

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA
DOUTORADO EM AGRONOMIA/FITOTECNIA**

JEFTÉ FERREIRA DA SILVA

RESISTÊNCIA GENÉTICA E INDUZIDA DE *Vigna unguiculata* (L.) Walp. À *Aphis craccivora* Koch E SUA AMOSTRAGEM

**FORTALEZA
2011**

JEFTÉ FERREIRA DA SILVA

RESISTÊNCIA GENÉTICA E INDUZIDA DE *Vigna unguiculata* (L.) Walp. À *Aphis craccivora* Koch E SUA AMOSTRAGEM

Tese submetida à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do grau de Doutor em Agronomia/Fitotecnia.

Área de concentração: Fitotecnia

Orientador: Prof. Dr. Ervino Bleicher

FORTALEZA
2011

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca de Ciências e Tecnologia

-
- S58r Silva, Jefté Ferreira da.
Resistência genética de *Vigna unguilata* (L.) Walp. À *Aphis craccivora* e amostragem. / Jefté Ferreira da Silva. – 2011.
122 f. : il. color., enc. ; 30 cm.
- Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Fitotecnia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, Fortaleza, 2011.
Área de Concentração: Fitotecnia.
Orientação: Prof. PhD. Ervino Bleicher.
Coorientação: Dr. Gleidson Vieira Marques.
1. Feijão de corda. 2. Pulgão preto. 3. Resistência genética. I. Título.

JEFTÉ FERREIRA DA SILVA

RESISTÊNCIA GENÉTICA E INDUZIDA DE *Vigna unguiculata* (L.) Walp. À *Aphis craccivora* Koch E SUA AMOSTRAGEM

Tese submetida à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do grau de Doutor em Agronomia/Fitotecnia.

Aprovada em 14/10/2011

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Ervino Bleicher (Orientador)
Universidade Federal do Ceará - UFC

Prof. Dr. Gleidson Vieira Marques (Co-orientador)
Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA

Prof^a. Dr^a. Cândida Hermínia Campos de Magalhães Bertini
Universidade Federal do Ceará - UFC

Prof. PhD. Antônio Euzébio Goulart Sant'Ana
Universidade Federal de Alagoas - UFAL

PhD. José Emilson Cardoso
Embrapa Agroindústria Tropical

A Deus
À minha família
Ao meu orientador Ervino Bleicher

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter-me dado saúde, disposição, capacidade, proteção e a oportunidade de concluir mais um passo para o meu desenvolvimento profissional.

Aos meus pais Raimundo Maia da Silva e Margarida Maria Ferreira da Silva pela educação dado nos caminhos de Deus, pelo apoio e incentivo no decorrer do curso. Também as minhas irmãs pelo apoio e a todos os meus parentes que, de alguma forma, me deram o apoio para essa conquista.

Aos meus irmãos e irmãs em Cristo pelas orações ao meu favor e pelo companheirismo.

Ao professor doutor Ervino Bleicher pela orientação e a poio neste trabalho bem como pela amizade e repasse de conhecimentos e experiências.

Ao professor doutor Antônio Euzébio Goulart Sant'Ana responsável pelo projeto com a *cis*-jasmona pelo apoio a esta pesquisa bem como o Rothamsted Research na pessoa do pesquisador doutor Michael Birkett pelo fornecimento da *cis*-jasmona para a realização dos experimentos.

A professora Cândida Hermínia Campos de Magalhães Bertini (Universidade Federal do Ceará) e pesquisadores Francisco R. Freire Filho (Embrapa Meio Norte) e Elizita Maria Teófilo (Universidade Federal do Ceará) por disponibilizarem as sementes dos genótipos utilizados nos experimentos.

A CAPES pela bolsa de estudos concedida além do financiamento para a execução dos experimentos.

Aos colegas João Gutemberg Leite Moraes, Ciro de Miranda Pinto e Brisa do Svadeshi Cabral pela ajuda na instalação e condução do experimento na fazenda Experimental Lavoura Seca em Quixadá.

Aos colegas Jonas Cunha Neto, Francisco Herbeth Costa, Fábio Costa, Ciro de Miranda Pinto, Vlayrton Tomé Maciel, Júnior Régis Batista Cysne pela amizade, convivência e compreensão.

A colega Valéria Silva pela ajuda na condução dos experimentos de distribuição espacial.

Aos funcionários da UFC Deocleciano Ivo Xavier, secretário da pós-graduação, pelo apoio e ajuda na resolução nos problemas burocráticos, o motorista José Valdir Barros de Sousa pela amizade e eficiência na nossa condução para a fazenda Lavoura Seca em Quixadá e ao gerente dessa fazenda, Francisco Pereira Lima, pela ajuda na manutenção dos experimentos e contratação de operários de campo para limpeza da área experimental.

A Universidade Federal do Ceará e todos os professores que participaram do meu processo educativo.

“O temor do Senhor é o princípio do saber”
(Salomão)

RESUMO

Objetivaram-se neste trabalho: avaliar a resistência de genótipos de feijão de corda [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] ao pulgão preto [*Aphis craccivora* Koch 1854] e estudar a variabilidade genética desses genótipos para esta característica; avaliar a ação indutora da *cis*-jasmona para a resistência a esta praga; estudar a dispersão espacial do pulgão na cultura de feijão de corda; e estabelecer o número de amostras necessárias para a estimativa da população da praga para o uso em programas de Manejo Integrado de Pragas. Para a avaliação da resistência foi conduzido um experimento de preferência em casa de vegetação na Universidade Federal do Ceará (UFC), em Fortaleza, Ceará. O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados com 51 tratamentos, representados pelos genótipos, e quatro repetições. Foram estimadas as distâncias generalizadas de Mahalanobis e o agrupamento dos genótipos foi realizado utilizando o método de otimização de Tocher. Para a avaliação da *cis*-jasmona foram conduzidos três experimentos, sendo o primeiro em Quixadá, Ceará, no delineamento de blocos casualizados com cinco repetições e cinco tratamentos sendo: uma testemunha; aplicação dos inseticidas endossulfan e deltamethrin; e a aplicação da *cis*-jasmona em dose única de 60 g.i.a. ha⁻¹, em três aplicações de 20 g.i.a. ha⁻¹ e seis de 10 g.i.a. ha⁻¹ sobre a cultivar Vita 7. No segundo, no mesmo local, as sementes das cultivares TVu 408 P₂, BRS Gurguéia e Vita 7 foram embebidas em uma solução de *cis*-jasmona na concentração de 60 g.i.a. ha⁻¹ ou em água por 24 horas. O delineamento utilizado foi em blocos casualizados no arranjo fatorial 3x2. No terceiro experimento, conduzido na UFC, utilizou-se o delineamento de blocos casualizados com quatro repetições e quatro tratamentos que consistiam de uma testemunha; e aplicações de *cis*-jasmona nas doses de 50 g.i.a. ha⁻¹, 100 g.i.a. ha⁻¹ e 200 g.i.a. ha⁻¹. A cultivar utilizada foi a Vita 7. Para as avaliações foi contado o número de colônias de pulgão presentes em toda planta. Para estudo da dispersão do pulgão foram cultivados dois campos experimentais na UFC. O primeiro campo tinha uma área de 216 m² e o segundo 576 m². Os campos foram divididos em 15 e 25 parcelas, respectivamente. A cultivar utilizada foi a Vita 7 no espaçamento de 0,25 m x 0,8 m. Foram realizadas seis coletas de dados em cada campo onde foram avaliadas dez plantas por parcelas. Foi contado o número de colônias de pulgão presentes em toda a planta. Os resultados demonstram que os genótipos BRS Guariba, TVu 410, BRS Paraguaçu, TVu 36, Sempre Verde, TVu 408 P₂, Setentão e Epace 10 apresentam maior resistência ao pulgão. As maiores divergências encontradas foram entre o BRS Guariba e Sete Semanas e entre TVu 410 e Sete Semanas, enquanto o BRS Guariba e TVu 410 foram os mais similares. Foi observada a divisão dos genótipos em oito grupos e o caractere que mais contribui para a divergência é o número de ninfas. O cruzamento entre o genótipo Setentão e os genótipos BRS Guariba, TVu 410, BRS Paraguaçu, TVu 36, TVu 408 P₂ e entre o Epace 10 e o Sempre Verde, BRS Guariba e TVu 410 podem resultar em novas combinações genéticas visando o melhoramento da resistência ao pulgão. Em todos os experimentos a *cis*-jasmona não reduziu a infestação de *A. craccivora* concluindo-se que essa substância, em condições de campo, não induz a resistência. Quanto a dispersão os índices de agregação utilizados indicam que do tipo agregada o que foi confirmado pelo ajuste dos dados a distribuição de frequência Binomial Negativa. Quarenta e cinco é o número de amostras adequado para a estimativa da população de *A. craccivora* em campos de *V. unguiculata* para aplicação em programas de Manejo Integrado de Pragas.

Palavras-chave: Feijão de corda. Pulgão preto. *Cis*-jasmona. Preferência. Distribuição espacial.

