering plants*. New York: New York Botanical Garden, 1988. 555 p.

da Fonseca, P. R. E. B., Fernandes, M. G., Justiniano, W., Cavada, L. H., Viana, C. A. L. T. P., da Silva, J. A. N. (2017). Spatial distribution of adults and nymphs of stink bug, *Edessa mediatubunda* (Fabricius, 1974) (Hemiptera: Pentatomidae) on soybean Bt and non-Bt. *African Journal of Agricultural Research*, 12(40), 3013-3023.

Da Silva, H. T., Costa, A. O. (2003). Caracterização botânica de espécies silvestres do gênero *Phaseolus* L. (*Leguminosae*). Embrapa Arroz e Feijão.

de Carvalho, J. J., Bastos, A. V. S., Saad, J. C. C., Naves, S. S., Soares, F. A. L., Vidal, V. M. (2014). Teor e acúmulo de nutrientes em grãos de feijão comum em semeadura direta, sob déficit hídrico. *Irriga*, 1(1),104-124.

de Oliveira, L. F. C., Oliveira, M. D. C., Wendland, A., Heinemann, A., Guimarães, C., Ferreira, E. D. B., da SILVA, S. C. (2018). Conhecendo a fenologia do feijoeiro

e seus aspectos fitotécnicos. Embrapa Arroz e Feijão-Livro técnico (INFOTECA-E).

De Souza, L. A., Barbosa, J. C., Aguirre-Gil, O. J., de Lima Viana, D., Dos Santos, L. S., Busoli, A. C. (2018). Spatial distribution of nymphs and adults of *Euschistus heros* (Fabricius, 1794) (Heteroptera: Pentatomidae) in transgenic soybean cultivars of different maturing cycles. *Semina: Ciências Agrárias*, 39(3), 905-920.

Elliot, J. M. (1977). Some methods for the statistical analysis of sample of benthic invertebrates. 2 ed. Ambleside, Westmorland, UK: Freshwater Biological Association. p. 160.

Fernandes, M.G., A.C. Busoli, J.C. Barbosa. (2003). Amostragem sequencial de *Alabama argillacea* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) em algodoeiro. *Neotropical Entomology*. 32: 117-22.

Panizzi, A. R., Bueno, A. D. F., Silva, F. D. (2012). Insetos que atacam vagens e grãos. Soja: manejo integrado de insetos e outros artrópodes-praga. Brasília: Embrapa, 335-420.

Pereira, M. F., Boiça Jr, A. L., Barbosa, J. C. (2004). Amostragem sequencial (presença-ausência) para *Bemisia tabaci* (Genn.) biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae) em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). *Neotropical Entomology*, 33(4), 499-504.

Quintela, E. D. (2001). Manejo integrado de pragas do feijoeiro. Embrapa Arroz e Feijão-Circular Técnica (INFOTECA-E).

Quintela, E. D. (2009). Manual de identificação de insetos e outros invertebrados pragas do feijoeiro. Embrapa Arroz e Feijão-Documentos (INFOTECA-E).

Rabinovich JE. (1980). Introducción a la ecología de poblaciones animales. México: Compañía editorial continental. p. 313.

Silva, M. O., Brigide, P., Canniatti-Brazaca, S. G. (2013) Caracterização da composição centesimal e mineral de diferentes cultivares de feijão comum crus e cozidos. *Alimentos e Nutrição Araraquara*, 24 (3), 339-346.

Silveira Neto, S., Nakano, O., Barbin, D., Villa Nova, N.A. (1976). Manual de ecologia dos insetos. São Paulo: Agronômica Ceres. p. 419.

- Singh, S. P., Gepts, P., Debouck, D. G. (1991). Races of common bean (*Phaseolus vulgaris*, Fabaceae). *Economic Botany*, 45(3), 379-396.
- Southwood, T. R. E. (1966). *Ecological methods*. 391 pp. Methuen & Co. Ltd., London.
- Southwood, T. R. E. (1978). *Ecological methods*. New York: John Wiley & Sons. p. 525.
- Wald, A. (1945). Sequential tests of statistical hypotheses. *Annual Math Statistics*. 16(2):117-186.
- Young, L.J., Young, J.H. (1998). *Statistical ecology: a population perspective*. Boston: Kluwer Academic Publishers. p. 565.