ABSTRACT

The objective of this work were: to evaluate resistance of cowpea genotypes [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] to the black aphid [*Aphis craccivora* Koch, 1854] and to study the genetic variability of these genotypes for this feature; to evaluate the possible inducible action of *cis*-jasmone to resistance to this pest; to study the spatial dispersion of the aphid in cowpea culture, and to establish the number of samples required to estimate the population of the pest to use in integrated pest management programs. To evaluate the resistance preference, an experiment was conducted in a greenhouse at the Universidade Federal do Ceará (UFC) in Fortaleza, Ceará. The experimental design was randomized blocks with 51 treatments, represented by genotypes and four replications. We estimated the generalized Mahalanobis distances and grouping of genotypes was performed using the Tocher optimization method. For the evaluation of *cis*-jasmone three experiments were conducted, the first in Quixadá, Ceará, in the design of randomized blocks with five replications and five treatments as follow: untreated control; application of the insecticide endosulfan and deltamethrin, and the application of *cis*-jasmone a single dose of 60 g.ha⁻¹, three applications of 20 g ha⁻¹ and six of 10 g ha⁻¹ on the cultivar Vita 7. In the second, in the same place, the seeds of the TVu 408 P₂, BRS Gurguéia and Vita 7 were soaked in a solution of *cis*-jasmone with 60 g ha⁻¹ or in water for 24 hours. The design was factorial 3x2 in blocks. In the third experiment, conducted in the UFC, we used a randomized block design with four replications and four treatments consisting of an untreated control, and applications of *cis*-jasmone at doses of 50 g ha⁻¹, 100 g ha⁻¹ and 200 g ha⁻¹. The cultivar was Vita 7. For the evaluations, the number of colonies of aphids present in every plant was counted. To evaluate the spatial distribution of aphid were grown in two field trials in the UFC. The first field had an area of 216 m² and second 576 m². The fields were divided into 15 and 25 plots, respectively. The cultivar used was Vita 7 spaced in 0.25 m x 0.8 m. On those fields were performed six collections of data in each field where they were evaluated ten plants per plot. It was count the number of colonies of aphids present throughout the plant. The results show that the genotypes BRS Guariba, TVu 410, BRS Paraguaçu TVu 36, Sempre Verde, TVu 408 P₂, Setentão e Epace 10 have greater resistance to the aphid than the others. The largest differences were found between BRS Guariba and Sete Semanas and between Tvu 410 and Sete Semanas, while the BRS Guariba and TVu 410 were the most similar. We observed the division of the genotypes in eight groups and the character that contributes to the most divergence was the number of nymphs. The crosses among the genotype Setentão and the genotypes BRS Guariba ,TVu 410, BRS Paraguaçu, TVu 36, TVu 408 P₂ and between Epace 10 and Sempre Verde, BRS Guariba and TVu 410 may result in new genetic combinations intended to improve resistance to aphid. In all experiments, *cis*-jasmone did not reduce the infestation of *A. craccivora* and so concluding that this product, under field conditions, does not induce resistance. The dispersion indices indicate that aggregate was the case in this study, which was confirmed by data fitting the frequency distribution of the Negative Binomial. Forty five is the appropriate number of samples to estimate the population of *A. craccivora* in the fields of *V. unguiculata* to be used in Integrated Pest Management programs.

Keywords: Cowpea. Black aphid. *Cis*-jasmone. Preference. Spatial distribution.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Ramos de <i>Vigna unguiculata</i> infestados por <i>Aphis craccivora</i> (Foto: J.F. Silva) ..	48
Figura 2 – Flor de <i>Vigna unguiculata</i> infestada por <i>Aphis craccivora</i> (Foto: J.F. Silva)	48
Figura 3 – Vagem de <i>Vigna unguiculata</i> infestada por <i>Aphis craccivora</i> (Foto: J.F. Silva) ...	49
Figura 4 – Planta de <i>Vigna unguiculata</i> apresentando sintomas causados pelo vírus do mosaico do feijão caupi [CABMV] (Foto: J.F. Silva).....	49
Figura 5 - Detalhe da identificação do vaso com o número de campo (Foto: J.F. Silva).....	56
Figura 6 - Plantas de feijão de corda no período em que foram infestadas (Foto: J.F. Silva).....	57
Figura 7 - Gaiola utilizada no experimento para o arranjo dos blocos e proteção contra inimigos naturais (Foto: J.F. Silva).	58
Figura 8 – Mesocosmo agrícola utilizado como parcela no experimento, Quixadá-CE, 2009 (Foto: J.F. Silva).	82
Figura 9 – Visão geral do experimento. Observam-se os mesocosmos formados devido o tamanho e adensamento das parcelas, Quixadá-CE, 2009 (Foto: C. H. C. M. Bertini)	83
Figura 10 – Mesocosmo agrícola com a cultivar Vita 7, Quixadá-CE, 2009 (Foto: J.F. Silva).....	85
Figura 11 – Mesocosmo agrícola com a cultivar TVu 408 P ₂ , Quixadá-CE, 2009 (Foto: J.F. Silva).....	86
Figura 12 – Mesocosmo agrícola com a cultivar BRS-Gurguéia, Quixadá-CE, 2009 (Foto: J.F. Silva).....	86
Figura 13 – Visão geral da área do experimento de aplicação de diferentes doses de <i>cis</i> -jasmona, Fortaleza 2009 (Foto: J.F. Silva).	88
Figura 14 – Visão geral do campo I com plantio de <i>V. unguiculata</i> para realização do experimento de estudo da distribuição espacial de <i>A. craccivora</i> . Fortaleza, 2011 (Foto: E. Bleicher).....	105
Figura 15 – Visão geral do campo II com plantio de <i>V. unguiculata</i> para realização do experimento de estudo da distribuição espacial de <i>A. craccivora</i> . Fortaleza, 2011 (Foto: E. Bleicher).....	106

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Lista dos genótipos avaliados no experimento de resistência e divergência genética. Fortaleza, 2011.	56
Tabela 2 – Análise de variância referente ao Número de Adultos, Número de Ninfas e Relação Ninfas/NIA de <i>Aphis craccivora</i> Koch, 1854, em cinquenta e um genótipos de <i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp em experimento de preferência com chance de escolha. Fortaleza, 2011.	60
Tabela 3 – Médias e média geral referentes ao Número de Adultos, Número de Ninfas e Relação Ninfas/NIA de <i>Aphis craccivora</i> Koch, 1854, em cinquenta e um genótipos de <i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp em experimento de preferência com chance de escolha. Fortaleza, 2011.	61
Tabela 4 – Classificação de cinquenta e um genótipos de <i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp. quanto a preferência de <i>Aphis craccivora</i> Koch, 1854, em relação as variáveis Número de Adultos, Número de Ninfas e Relação Ninfas/NIA. Fortaleza, 2011.	63
Tabela 5 – Maiores e menores distâncias de Mahalanobis (D^2) entre cinquenta e um genótipos de <i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp. quanto a preferência de <i>Aphis craccivora</i> Koch, 1854. Fortaleza, 2011.	65
Tabela 6 – Agrupamento dos cinquenta e um genótipos de <i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp. avaliados pelo método de otimização de Tocher, baseado na dissimilaridade expressa pela distância de Mahalanobis. Fortaleza, 2011.	66
Tabela 7 – Distâncias médias dentro e entre oito grupos formados por cinquenta e um genótipos de <i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp. Fortaleza, 2011.	67
Tabela 8 – Contribuição relativa das variáveis para a divergência em cinquenta e um genótipos de <i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp. Fortaleza, 2011.	67
Tabela 9 – Características químicas do solo da área experimental. Quixadá-CE, 2009.	81
Tabela 10 - Análise de variância referente ao número de colônias de <i>Aphis craccivora</i> Koch, 1854 em <i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp após sofrerem a aplicação fracionadas de <i>cis</i> -jasmona. Fortaleza, 2011.	89
Tabela 11 - Médias e média geral referente ao número de colônias de <i>Aphis craccivora</i> Koch, 1854 em <i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp após sofrerem a aplicação fracionadas de <i>cis</i> -jasmona. Fortaleza, 2011.	89
Tabela 12 - Análise de variância referente ao número de colônias de <i>Aphis craccivora</i> Koch, 1854 em <i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp após 24 horas imersas em solução de <i>cis</i> -jasmona ou água. Fortaleza, 2011.	90
Tabela 13 - Médias e média geral referente o número de colônias de <i>Aphis craccivora</i> Koch, 1854 em diferentes genótipos de <i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp. Fortaleza, 2011.	91
Tabela 14 - Análise de variância referente ao número de colônias de <i>Aphis craccivora</i> Koch, 1854 em <i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp em experimento utilizando diferentes doses de <i>cis</i> -jasmona. Fortaleza, 2011.	92
Tabela 15 - Média, variância, razão variância/média (I), índice de Morisita (I_δ), expoente k da binomial negativa (k) e coeficiente de Green (C_x) para distribuição espacial de <i>Aphis craccivora</i> Koch, 1854, em <i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp. Fortaleza, 2011.	115

Tabela 16 – Teste de qui-quadrado de aderência das frequências observadas e esperadas pelas distribuições de Poisson e Binomial Negativa para o <i>Aphis craccivora</i> Koch, 1854, em <i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp. Fortaleza, 2011.	116
Tabela 17 – Estimativa do número de unidades amostrais para avaliar a população de <i>Aphis craccivora</i> Koch, 1854, em plantio de <i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp, obtida pela equação proposta por Kogan & Herzog (1980) com um índice de precisão de 25%. Fortaleza, 2011.	118
Tabela 18 – Estimativa do número de unidades amostrais para avaliar a população de <i>Aphis craccivora</i> Koch, 1854, em plantio de <i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp, obtidas através de uma variância relativa (VR) menor ou igual a 25%. Fortaleza, 2011.	118

SUMÁRIO

CAPÍTULO I.....	15
1 INTRODUÇÃO.....	15
2 REVISÃO DE LITERATURA	18
2.1 O feijão de corda.....	18
2.1.1 Taxonomia, genética e morfologia	18
2.1.2 Potencial nutritivo para o homem.....	19
2.1.3 Pragas.....	20
2.2 Resistência de plantas aos insetos	21
2.2.1 Tipos de resistência.....	22
2.2.1.1 Não preferência.....	22
2.2.1.2 Antibiose.....	23
2.2.1.3 Tolerância	24
2.3 Resistência do feijão de corda a suas pragas.....	24
2.4 Metabólitos secundários.....	26
2.4.1 Terpenos.....	27
2.4.2 Compostos fenólicos.....	27
2.4.3 Compostos nitrogenados.....	28
2.4.4 Proteínas antidigestiva	29
2.5 Indução de resistência	29
2.6 Manejo Integrado de Pragas	33
2.7 Dispersão espacial e amostragem de artrópodes	35
3 REFERÊNCIAS.....	38
CAPÍTULO II - DIVERGÊNCIA GENÉTICA DE GENÓTIPOS DE <i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp QUANTO A RESISTÊNCIA AO <i>Aphis craccivora</i> Koch, 1854	45
RESUMO.....	45
ABSTRACT	46
1 INTRODUÇÃO.....	47
1.1 O pulgão <i>Aphis craccivora</i> Koch, 1854	47
1.2 Resistência genética de plantas aos insetos	50
1.3 Resistência do feijão de corda ao pulgão preto do feijoeiro	51
1.4 Diversidade genética.....	53
2 MATERIAL E MÉTODOS	55
2.1 Local e período.....	55
2.2 Montagem e condução.....	55
2.3 Análises estatísticas	58
2.3.1 Análise univariada	58
2.3.2 Análise multivariada.....	59
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	60
3.1 Análise univariada.....	60
3.2 Análise multivariada	64
4 CONCLUSÃO	68
5 REFERÊNCIAS.....	69

CAPÍTULO III - INDUÇÃO DA RESISTÊNCIA EM <i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp AO <i>Aphis craccivora</i> Koch, 1854, MEDIANTE A APLICAÇÃO DA CIS-JASMONA EM DIFERENTES VIAS.....	72
RESUMO.....	72
ABSTRACT	73
1 INTRODUÇÃO.....	74
1.1 Afídeos e seu comportamento na busca por um hospedeiro.....	74
1.2 Indução de resistência de plantas a pragas	75
1.3 Indução natural e produtos que atuam como indutores.....	77
1.4 A indutora de resistência <i>cis</i>-jasmona	79
2 MATERIAL E MÉTODOS	81
2.1 Experimentos realizados em Quixadá, Ceará.....	81
2.1.1 Experimento 1 – Aplicação única e fracionada de <i>cis</i> -jasmona na variedade de feijão de corda Vita 7 [<i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp].	81
2.1.2 Experimento 2 – Efeito da imersão de sementes de três variedades de feijão de corda [<i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp] com <i>cis</i> -jasmona sobre a infestação do pulgão preto do feijoeiro (<i>Aphis craccivora</i> Koch, 1854).....	84
2.2 Experimento em Fortaleza, Ceará	87
2.2.1 Experimento 3 – Efeito de diferentes doses de <i>cis</i> -jasmona sobre a infestação do Pulgão preto do feijoeiro (<i>Aphis craccivora</i> Koch, 1854) em feijão de corda [<i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp].....	87
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	89
3.1 Experimento 1 – Aplicação única e fracionada de <i>cis</i>-jasmona na variedade de feijão de corda Vita 7 [<i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp]	89
3.2 Experimento 2 – Efeito da imersão de sementes de três variedades de feijão de corda [<i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp] com <i>cis</i>-jasmona sobre a infestação do pulgão preto do feijoeiro (<i>Aphis craccivora</i> Koch, 1854)	90
3.3 Experimento 3 – Experimento 3 – Efeito de diferentes doses de <i>cis</i>-jasmona sobre a infestação do Pulgão preto do feijoeiro (<i>Aphis craccivora</i> Koch, 1854) em feijão de corda [<i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp].....	91
4 CONCLUSÃO.....	95
5 REFERÊNCIAS.....	96

CAPÍTULO IV - DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE <i>Aphis craccivora</i> Koch, 1854 EM <i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp E CÁLCULO DO NÚMERO DE AMOSTRAS.	100
RESUMO.....	100
ABSTRACT	101
1 INTRODUÇÃO.....	102
1.1 O pulgão preto do feijoeiro (<i>Aphis craccivora</i> Koch, 1854)	102
1.2 Manejo integrado de pragas e distribuição espacial dos insetos	102
1.3 Número de amostra	104
2 MATERIAL E MÉTODOS	105
2.1 Local e instalação.....	105
2.2 Tomada de dados	106
2.3 Índices de dispersão.....	107
2.3.1 Razão variância/média (I):.....	107
2.3.2 Índice de Morisita (I_d).....	108
2.3.3 Coeficiente de Green (C_x).....	109
2.3.4 Expoente k da distribuição binomial negativa	110
2.4 Distribuições teóricas de frequências.....	111

2.4.1	Distribuição de Poisson	111
2.4.2	Distribuição de probabilidade binomial negativa	111
2.4.3	Teste de ajuste das distribuições teóricas de frequência aos dados observados	112
2.5	Número de amostras.....	113
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	115
3.1	Índices de dispersão.....	115
3.2	Distribuições teóricas de frequências.....	116
3.3	Número de amostras.....	117
4	CONCLUSÃO.....	120
5	REFERÊNCIAS.....	121

CAPÍTULO I

1 INTRODUÇÃO

As mudanças tecnológicas e a globalização do agronegócio têm atingido as cadeias produtivas de várias culturas no Brasil, principalmente aquelas que possuem alto custo de produção devido o uso cada vez maior de insumos, na sua maioria fertilizantes e defensivos agrícolas. Isso tem feito com que os produtores busquem novas opções para seus arranjos produtivos tendo tanto o feijão de corda [*Vigna unguiculata* (L) Walp.] como o feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) uma dessas opções (FREIRE FILHO *et al.*, 2009). Essas duas espécies passaram por intensas modificações, dentre elas, o aumento da produtividade e a concentração da produção em regiões mais favorecidas, como, por exemplo, a região Centro-oeste (WANDER, 2007).

Por possuir características desejáveis, como resistência à seca, maturidade relativamente precoce e fixação simbiótica de nitrogênio, o feijão de corda se encaixa muito bem com os solos tropicais onde a umidade e fertilidade do solo são os principais fatores limitantes na produção agrícola (HALL, 2004). No cenário da produção agrícola nordestina, devido à irregularidade pluvial, o feijão de corda, pelas suas características de ciclo curto e tolerância a estresse hídrico maior que o de muitas outras culturas comumente cultivadas na região, ocupa especial relevância no suprimento alimentar e na ocupação de mão de obra em períodos sazonais, como é o caso do cultivo em segunda safra, com o aproveitamento de várzeas úmidas ou irrigáveis (FROTA; PEREIRA, 2000). Também é uma planta com boa qualidade nutricional, o que faz dela uma fonte alimentar importante e estratégica para as regiões tropicais e subtropicais do mundo, pois possuem em suas sementes altos teores de proteína, ferro, fósforo e outros minerais (IQBAL *et al.*, 2006).

Embora o feijão de corda possua essa importância alimentar e econômica, a estatística de produção agrícola brasileira ainda apresenta o resultado total junto à produção do feijão comum (*P. vulgaris* L.) o que dificulta a identificação da real quantidade produzida. Segundo a CONAB (2011) a produção de feijões na safra 2009/2010 foi de 836,6 mil toneladas sendo que a região centro-sul, destacando a região Centro-oeste, foi responsável por 54,7% do total. Pode-se observar, com esses dados, que embora o cultivo do feijão de corda esteja se expandindo para a região dos cerrados no Norte e Nordeste brasileiro, no Centro-

oeste tem havido um maior crescimento. Nessa região esta cultura é incorporada nos arranjos produtivos como safrinha, após as culturas de soja, milho e algodão tendo um custo muito competitivo, aumentando o interesse dos produtores por essa cultura. Além disso, essa produção de alta qualidade possibilita uma melhor aceitação do produto pelos comerciantes e consumidores (FREIRE *et al.*, 2009).

Outro problema a ser destacado nesta cultura são as pragas que a atacam provocando danos à planta e prejuízo aos produtores. No controle destas, quando é feito, é por meio do emprego de inseticidas sintéticos que oneram a produção e, quando mal utilizados, causam intoxicações, além do impacto negativo no meio ambiente. No entanto, uma medida de controle eficiente, e de fácil emprego pelo pequeno produtor é a utilização de variedades resistentes, as quais têm a habilidade de reduzir a infestação ou os danos causados pelos insetos (MORAES; BLEICHER, 2007).

Outra técnica para o controle de pragas que tem sido alvo de estudos é a indução de resistência. A resistência pode ser induzida por uma série de substâncias químicas, naturais ou sintéticas, podendo, assim, evitar ou atrasar a entrada ou a subsequente atividade de patógenos nos tecidos da planta, por meio de mecanismos de defesa próprios dela (DURRANT; DONG, 2004).

Outra alternativa para o controle é a utilização de programas de Manejo Integrado de Pragas (MIP). No MIP várias técnicas de manejo são aplicadas com o intuito de reduzir a população dos insetos até um nível em que estes não causem um dano econômico, ou seja, um dano maior que o seu custo de controle (HERRERA, 2010). Entretanto, para avaliar a densidade populacional do inseto de uma forma rápida, eficiente e econômica é necessário o entendimento da forma de como este está distribuído no campo. Com essa informação pode-se calcular o número mínimo de amostras necessárias para a correta estimativa da densidade populacional (BIANCO, 1995).

Assim, dentro do que foi exposto propõe-se, com este trabalho, os seguintes objetivos:

- a) Comparar genótipos de feijão de corda quanto a sua resistência natural ao pulgão preto do feijoeiro e estudar a divergência genética quanto a essa característica;
- b) Avaliar o efeito da *cis*-jasmona como indutora de resistência no feijão de corda ao pulgão em diversas formas de aplicação do produto:
 - i. Pulverização em dose única e fracionada da *cis*-jasmona em plantas;
 - ii. Realizando a embebição das sementes do feijão de corda em solução contendo *cis*-jasmona;

- iii. Pulverização de diversas doses de *cis*-jasmona.
- c) Estudar a distribuição espacial do pulgão preto em plantios de feijão de corda;
- d) Calcular o número adequado de amostras necessárias para a estimativa da população do pulgão preto para o uso em programas de Manejo Integrado de Pragas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 O feijão de corda

2.1.1 Taxonomia, genética e morfologia

Quanto a sua taxonomia o feijão de corda [*Vigna unguiculata* (L) Walp.] é uma espécie dicotiledônia da ordem *Fabaceae*, subfamília *Faboideae* (sin. *Papilionoideae*), tribo *Phaseoleae*, subtribo *Phaseolinae*, gênero *Vigna* e seção *Catiang*. É uma planta diploide possuindo 22 cromossomos (TIMKO; SINGH, 2008). O seu genoma nuclear tem o tamanho estimado em cerca de 620 milhões de pares de bases (TIMKO *et al.*, 2008). O oeste da África é o maior centro de diversidade do feijão de corda domesticado. O centro de diversidade das espécies selvagens de *Vigna* é o sudeste da África (EHLERS; HALL, 1997).