Conclusão Geral

Com base nos resultados obtidos nos trabalhos: Entomofauna associada ao feijoeiro, Amostragem sequencial de *Diabrotica speciosa* (Germar) (Coleoptera: Chrysomelidae) e Amostragem sequencial do complexo de percevejos, os três trabalhos em feijoeiro *Phaseolus vulgaris* L.; espécie mais abundante no sistema estudado foi *D. speciosa*. Quatro espécies de percevejos considerados importantes pragas foram amostrados: *Euschistus heros* (Fabricius, 1794), *Nezara viridula* (Linnaeus, 1758), *Edessa meditabunda* (Fabricius, 1794) e *Dichelops* spp. (Hemiptera: Pentatomidae) e somente foi encontrado um inimigo natural: *Cycloneda sanguinea* (Coleoptera: Coccinellidae). Com base na análise multivariada, todas as espécies amostradas pelo método do pano de batida, com potencial de praga, se encontram diretamente correlacionadas entre si e inversamente correlacionadas com o inimigo natural *C. sanguínea*.

Considerando os resultados de flutuação populacional, os primeiros adultos de *D. speciosa*, foram encontrados durante a prefloração (R5) do feijoeiro. O pico populacional ocorreu durante a formação de vagens (R7). Adultos de *D. speciosa* se mantiveram na área até a maturação (R9). O maior número desses insetos foi observado na segunda safra avaliada, a das águas. Os primeiros adultos de percevejos foram encontrados durante a formação de vagens da planta. O pico populacional ocorreu durante o enchimento de vagens do feijoeiro. Adultos de percevejos se mantiveram na área até a fase de maturação. O maior número de percevejos do complexo que ataca o feijoeiro foi observado na primeira safra avaliada, a de inverno.

Levando em consideração os índices de frequências e os de dispersão: a população de *D. speciosa* e do complexo de percevejos se comportam de forma aleatória no feijão. De acordo com o plano de amostragem sequencial, a recomendação de controle de *D. speciosa* no feijoeiro é sugerida segundo o limite de decisão superior $S_1=3,1699+14,427n$. Não sendo necessário o controle populacional de acordo com o limite inferior $S_0=-3,1699+14,427n$. Os limites superior e inferior para a tomada de decisão de controle de percevejos

na cultura de feijão são: $S_1=3,1699+1,4427n$ e $S_0=-3,1699+1,4427n$ respectivamente. As taxas de erro utilizadas foram α e $\beta = 0,1\%$ para ambos.

Considerações Finais

A tese acima apresentada é um trabalho inédito. É um trabalho base para futuros estudos de entomofauna associada ao feijoeiro *Phaseolus vulgaris* L. Pois, na literatura, são escassos os trabalhos que tratam acerca da entomofauna associada a *P. vulgaris* e ainda mais escassos os que tratam acerca da distribuição espacial e amostragem sequencial de insetos com potencial de praga.

Dada a metodologia utilizada, o pano de batida, e à diversidade de espécies de insetos que existem no feijoeiro; a entomofauna avaliada tem certas limitações: se refere a insetos adultos e às espécies mais abundantes. Futuros trabalhos deveriam avaliar a entomofauna de solo associada a *P. vulgaris*, por exemplo com armadilhas do tipo pitfall. A entomofauna da parte aérea tendo em conta as fases imaturas dos insetos encontrados neste trabalho e a totalidade de espécies que ocorrem no feijoeiro, com as respectivas análises de amostragem sequencial.

Todas essas informações permitem auxiliar ao produtor na tomada de decisão no controle de insetos praga em culturas de importância econômica. No presente estudo foram geradas informações de aplicação direta para o produtor. Foram elaborados planos de amostragem sequencial para *Diabrotica speciosa* (Germar, 1824) e para os percevejos que ocorrem com mais abundância no feijoeiro, tratados como complexo. Essas informações facilitam o manejo de insetos pragas em *P. vulgaris*, visando a diminuição de custos de produção desse grão.