Ela é uma planta herbácea de ciclo anual tendo, mais comumente, o hábito de crescimento indeterminado (FREIRE *et al.*, 2009) onde seus ramos crescem espalhando-se sobre o solo como cordas, semelhança essa de onde se origina seu nome comum, feijão de corda. Nessas plantas tanto o ramo principal quanto os laterais possuem gemas apicais vegetativas enquanto que, nas plantas de crescimento determinado, tanto no ramo principal quanto nos laterais as gemas terminais são reprodutivas.

Freire Filho *et al.* (2005) classificaram esta planta, quanto ao porte, em 4 tipos, listados abaixo:

Tipo 1. Ereto: ramos principais e secundários curtos, ramo principal ereto, com os ramos secundários formando um ângulo que pode variar de reto a agudo com o ramo principal; contudo a partir do terço médio, os ramos secundários tornam-se paralelos ao ramo principal.

Tipo 2. Semiereto: ramos principais e secundários de tamanho curto a médio. Ramo principal ereto com a inserção dos ramos secundários formando um ângulo de levemente agudo a reto com o ramo principal e, a partir do terço médio, formando um ângulo agudo, mais ou menos de 45 graus com o ramo principal.

Tipo 3. Semiprostrado: ramo principal e secundário de tamanho médio. Primeiro e segundo terços do ramo principal eretos, com os ramos secundários inferiores tocando o solo e, a partir do terço médio, com tendência para apoiarem-se em suportes verticais.

Tipo 4. Prostrado: ramo principal e secundários longos com o ramo principal curvado a partir do terço médio e ramos secundários inferiores tocando o solo em quase toda sua extensão, apresentando pouca tendência para apoiarem-se em suportes verticais.

Quanto ao ciclo da planta Freire Filho *et al.* (2005) caracterizaram detalhadamente os diferentes ciclos existentes entre os diversos genótipos e propuseram a seguinte escala:

- **Ciclo superprecoce:** a maturidade é alcançada até 60 dias após a semeadura;
- **Ciclo precoce:** a maturidade é alcançada entre 61 e 70 dias após a semeadura;
- **Ciclo médio:** a maturidade é alcançada entre 71 e 90 dias após a semeadura;
- **Ciclo médio precoce:** a maturidade é alcançada entre 71 e 80 dias após a semeadura;
- **Ciclo médio tardio:** a maturidade é alcançada entre 81 e 90 dias após a semeadura;
- **Ciclo tardio:** a maturidade é alcançada a partir de 91 dias após a semeadura.

2.1.2 Potencial nutritivo para o homem

O potencial nutritivo do feijão de corda é semelhante a outras leguminosas quanto às reservas de proteínas nas sementes, sendo ricas nos aminoácidos lisina e triptofano quando comparadas aos cereais em grãos, mas possuem baixos níveis de metionina e cisteína quando comparado à proteína animal. O conteúdo total de proteínas na semente varia em torno de 23% a 32% do peso dela. As sementes também são uma rica fonte de minerais e vitaminas e dentre as plantas tem um dos maiores teores de ácido fólico, uma vitamina B necessária durante a gravidez para prevenir defeitos de nascença no cérebro e coluna vertebral (HALL *et al.*, 2003). Ferreira Neto *et al.* (2006) avaliaram nove genótipos quando a suas composições químicas e observaram que os caracteres que apresentaram maior variabilidade foram teor de proteína (21,9% a 27,04%), teor de fibras (4,47% a 6,45%) e teor de cálcio (0,07% a 0,12%). Os autores concluíram que os grãos da cultivar BRS Guariba e da linhagem TE97-3096-24 são boas fontes de proteína, cálcio e fibra, enquanto que os grãos da cultivar BRS Marataoã, uma boa fonte de fósforo.

Esse potencial proteico foi utilizado na forma de farinha de feijão de corda (FFC) para o enriquecimento de produtos de panificação do tipo biscoito e rocambole. A adição de 30% e 20% de FFC no biscoito e rocambole, respectivamente, aumentou o teor proteico desses produtos quando comparados à formulação padrão. Conforme as análises o valor médio de proteína da FFC foi de 24,3 g 100g⁻¹ sendo que este valor é o dobro encontrado na farinha de trigo (11,66 g 100 g⁻¹) (FROTA *et al.*, 2010).

2.1.3 Pragas

Dentre as pragas que atacam esta cultura tem-se o pulgão preto do feijoeiro [*Aphis craccivora* (L.) Koch, 1854 (Hemiptera: Aphididae)], o manhoso [*Chalcodermus bimaculatus* Fiedler, 1936 (Coleoptera: Curculionidae)] a cigarrinha verde [*Empoasca kraemeri* Ross & Moore, 1957 (Hemiptera: Cicadellidae)], os percevejos [*Crinocerus sanctus* (Fabricius, 1775) (Hemiptera: Coreidae) e *Nezara viridula* (L), 1758 (Hemiptera: Pentatomidae)] e, como praga de grãos armazenados, o gorgulho ou caruncho [*Callosobruchus maculatus* (Fabricius, 1775) (Coleoptera: Bruchidae)].

Várias formas de controle têm sido aplicadas para o manejo destas pragas, dentre elas o biológico, cultural e, destacando-se, o químico. Para o controle químico do pulgão preto do feijoeiro, que é o objeto de pesquisa nesta tese, já foram indicados no Brasil o uso de Parathion methyl CE e Acephate PS (SANTOS; QUINDERÉ, 1988). Posteriormente, Oliveira Júnior *et al.* (2002) indicaram o uso de Imidacloprid, Methamidophos, Malathion, Acephate e Dimethoate. Já em Andrei (2005), os produtos registrados para o uso eram quase os mesmos, apenas substituindo o Dimethoate pela Clothianidin. Atualmente os produtos registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (AGROFIT, 2011), para o controle do pulgão em feijão, são: Imidacloprid, Acephate e Clothianidin, sendo que todos estes são não seletivos aos inimigos naturais segundo Kasperq (s/d) o que provoca a morte destes influenciando negativamente o controle biológico. Destes citados apenas a Clothianidin é indicada para pulverização de plantas, sendo os demais indicados para controle mediante o tratamento de sementes. O uso de um único produto provoca a perda da eficiência deste mediante seleção de populações de insetos resistentes devido a elevada pressão de seleção sobre os indivíduos. O surgimento dessas populações resistentes leva o agricultor a aumentar a dose e/ou o número de aplicações aumentando o perigo de contaminação do agricultor e do

ambiente além de aumentar os custos com a produção (RIBEIRO; MAGALHÃES; GUEDES, 2003; SOARES; ALMEIDA; MORO, 2003).

Outra forma de controle que tem despertado interesse é a resistência constitutiva que visa à obtenção de genótipos resistentes a estas pragas para posterior incorporação destes genes em cultivares com grande capacidade de produção. Plantas resistentes podem aumentar a produtividade em muitos países em desenvolvimento e reduzir custos, riscos para segurança e riscos ambientais nestes e outros países (EHLERS; HALL, 1997).

2.2 Resistência de plantas aos insetos

Em habitats naturais existem diversos inimigos potenciais que cercam as plantas, como bactérias, vírus, fungos, nematóides, insetos e outros animais herbívoros. Por sua natureza, as plantas não conseguem evitar esses patógenos simplesmente deslocando-se e por isso elas dispõem de outras formas de proteção. Por exemplo, a cutícula cerosa e a periderme, além de reduzir a perda de água, formam uma barreira contra a entrada de fungos e bactérias. Também existe um grupo de compostos químicos vegetais, conhecidos como metabólitos secundários que defende os vegetais contra vários herbívoros e microrganismos patogênicos (TAIZ; ZEIGER, 2004). As plantas que apresentam essas defesas de forma mais evidente são conhecidas como plantas resistentes. O uso dessas plantas tem se tornado um dos mais promissores meios de reduzir a dependência de inseticidas na agricultura. O plantio de culturas resistentes, quando disponíveis, é uma das mais efetivas, econômicas e ambientalmente seguras táticas de manejo (PEDIGO; RICE, 2009).

Uma definição simples de resistência é: qualquer característica herdada pela planta que diminui os efeitos do ataque das pragas. Tais características permitem a planta superar a pressão de ataque de insetos e doenças aumentando, assim, suas chances de sobrevivência e reprodução (PEDIGO; RICE, 2009).

As defesas das plantas são baseadas em fatores físicos ou químicos. Os mecanismos de defesa físicos contra os insetos estão prontamente presentes como, por exemplo, epiderme dura, espinhos e pelos urticantes. Já as defesas químicas são bastante importantes porque fornecem toxinas e substâncias repelentes dentro da própria planta. As toxinas tiveram e continuam tendo um papel chave na proteção de plantas contra o ataque dos insetos (HARBORNE, 1993).

A determinação genética da resistência pode ser poligênica ou pode ser influenciada por um único gene com grandes efeitos como é o caso da interação entre o trigo e a mosca de hesse, *Mayetiola destructor* (ZAHARIEVA *et al.*, 2001). Na interação planta-inseto os mecanismos moleculares fundamentais que fazem parte do reconhecimento do ataque de herbívoros ainda não é bem conhecida, entretanto, dados moleculares sobre a diversidade de *loci* envolvidos na resistência de plantas a herbívoros ou patógenos estão se tornando cada vez mais disponíveis. Até agora, os estudos de resistência a nível molecular foram conduzidos separadamente a partir de estudos ecológicos em populações existentes. Para um maior progresso nestes estudos, é necessária uma abordagem evolutiva que deve integrar ambos os aspectos, moleculares e ecológicos, da evolução da resistência. Tal abordagem contribuirá muito para a compreensão da evolução da diversidade molecular de *loci* envolvidos no estresse biótico (MEAUX; MITCHELL-OLDS, 2003).

No melhoramento vegetal a resistência de plantas aos insetos é apenas um dos vários objetivos do melhoramento já que normalmente a produção e qualidade são os dois mais buscados, sendo a resistência um importante objetivo complementar. O melhoramento dessa característica pode ser focado em um tipo de praga, sendo as principais ênfases dadas aos micro-organismos patogênicos, nematóides e artrópodes (PEDIGO; RICE, 2009).