Anexo 1: Fichas de campo

A1.1. Ficha de campo para amostragem sequencial da vaquinha

Diabrotica speciosa (Germar, 1824) em feijoeiro

Número de unidades amostrais	Limite inferior (não controlar)	Total amostrado	Limite superior (controlar)
1	11		18
2	26		32
3	40		46
4	55		61
5	69		75
6	83		90
7	98		104
8	112		119
9	127		133
10	141		147
11	156		162
12	170		176
13	184		191
14	199		205
15	213		220
16	228		234
17	242		248
18	257		263
19	271		277
20	285		292
21	300		306

A1.2. Ficha de campo para amostragem sequencial do complexo de percevejos em feijoeiro

Número de unidades amostrais	Limite inferior (não controlar)	Total amostrado	Limite superior (controlar)
1	-		12
2	-		14
3	-		15
4	-		16
5	-		18
6	-		19
7	-		21
8	1		22
9	2		23
10	3		25
11	5		26
12	6		28
13	8		29
14	9		30
15	10		32
16	12		33
17	13		35
18	15		36
19	16		37
20	17		39
21	19		40

* Complexo de percevejos se refere à soma de *Euschistus heros* (Fabricius, 1794), *Edessa meditabunda* (Fabricius, 1794), *Nezara viridula* (Linnaeus, 1758), *Dichelops* spp. (Hemiptera: Pentatomidae).

Anexo 2: Ilustrações dos insetos amostrados



Figura A2.1. Coleópteros desfolhadores. A) *Diabrotica speciosa* (Germar, 1824) e B) *Cerotoma arcuata* (Olivier, 1791) (Coleoptera: Chrysomelidae).



Figura A2.2. *Lagria villosa* (Coleoptera: Lagriidae).



Figura A2.3 A) *Euschistus heros* (Fabricius, 1794), B) *Edessa meditabunda* (Fabricius, 1794), C) *Nezara viridula* (Linnaeus, 1758), D) *Dichelops* spp. (Hemiptera: Pentatomidae)



Piñeyro, 2019

Figura A2.4. *Sternechus subsignatus* Boheman, 1836 (Curculionidae: Sternechini)