2.2.1 Tipos de resistência

2.2.1.1 Não preferência

A planta apresenta esse tipo de resistência quando o inseto utiliza-a menos do que outra planta em igualdade de condições para alimentação, oviposição ou abrigo (GALLO *et al.*, 2002; LARA, 1991). Assim, refere-se à característica da planta que repele o inseto para longe do seu hospedeiro particular e inclui a atividade de plantas e insetos (PEDIGO; RICE, 2009).

A não preferência pode ser expressa em uma cultivar através das características aleloquímicas ou morfológicas (PEDIGO; RICE, 2009):

- a) **Não preferência aleloquímica:** essa forma de não preferência é comum entre as plantas fazendo com que ela se torne rejeitada pelo inseto devido à presença ou ausência de algum composto orgânico que atua na relação entre o inseto e a planta. Como exemplo, pode-se citar as cucurbitacinas (uma classe de terpenos tetracíclicos) que atuam como atraente e iniciadores alimentares de besouros do gênero *Diabrotica* em cucurbitáceas. Cultivares dessas plantas que perderam ou apresentam baixos níveis de cucurbitacinas atraem menos besouros e recebem muito menos danos que a planta com níveis normais desta substância.
- b) **Não preferência morfológica:** essa forma é devido a características estruturais da planta que interrompe o comportamento normal do inseto por meios físicos. A atividade dos insetos na planta pode ser diminuída por fatores morfológicos como pêlos, características nos tecidos e exsudados. Como exemplo, a lagarta da espiga do milho, *Helicoverpa zea*, uma importante praga de muitas culturas, prefere realizar a oviposição em superfícies com pêlos. Genótipos de algodão que perderam os pêlos têm apresentado menores danos devido a menor taxa de oviposição.

2.2.1.2 Antibiose

A planta apresenta este tipo de resistência quando exerce um efeito adverso sobre a biologia do inseto mesmo quando este se alimenta normalmente dela (LARA, 1991). Esse mecanismo normalmente prejudica os processos metabólicos do inseto e muitas vezes envolve o consumo de metabólitos vegetais. Pela sua praticidade e efeito, que pode levar a redução no número de indivíduos mais rapidamente, este tipo de resistência é a mais procurada por melhoristas de plantas (PEDIGO; RICE, 2009).

Os aleloquímicos são frequentemente associados com a antibiose (PEDIGO; RICE, 2009). Dentre eles os mais documentados são o 2,4-dihidroxi-7-metoxi-(2H)-1,4-benzoxazin-3(4H)-ona (DIMBOA) no milho, o gossipol em algodão (MACEDO; CUNHA; VENDRAMIM, 2007), glicosídeos esteroidais em batata (FRIEDMAN, 2006) e as saponinas na alfafa (VIEIRA *et al.*, 2001).

Os efeitos da antibiose sobre os insetos são: a mortalidade de formas imaturas; redução na taxa de crescimento; aumento da mortalidade no estágio de pupa; surgimento de

indivíduos que chegam à fase adulta precocemente e com fecundidade reduzida; tempo de vida mais curto; mau desenvolvimento morfológico; alteração na proporção sexual; inquietação ou outro comportamento anormal (LARA 1991; PEDIGO; RICE, 2009).

2.2.1.3 Tolerância

Define-se planta tolerante como aquela que sofre poucos danos em relação a outras sob um mesmo nível de infestação de determinada espécie de insetos, sem afetar o comportamento deste ou sua biologia (LARA, 1991). As plantas tem a habilidade de produzirem satisfatoriamente, apesar dos níveis de injúria que normalmente debilitariam plantas não resistentes (PEDIGO; RICE, 2009). Diferentemente da não preferência e da antibiose apenas as repostas das plantas está envolvida na tolerância.

Muitos fatores estão envolvidos na tolerância, ainda que os mecanismos gerais sejam poucos conhecidos. Os fatores conhecidos que atuam nessa forma de resistência incluem maior vigor, crescimento compensatório individual ou em populações de plantas, cicatrização de ferimentos, alteração na partição de fotoassimilados, emissão de novos ramos ou perfilhos e regeneração de tecidos destruídos (LARA 1991; PEDIGO; RICE, 2009).

2.3 Resistência do feijão de corda a suas pragas

A reação do feijão de corda as suas principais pragas tem sido avaliadas por diversos autores. Por exemplo, a resistência ao *C. maculatus* foi avaliada por Lima *et al.* (2001) onde os autores verificaram que os genótipos IT89KD-245, IT89KD-260, CNC 0434, Bico de Pato, TE90-180-10F e BR14-Mulato reduziram eficientemente o desenvolvimento dos insetos reduzindo a emergência dos mesmos provavelmente devido a presença de substâncias químicas nos grãos, embora os autores não a tenham identificado. Em outro estudo, Carvalho (2009) avaliou nove genótipos em condições de laboratório, e concluiu que o BRS Patativa foi o menos preferido para oviposição por *C. maculatus*, apresentando, portanto, resistência do tipo não preferência para oviposição. Esse mesmo genótipo

juntamente com o BRS-Paraguaçu, causaram um alongamento da fase larval deste inseto e, portanto, são portadores de resistência do tipo antibiose.

Quanto à resistência à cigarrinha verde (*E. kraemeri*), Moraes, Vieira e Cysne (2006) avaliaram, em condições de campo, os genótipos de feijão de corda Epace-10, Paulistinha, Pitiúba, BR 17-Gurguéia, BRS Marataoã e Vita-7. Os genótipos Pitiúba e Vita-7 foram os mais e menos preferidos pela cigarrinha verde, respectivamente. O comportamento de alguns materiais, frente ao ataque desse inseto, permitiu inferir que o tipo de resistência encontrada foi do tipo não preferência, pois se sabe que a cigarrinha verde tem a reação fototrópica negativa quando os raios solares incidem sobre a parte abaxial da folha, local onde os insetos ovipositam e se alimentam. Portanto, essa menor preferência em relação ao Vita-7, cuja folha é mais estreita (tipo lanceolada) e o porte ereto, pode ser explicada pela reação comportamental do inseto em relação à morfologia da folha da planta. Carvalho (2009) também constatou que os genótipos Epace 10 e Tracauteua foram menos preferidos pela cigarrinha verde.

Estudo de avaliação da resistência ao manhoso (*C. bimaculatus*) conduzido por Carvalho (2009) demonstrou que o BRS Paraguaçu foi o mais preferido para alimentação por este inseto dentre os quinze avaliados. Moraes, Vieira e Costa (2006) avaliaram o número de furos por vagem e concluíram que os genótipos Epace 10, Paulistinha e Pitiúba foram menos preferidos pelo manhoso enquanto o genótipo BR 17 Gurguéia foi o mais atacado.

A resistência ao pulgão preto do feijoeiro, *A. craccivora*, também é documentada. Na Nigéria, a partir de parte da coleção de germoplasma do Instituto Internacional de Agricultura Tropical (IITA), foram identificadas como plantas resistentes, em condições de casa de vegetação, os genótipos Tropical *Vigna unguiculata* (TVu) 408 P₂, TVu 410, TVu 2740, TVu 3417 e TVu 3509 devido uma severa mortalidade de pulgões observada nesses materiais indicando a antibiose como possível causa da resistência (SINGH, 1977). A resistência, do tipo antibiose, presente no TVu 310, TVu 801, TVu 408 P₂ e TVu 3000 reduziram a zero a fecundidade de cinco pulgões dez dias após a infestação, quando comparada com as linhas susceptíveis, onde o número de insetos aumentou até 300 indivíduos, resultando na morte das plantas (SINGH, 1977; SINGH, 1987).

2.4 Metabólitos secundários

As plantas produzem compostos que atuam na interação inseto-planta. Esses compostos podem atuar tanto na defesa contra pragas como na atração de insetos benéficos, como os polinizadores, sendo que nesta revisão será dada maior importância a função como agente de defesa. Esses compostos são conhecidos como metabólitos secundários, produtos secundários ou produtos naturais. Possuem esse nome por, aparentemente, não possuírem função direta conhecida nos processos de crescimento ou desenvolvimento da planta como a fotossíntese, respiração, transporte de solutos, assimilação de nutriente e outros (TAIZ; ZEIGER, 2004).

Os estudos destes produtos naturais estimulou o desenvolvimento de técnicas de separação, abordagem de espectroscopia para a elucidação de estruturas e metodologias de síntese que se constituem os fundamentos da química orgânica contemporânea. O reconhecimento das propriedades biológicas desses produtos naturais tem contribuído para o desenvolvimento de novos medicamentos, antibióticos, inseticidas e herbicidas (CROTEAU; KUTCHAN; LEWIS, 2000).

Como agentes de defesa a herbívoros os compostos secundários devem estar em um local de maior probabilidade de serem localizados, onde eles são mais facilmente percebidos pelos animais, ou seja, a superfície da planta. Esses compostos têm sido localizados em pelos glandulares (ou tricomas), nas ceras das folhas, na resina e em exsudados de brotos. Algumas vezes estão também presentes nos vacúolos das folhas, mais especificamente nas células epidérmicas das camadas superiores das folhas. No caso de plantas lactescentes as toxinas são encontradas no látex e são detectadas pelos animais nos exsudados liberados após os danos causados por eles (HARBORNE, 1993).

Os metabólitos secundários vegetais podem ser divididos quimicamente em três grupos distintos: terpenos, compostos fenólicos e compostos nitrogenados (TAIZ; ZEIGER, 2004).

2.4.1 Terpenos

Também conhecidos por terpenóides constituem-se o maior grupo de produtos secundários. O seu nome deriva do fato de os primeiros compostos dessa classe serem isolados a partir da turpentina. Todos os terpenos derivam-se da união de unidades pentacarbonadas que apresentam um esqueleto ramificado de isopentano (CROTEAU; KUTCHAN; LEWIS, 2000; TAIZ; ZEIGER, 2004).

São compostos tóxicos e supressores alimentares para muitos insetos e mamíferos herbívoros. Como exemplo, podem-se citar os piretróides encontrados em folhas de *Chrysanthemum* que apresentam grande atividade inseticida sendo que são ingredientes comuns nos inseticidas comerciais devido a sua baixa persistência no ambiente e à sua pequena toxicidade para os mamíferos. Outras espécies de plantas possuem misturas de monoterpenos e sesquiterpenos voláteis conhecidos como óleos essenciais. Esses apresentam reconhecida propriedade como repelentes de insetos. São frequentemente encontrados em tricomas glandulares na epiderme da planta e funcionam como advertência sobre a toxicidade do vegetal impedindo que os herbívoros ataquem (TAIZ; ZEIGER, 2004).

2.4.2 Compostos fenólicos

Os compostos deste grupo se caracterizam por possuírem um grupo fenol (um grupo hidroxila funcional em um anel aromático) em sua estrutura. Constituem um grupo heterogêneo com cerca de 10.000 compostos e por isso apresentam uma variedade de funções nos vegetais como defesa contra herbívoros e patógenos, atração de polinizadores e dispersores de frutos e proteção contra raios ultravioletas. Os principais grupos de compostos fenólicos são os flavonóides e os taninos (TAIZ; ZEIGER, 2004).

Os flavonóides são a maior classe de fenólicos vegetais. Eles incluem um grande número de substâncias coloridas, sendo que, o grupo mais comum de flavonóides pigmentados consiste das antocianinas que são responsáveis pela maioria das cores vermelha, rosa, roxa e azul observadas nos vegetais sendo de importância vital como atrativos para polinizadores e dispersores de sementes. Outro grupo de flavonóides, os isoflavonóides, tem se tornados conhecidos pela sua ação como fitoalexinas, que são compostos antimicrobianos

sintetizados em resposta a infecção por fungos ou bactérias que podem limitar a propagação do patógeno invasor (CROTEAU; KUTCHAN; LEWIS, 2000; TAIZ; ZEIGER, 2004).

Os taninos são toxinas que, quando adicionado a dietas de herbívoros, reduzem significativamente, o crescimento e a sobrevivência destes. Também agem como repelentes alimentares para mamíferos como bovinos e macacos. Sua toxicidade está na sua capacidade de formar complexos com proteínas de modo não específico. Ela age formando pontes de hidrogênio entre os seus grupos hidroxila e os sítios eletronegativos das proteínas. Os taninos também podem inativar enzimas digestivas e criar um complexo de taninos e proteínas vegetais difíceis de digerir (TAIZ; ZEIGER, 2004).

2.4.3 Compostos nitrogenados

Vários metabólicos secundários possuem nitrogênio na sua estrutura. Entre esses compostos destacam-se os alcalóides, glicosídeos cianogênicos, glucosinolatos e aminoácidos não proteicos.

Os alcalóides são uma classe que possuem mais de 15.000 metabólitos secundários nitrogenados e são sintetizados a partir de um ou poucos aminoácidos comuns, sobretudo lisina, tirosina e triptofano. Possuem efeitos variados sobre os animais sendo que muitos alcalóides interagem com os componentes do sistema nervoso central, principalmente os transmissores químicos. Outros afetam o transporte de membrana, a síntese protéica ou a atividade de várias enzimas (TAIZ; ZEIGER, 2004).

Os glicosídeos cianogênicos e os glucosinolatos não são tóxicos nessas formas, mas rapidamente se decompõem quando a planta é lesionada produzindo venenos voláteis, sendo que os glicosídeos cianogênicos liberam o ácido cianídrico (HCN) um conhecido veneno volátil de ação rápida que inibe as metaloproteínas, como a fecitocromo oxidase, uma enzima chave no processo de respiração celular (TAIZ; ZEIGER, 2004).

Os glucosinolatos são encontrados principalmente em *Brassicaceae* e famílias relacionadas e liberam os compostos responsáveis pelo odor e pelo gosto caraterísticos de vegetais como repolho e brócolis. Também conhecidos como glicosídeo do óleo da mostarda, liberam, na sua decomposição, substâncias voláteis de defesa. Embora uma ampla gama de glucosinolatos ocorra em Crucíferas o maior composto presente no repolho, e em que mais pesquisas têm sido realizadas, é a sinigrina. Algo interessante documentado na literatura é que

essa substância também pode atuar como estimulante alimentar para insetos adaptados. Insetos como a borboleta da couve (*Pieris brassicae*) e o pulgão do repolho (*Brevicoryne brassicae*) reverteram o efeito repelente dessa substância e o tornaram um estimulante alimentar tão importante que as larvas ou ninfas desses insetos não se alimentam se a sinigrina não estiver presente (HARBORNE, 1993; RENWICK, 2002).

Os aminoácidos não proteicos são aminoácidos pouco comuns que muitas plantas possuem e que não são incorporados em proteínas, mas estão presentes na forma livre e atuam como substâncias protetoras. São muitas vezes similares aos aminoácidos proteicos como, por exemplo, a canavanina que é um análogo próximo da arginina. Os aminoácidos não proteicos podem bloquear a síntese ou a absorção de aminoácidos proteicos. Outros como a canavanina podem ser erroneamente incorporado às proteínas produzindo, por exemplo, uma enzima não funcional (TAIZ; ZEIGER, 2004).

2.4.4 Proteínas antidigestiva

Essas proteínas interferem no processo digestivo de herbívoro. Por exemplo, algumas leguminosas sintetizam inibidores da α -amilase que ao inibir a ação dessa enzima prejudica a digestão do amido. Outras espécies produzem lectinas que são proteínas de defesa que se ligam a carboidratos ou a glicoproteínas. Após ser ingerida por um herbívoro, a lectina liga-se às células epiteliais que revestem o trato digestivo e interfere na absorção de nutrientes (TAIZ; ZEIGER, 2004).

2.5 Indução de resistência

A síntese de metabólitos secundários é dispendiosa para a planta, pois requer um fluxo constante de precursores do metabolismo primário, juntamente com enzimas e cofatores ricos em energia (ATP, NADPH, etc) para impulsionar as vias biossintéticas. A fotossíntese normalmente assegura o adequado suprimento de precursores para compostos carbonados, como os terpenos, mas a absorção de nitrogênio pela planta é limitada e a síntese de compostos nitrogenados, como os alcalóides, pode competir por precursores com a síntese

proteica (HARBORNE, 1993). Estes custos têm que ser balanceados com o custo de crescimento de novas partes das plantas. Assim, todas as plantas estão frente a um dilema expresso em palavras no título do artigo publicado por Herms e Mattson (1992): Crescer ou defender.

Um meio para que a planta possa reduzir esse custo metabólico ao sintetizar e armazenar toxinas é a produção de agentes de defesa apenas quando realmente necessário, ou seja, em resposta direta ao ataque (HARBORNE, 1993).

Van Den Boom *et al.* (2004) em um levantamento dos voláteis emitidos pelas plantas de diferentes famílias, quando estas eram infestadas pelo ácaro *Tetranychus urticae*, hipotetizaram que espécies de plantas com um baixo grau de defesas diretas, aquelas já constitutivamente presentes na planta, podem produzir um maior número de novos compostos para defesa, enquanto que aquelas com alto nível de defesas diretas parecem investir mais na produção do que na produção de novos compostos de defesa contra as pragas.

Plantas atacadas por herbívoros ativam as defesas nela presentes. Taiz e Zeiger (2004) resumem o processo de desencadeamento de compostos de defesa no tomateiro jovem, sendo que o acúmulo de inibidores de protease na planta é rápido e ocorre mesmo em áreas não danificadas que estão distantes do local do ataque. As etapas são as seguintes:

1. As folhas atacadas de tomateiro sintetizam prosistemina, um precursor protéico que contém 200 aminoácidos;
2. A prosistemina é processada proteoliticamente e produz um pequeno polipeptídeo (18 aminoácidos) chamado de sistemina, o primeiro (e até então, único) polipeptídeo com ação hormonal descoberto em plantas (PEARCE *et al.*, 1991);
3. A sistemina é liberada no apoplasto pelas células danificadas;
4. No tecido adjacente intacto (parênquima floemático), a sistemina liga-se ao seu receptor, uma proteína com regiões repetidas ricas em leucina (LRR) com atividade de quinase, localizado na membrana plasmática. Recentemente, foi demonstrado que o receptor de sistemina em tomateiro é idêntico ao receptor para Brassinolídeo, um hormônio vegetal esteróidal. O receptor de sistemina, portanto, parece ser um receptor com dupla função (TAIZ; ZEIGER, 2004);
5. O receptor ativado da sistemina torna-se fosforilado e ativa a fosfolipase A2 (PLA2);
6. A PLA2 ativada gera o sinal que inicia a biossíntese de ácido jasmônico, um regulador de crescimento, que apresenta efeitos bastante variados (CREELMAN; MULLET, 1997);

7. O ácido jasmônico é, então, transportado pelo floema sistemicamente para toda a planta por um mecanismo ainda desconhecido.
8. Eventualmente, o ácido jasmônico ativa a expressão de genes que codificam os inibidores de protease. Outros sinais como o ácido abscísico, ácido salicílico e fragmentos de pectina parecem participar nessa cascata de sinalização desencadeada pelo ferimento, porém suas ações específicas ainda não estão claras.

Como observado o ácido jasmônico desenvolve um importante papel na resistência de plantas a insetos e doenças. Plantas acumulam essa substância quando são injuriadas ou quando são tratadas com elicitores derivados de patógenos (oligossacarídeos) ou com o pepitídeo sistemina. A indução de inibidores de proteases, o qual parece ser alvo primeiramente para certos insetos, tem sido notado em várias espécies. Tal como o ferimento, uma planta induz uma resposta sistêmica que altera folhas não danificadas. A aplicação de ácido jasmônico exógeno induz inibidores de proteinases à distância, em folhas não tratadas (CROZIER *et al.*, 2000).