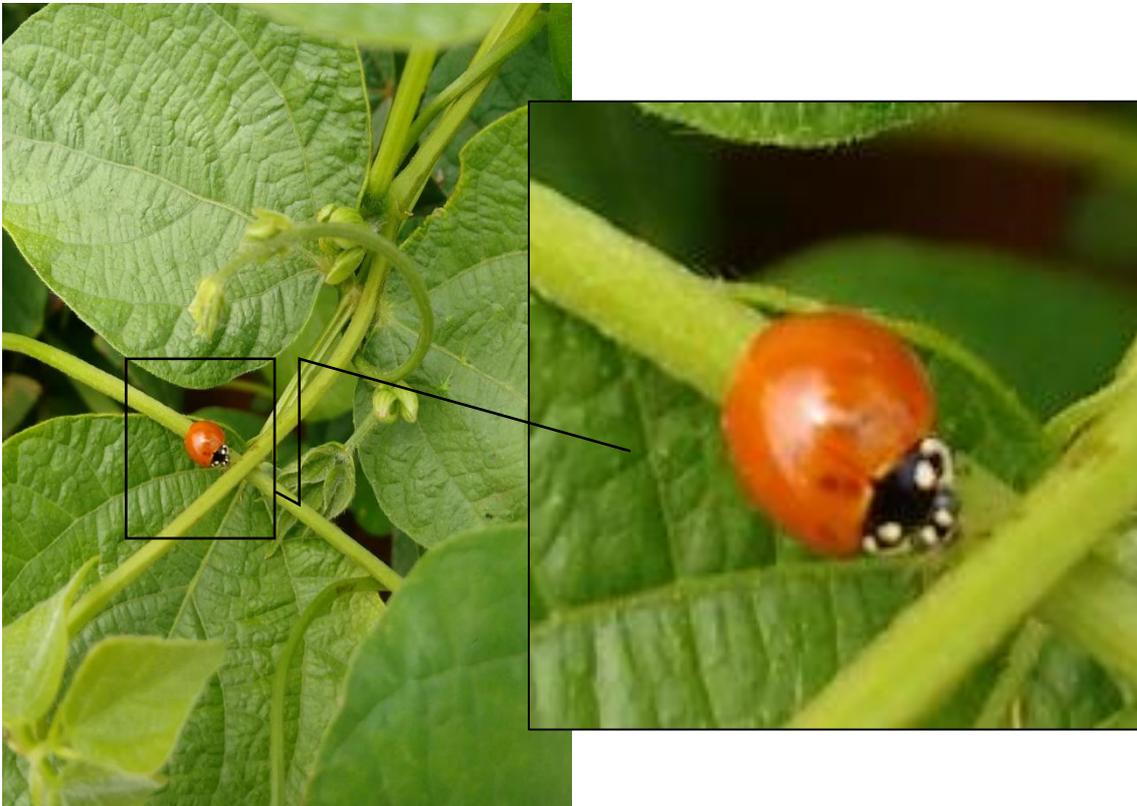


Figura A2.5. *Cycloneda sanguinea* (Coleoptera: Coccinellidae)

Anexo 3: Planilha de campo para anotação dos insetos amostrados

Amostragem de insetos no feijoeiro

Data:

Vaquinha verde 						Tamanduá 						Percevejo verde 					
Bloco	n	Bloco	n	Bloco	n	Bloco	n	Bloco	n	Bloco	n	Bloco	n	Bloco	n	Bloco	n
1		2		3		1		2		3		1		2		3	
10		8		17		10		8		17		10		8		17	
17		10		19		17		10		19		17		10		19	
12		6		13		12		6		13		12		6		13	
4		20		1		4		20		1		4		20		1	
15		17		12		15		17		12		15		17		12	
6		4		7		6		4		7		6		4		7	
18		15		20		18		15		20		18		15		20	
7		12		2		7		12		2		7		12		2	
3		14		3		3		14		3		3		14		3	
8		18		14		8		18		14		8		18		14	
9		5		8		9		5		8		9		5		8	
14		19		10		14		19		10		14		19		10	
19		2		11		19		2		11		19		2		11	
20		11		16		20		11		16		20		11		16	
1		1		9		1		1		9		1		1		9	
11		16		15		11		16		15		11		16		15	
2		9		4		2		9		4		2		9		4	
16		7		6		16		7		6		16		7		6	
13		13		5		13		13		5		13		13		5	
5		3		18		5		3		18		5		3		18	
Observações:																	

Amostragem de insetos no feijoeiro

Data:

<i>Vaquinha amarela</i> 						<i>Percevejo barriga verde</i> 						<i>Joaninha</i> 					
Bloco	n	Bloco	n	Bloco	n	Bloco	n	Bloco	n	Bloco	n	Bloco	n	Bloco	n	Bloco	n
1		2		3		1		2		3		1		2		3	
10		8		17		10		8		17		10		8		17	
17		10		19		17		10		19		17		10		19	
12		6		13		12		6		13		12		6		13	
4		20		1		4		20		1		4		20		1	
15		17		12		15		17		12		15		17		12	
6		4		7		6		4		7		6		4		7	
18		15		20		18		15		20		18		15		20	
7		12		2		7		12		2		7		12		2	
3		14		3		3		14		3		3		14		3	
8		18		14		8		18		14		8		18		14	
9		5		8		9		5		8		9		5		8	
14		19		10		14		19		10		14		19		10	
19				11		19		2		11		19		2		11	
20		11		16		20		11		16		20		11		16	
1		1		9		1		1		9		1		1		9	
11		16		15		11		16		15		11		16		15	
2		9		4		2		9		4		2		9		4	
16		7		6		16		7		6		16		7		6	
13		13		5		13		13		5		13		13		5	
5		3		18		5		3		18		5		3		18	
Observações:																	

Anexo 4: Croqui de casualização dos genótipos de feijão de acordo com sorteio previamente realizado

CROQUI EXPERIMENTAL- FEIJÃO (DOURADOS)

Plantio: 27/10/2018
Colheita: 02/02/2019
Orientador responsável: Liliam S. Candido
Delineamento: Delineamento em blocos casualizados
Parcela: 4 linhas de 4 m
Espaçamento: 0,45 entre linhas dentro da parcela e 2 m entre parcelas.
Repetições: 3 blocos
Adubação: 280 kg/ha
Tratamento: 20 linhagens de feijão