Pesquisas com outros indutores têm sido realizadas procurando anteceder a indução da resistência antes que a praga ataque a planta. Como exemplo, já foi demonstrado que o salicilato de metila, quando aplicado via aérea às plantas, induz defesa contra fungos patogênicos (SHULAEV; SILVERMAN; RASKIN, 1997). No entanto, muita atenção tem sido dada a via metabólica do jasmonato, que faz parte da via da lipoxigenase. O ácido jasmônico quando metilado (por exemplo, o jasmonato de metila), pode ser liberado pela planta na forma de voláteis agindo como um sinal aéreo na comunicação entre plantas. Ele é então liberado em resposta a injúrias e outras situações de estresse e vai certamente ter um efeito naquelas intactas aumentando a defesa relacionada e outros genes (CROZIER *et al.*, 2000). Infelizmente, um grande número de genes é influenciado pelo indutor e isso pode ter um efeito deletério no desenvolvimento das plantas e produção em culturas agrícolas (PICKETT *et al.*, 2005).

O jasmonato de metila é um composto de ocorrência natural que já foi identificado em plantas de cinco famílias e tem sido utilizado por décadas como fragrância de perfumes. Entretanto, foi demonstrado que ele pode atuar como sinal volátil para a indução de inibidores da protease. Após cinco horas da aplicação de jasmonato de metila na forma de gás em tomateiros teve-se o início do acúmulo de inibidores da protease persistindo esse acúmulo em taxas de crescimento lineares por cerca de 20 horas. Após esse período, os níveis começaram a diminuir. As razões para esse declínio não foram elucidadas. Nas plantas que

sofreram danos mecânicos, os níveis de inibidores da protease diminuíram após 10 horas do ferimento inicial. Assim o uso do jasmonato de metila favoreceria a planta por prolongar o período de proteção. O acúmulo dessa substância, após a aplicação de jasmonato de metila, também foi observada em plantas de fumo e alfafa (FARMER; RYAN, 1990).

Outro indutor que é citado na literatura é a *cis*-jasmona ou (Z)-jasmona. Sua atividade indutora foi descoberta pelo Instituto Rothamsted, na Inglaterra, instituição esta que detém a patente do produto (OEPM, 2005). Esse composto foi identificado durante o estudo de componentes dos voláteis de *Ribes nigrum* que repeliam a forma de verão do pulgão da alface, *Nasonovia ribis-nigri*. Desde então a *cis*-jasmona revelou ter um efeito mais intrincado nas interações entre insetos pragas e plantas cultivadas. Ele é um catabolito do estresse gerado do ácido jasmônico, mas foi considerado anteriormente como um simples dreno biológico da via do jasmonato.

O uso prático da *cis*-jasmona foi inicialmente focado na interação entre o pulgão dos grãos *Sitobion avenae* e o trigo *Triticum aestivum*. Plantas de trigo pulverizadas com baixos níveis de *cis*-jasmona, em uma solução aquosa, são menos atrativas aos pulgões e são mais atrativas a parasitóides em bioensaios de laboratório. No campo plantas tratadas também apresentaram baixos níveis de infestação por pulgão. A *cis*-jasmona também atua como um sinal externo alertando a planta vizinha, que não foi danificada inicialmente por insetos fitófagos, a se preparar, ativando as suas defesas antes do ataque do inseto (BRUCE; PICKETT; SMART, 2003).

É interessante observar que a maioria dos trabalhos que estudam o efeito dos voláteis emitidos pelas plantas, bem como o efeito dos indutores de resistência, são realizados em laboratórios (HUNTER, 2002). Embora essas pesquisas tenha grande importância principalmente para a elucidação das rotas de síntese dos compostos de defesa e identificação dos produtos que dela participam, se tornam necessários os estudos de campo para que se tenha uma aplicação prática na agricultura.

No Brasil tem-se conduzido ensaios de campo com o intuito de averiguar o efeito da *cis*-jasmona em culturas de importância local. Estes estudos têm sido realizados em uma parceria entre a Universidade Federal do Ceará, Universidade Federal de Alagoas, ambas no Brasil, e o Rothamsted Institute na Inglaterra. Alguns resultados são apresentados nos parágrafos seguintes.

Oliveira (2009) avaliou o efeito da aplicação da *cis*-jasmona em planta de algodão em condições de campo em Quixadá, Ceará. O autor observou que houve um aumento significativo na resistência ao pulgão do algodoeiro (*Aphis gossypii*) nos tratamentos

com *cis*-jasmona em relação às plantas não tratadas. Entretanto, esses não diferiram das plantas tratadas apenas com o emulsificante polisorbato 80 (Tween[®] 80) utilizado na solução, não sendo possível atribuir a indução da resistência somente a *cis*-jasmona. Foi sugerida a utilização de outro emulsificante com características diferente do polisorbato para averiguar o real efeito da *cis*-jasmona no algodoeiro. Por outro lado, os tratamentos não interferiram na produção e no índice de precocidade do algodoeiro.

A aplicação de *cis*-jasmona em plantas de feijão de corda cultivar EPACE 10, não apresentou qualquer efeito sobre o grau de infestação do pulgão preto do feijoeiro (*A. craccivora*) em experimento conduzido em Quixadá, Ceará. Isto ocorreu, possivelmente, devido a cultivar utilizada, EPACE 10, que é tida como resistente (SILVA, 2008; MORAES; BLEICHER, 2007) e assim ela não utilizou os seus metabólitos na indução de uma defesa uma vez que ela naturalmente já a possui (VAN DEN BOOM *et al.*, 2004; COOPER; GOGGIN, 2005), o que pode ser observado pelo baixo número de inseto no campo apresentando um grau de infestação médio de 0,73%. A aplicação do indutor também não influenciou na produção do feijoeiro e nem reduziu os danos provocados pelo percevejo *Crinocerus sanctus* (SILVA, 2008).

2.6 Manejo Integrado de Pragas

A principal tática de controle de insetos pragas, já sendo empregada por um longo período, é o uso em larga escala, e contínuo, de inseticidas de largo espectro de ação. Isso porque o principal objetivo do controle de pragas é a erradicação dos organismos fitófagos presente nos campos de cultivo (ZAMBOLIM; JUNQUEIRA, 2004). Embora o uso de uma única tática de manejo possa ter sucesso em um curto prazo, muitas vezes falham no decorrer do tempo. Isso ocorre porque a população da praga tende a se ajustar à tática, principalmente quando esta reduz significativamente a habilidade dos insetos de se reproduzirem ou sobreviverem. Frequentemente a mudança de um único gene na população irá superar essa única tática de controle. Por outro lado, a praga terá muito mais dificuldade de superar a influencia de várias táticas, normalmente requerendo que a frequência de novos genes aumente na população (PEDIGO; RICE, 2009).

Além disso, o mau uso destes produtos químicos fez com que surgissem graves desequilíbrios como: a resistência de pragas a diversos inseticidas; mortalidade e alterações na

biodiversidade presente no agroecossistema (como os inimigos naturais e polinizadores); contaminação dos solos e efeitos nocivos ao homem e animais domésticos (intoxicações) (HERRERA, 2010; ZAMBOLIM; JUNQUEIRA, 2004).

Entretanto, nos últimos anos, tem-se mudado esse conceito, reduzindo, o uso de inseticidas e evitando-se a aplicação sistemática de produtos químicos em culturas de importância agrícola que tomava como base o uso de calendários preestabelecidos fazendo com que, muitas vezes, a aplicação fosse feita sem mesmo a praga estar presente na cultura (GALLO *et al.*, 2002).

Como consequência dos efeitos colaterais pelo uso inadequado de pesticidas, foi desenvolvido um novo conceito de controle de pragas visando menor impacto ao ambiente, ao homem e aos animais. Esse novo conceito recebeu inicialmente a denominação de Controle Integrado, que depois evoluiu para o termo “Manejo Integrado de Pragas” (KOGAN, 1998; STERN *et al.*, 1959).

Segundo a FAO (2011) o Manejo Integrado de Pragas (MIP) é uma abordagem ecossistêmica da produção agrícola e proteção, que combina diferentes estratégias de gestão e práticas para o cultivo saudável além de minimizar o uso de pesticidas. A integração de várias táticas de manejo compatíveis foi o tema central do MIP desde seu início e é um dos princípios (PEDIGO; RICE, 2009). Dentre os métodos de controle utilizando no MIP destacam-se o químico, cultural, etológico e o genético.

Além do uso de diferentes técnicas de manejo, o MIP se baseia no nível de dano econômico (NDE). Neste caso a aplicação de uma técnica de manejo de ação mais direta, principalmente o uso de inseticidas, só é indicada quando a praga causa um dano maior que o seu custo de controle. Na maioria dos casos o controle é aplicado antes que a densidade populacional do inseto atinja o NDE, ponto este conhecido como nível de controle ou ação. Isso é importante porque evita o uso exagerado de pesticidas reduzindo os efeitos negativos. Além disso, essa aplicação é realizada utilizando produtos seletivos, ou de forma seletiva, sempre que possível, não causando efeito deletério sobre inimigos naturais das pragas (CAPINERA, 2008).

O MIP visa à convivência harmônica de toda a biodiversidade no ecossistema natural e como parte deste o agroecossistema (ZAMBOLIM; JUNQUEIRA, 2004). O MIP caracteriza-se pela possibilidade de alterar o mínimo possível o meio ambiente. Por exemplo, a partir desse preceito, o controle de pragas do algodoeiro deixou de depender exclusivamente de inseticidas químicos passando a adotar sistemas que enfatizam o manejo da população de

artrópodes que se inter-relacionam no agroecossistema dessa cultura (FERNANDES; BUSOLI; BARBOSA, 2003).

Dentre as vantagens, para o agricultor, da adoção do MIP destacam-se as de aspecto econômico, social e ecológico promovendo a sustentabilidade dos cultivos. Dentre as dificuldades enfrentadas para a implantação destes programas, destacam-se aqueles referentes ao caráter organizacional, técnico, educacional e financeiro. Dentre os obstáculos técnicos, a determinação de métodos de amostragem adequados para a realização do monitoramento e a obtenção de níveis de controle como subsídios à tomada de decisão, são os principais entraves encontrados (ALENCAR, 2009).

Os passos para a implementação de um programa de MIP são (GALLO *et al.*, 2002):

1. Reconhecimento das pragas mais importantes (pragas chave);
2. Avaliação dos inimigos naturais (mortalidade natural no agroecossistema);
3. Estudo de fatores climáticos que afetam a dinâmica populacional da praga e seus inimigos naturais;
4. Determinação dos níveis de danos econômicos e de controle;
5. Avaliação populacional (amostragem);
6. Avaliação dos métodos mais adequados para incorporar em um programa de manejo

Dentre estes pontos a amostragem ou monitoramento de pragas é uma técnica fundamental do manejo, pois por meio dela pode-se chegar à decisão de controlar ou não uma praga (FARIAS; BARBOSA; BUSOLI, 2001).

Para a definição de uma forma de amostragem que seja rápida, eficiente e de custo viável é necessário o conhecimento da densidade dos artrópodes no campo, sejam eles pragas ou inimigos naturais de pragas, bem como estes estão dispostos no campo, ou seja, seu arranjo espacial (RIBEIRO, 2007).

2.7 Dispersão espacial e amostragem de artrópodes

A determinação do tipo de distribuição espacial da praga é o primeiro passo para o estabelecimento do plano de amostragem (FERNANDES; BUSOLI; BARBOSA, 2003). Conforme o tipo de arranjo espacial do inseto na área são necessários diferentes métodos de

amostragem, variando o número e o tamanho da amostra na área (MELO *et al.*, 2006). A dispersão da população de uma espécie, em um determinado agroecossistema, pode ser de três tipos ou modelos: agregado (ou contagioso), aleatório (ou ao acaso) ou uniforme (ou regular) (MELO *et al.*, 2006).

A determinação de um desses tipos de arranjo em uma área é obtida através do cálculo de índices de dispersão que, embora não descrevam matematicamente a distribuição da população estudada, fornecem uma ideia bastante próxima da realidade quando diferentes índices fornecem resultados semelhantes (ELLIOTT; KIECKHEFER; WALGENBACH, 1990). Dentre os índices existentes tem-se o de Índice de Morisita, Índice de Green, Razão variância/média, Índice k da Binomial Negativa, o Índice de Dispersão de Cole e o Índice de David e Moore (RAHMANI; FATHIPOUR; KAMALI, 2010), sendo que os quatro primeiros são os mais utilizados em estudos de entomologia.

A confirmação do tipo de dispersão ocorre apenas com o conhecimento das distribuições de frequências dos números de indivíduos da praga estudada em uma cultura (BARBOSA, 1992). Na distribuição aleatória, ou de Poisson, a variância e a média são iguais ($\sigma^2 = \mu$) e tem como hipótese que todos os indivíduos tem a mesma probabilidade de ocupar um lugar qualquer no espaço e a presença de um indivíduo não afeta a presença do outro. A distribuição Binomial Positiva é o modelo matemático que mais se adequa a disposição regular onde a variância é menor que a média ($\sigma^2 < \mu$). A distribuição Binomial Negativa é caracterizada por apresentar a variância maior que a média ($\sigma^2 > \mu$) e indica agregação (ANSCOMBE, 1950; PEREIRA; BOIÇA JÚNIOR; BARBOSA, 2004; SOUTHWOOD; HENDERSON, 2000).

Após o conhecimento do tipo de distribuição espacial do inseto a próxima etapa para o desenvolvimento de um plano de amostragem é o conhecimento do tamanho da unidade amostral e o número de amostras necessárias para se estimar a população da praga no campo com a precisão desejada (BIANCO, 1995). Não existe um método universal para avaliar os níveis populacionais de todas as pragas agrícolas. A escolha vai depender do custo operacional e da proteção que ele pode oferecer contra a tomada de decisões erradas ou da combinação destes fatores (RUESINK, 1980).

A amostragem pode ser de dois tipos: sistemática (ou convencional) ou sequencial. A amostragem convencional baseia-se em um número fixo de amostras a serem colhidas por unidade de área. Neste caso são utilizadas planilhas com o número fixo de amostras e depois de calculada o grau de infestação compara-se com os níveis de ação conhecidos (GALLO *et al.*, 2002).

Na amostragem sequencial o número de amostras é variável e não se tem a preocupação de estimar os parâmetros populacionais. Ela aplica uma hipótese previamente testada sobre estes parâmetros para definir as classes distintas em relação aos resultados acumulados das unidades amostrais examinadas (GALLO *et al.*, 2002; GILES *et al.*, 2000). Assim, tem-se uma rápida classificação da densidade populacional ao invés de uma estimativa precisa da população sendo mais favorável seu uso no MIP. Ela requer um número menor de amostras para se chegar a uma conclusão economizando tempo e trabalho (PEDIGO; RICE, 2009). Entretanto, destaca-se como desvantagem a sua complexidade matemática que de certa forma inibe o seu uso na entomologia, pois as explanações na literatura são matemáticas e bastante complicadas para o leitor que não é matemático, causando erros nos trabalhos apresentados como variações de símbolos e de fórmulas e a omissão de dados importantes que poderiam ser explorados (RIBEIRO, 2007).

As estimativas obtidas a partir de programas de amostragem recém-projetados devem ser avaliadas antes de serem utilizadas. Os principais critérios para avaliação são a fidelidade, a precisão e o custo (PEDIGO; RICE, 2009).

A fidelidade é a repetitividade com que as estimativas se aproximam dos números reais da população de insetos. Geralmente é determinada comparando um programa de fidelidade desconhecida com um conhecido e preciso (PEDIGO; RICE, 2009).

A precisão mede o grau de erro na estimativa feita e é, normalmente, expressa como uma porcentagem do erro padrão da média. Esse valor também é conhecido como Variação Relativa (VR). Com o VR como medida de precisão, um bom critério para a prática de MIP é a obtenção de valores inferiores ou, no máximo, 25%. Em caso de pesquisa valores menores que 10% são mais desejados (PEDIGO; RICE, 2009; SOUTHWOOD; HENDERSON, 2000).

Como último critério leva-se em conta o custo. A estimativa da população realizada com grande fidelidade e precisão são inúteis para o MIP se forem muito caras. Portanto, muita atenção deve ser dada aos custos em programas de amostragem sendo que, na recomendação final, os melhores projetos são aqueles que produzem a maior fidelidade e precisão com o menor custo (PEDIGO; RICE, 2009).

3 REFERÊNCIAS

AGROFIT. **Consulta de praga/doença:** dados da praga. Disponível em: <http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/>. Acesso em 30 jun. 2011.

ALENCAR, J. A. **Avaliação populacional de *Parisoschoenus obesulus* Casey (Coleoptera: Curculionidae) em pomares de coqueiro.** 2009. 74 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2009.

ANDREI, E. **Compêndio de defensivos Agrícolas.** 7 ed. São Paulo: Andrei Editora. 1141 p. 2005.

ANSCOMBE, F. J. Sampling Theory of the Negative Binomial and Logarithmic Series Distributions. **Biometrika**, v. 37, n. 3/4, p. 358-382, 1950.

BARBOSA, J. C. A amostragem sequencial. In: FERNANDES, O. A.; CORREIA, A. C. B.; BERTOLI, S. A. (Ed.). **Manejo integrado de pragas e nematóides.** Jaboticabal: FUNEP, 1992. p. 205-211.

BIANCO, R. **Construção e validação de planos de amostragem para o manejo da lagarta do cartucho *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) na cultura do milho.** 1995. 103 f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1995.

BRUCE, T. J. A.; PICKETT, J. A.; SMART, L. E. *Cis*-jasmone switches on plant defense against insects. **Pesticide Outlook**, v. 14, n. 3, p. 96-98. 2003.

CAPINERA, J. L. **Encyclopedia of entomology.** 2 ed., v. 1-4. Netherlands: Springer. 4346p. 2008.

CARVALHO, R. O. **Resistência de genótipos de feijão-caupi ao pulgão preto, cigarrinha-verde, manhoso e caruncho.** 2009. 43 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, 2009.

CONAB. **Produção brasileira de grãos.** Disponível em: <www.conab.com.br> Acesso em: 12. mai. 2011.

COOPER, W. R.; GOGGIN, F. L. Effects of jasmonate-induced defenses in tomato on the potato aphid, *Macrosiphum euphorbiae*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 115, p. 107-115. 2005.

CREELMAN, R. A.; MULLET, J. E. Biosynthesis and action of jasmonates in plants. **Annual Review Plant Physiology**, v. 48, p. 355-381. 1997.

CROTEAU, R.; KUTCHAN, T. M.; LEWIS, N. G. Natural products (Secondary metabolites). In: BUCHANAN, B.; GRUISSEM, W.; JONES, R. (Eds.) **Biochemistry & Molecular Biology of Plants**. Rockville: American Society of Plant Physiologists, 2000. Cap. 24, 1250-1318.

CROZIER, A.; KAMIYA, Y.; BISHOP, G.; YOKOTA, T. Biosynthesis of hormones and elicitor molecules. In: BUCHANAN, B.; GRUISSEM, W.; JONES, R. (Eds.) **Biochemistry & Molecular Biology of Plants**. Rockville: American Society of Plant Physiologists, 2000. Cap. 17, 850-929.

DURRANT, W. E.; DONG, X. Systemic acquired resistance. **Annual Review of Phytopathology**, v. 42, p. 185-209, 2004

EHLERS, J. D.; HALL, A. E. Cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.). **Fiel Crops Research**, v. 53, p. 187-204. 1997.

ELLIOTT, N. C.; KIECKHEFER, R. W.; WALGENBACH, D. D. Binomial sequential sampling methods for cereal aphids in small grains. **Journal of Economic Entomology**, v. 83, n. 4, p. 1381-1387, 1990.

FAO. **Integrated Pest Management**. Disponível em: < <http://www.fao.org/agriculture/crops/core-themes/theme/pests/ipm/en/>. Acesso em: 30 ago. 2011.

FARIAS, P. R. S.; BARBOSA, J. C.; BUSOLI, A. C. Distribuição espacial da lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), na cultura do milho. **Neotropical Entomology**, v. 30, n. 4, p. 681-689, 2001.

FARMER, E. E.; RYAN, C. A. Interplant communication: Airborne methyl jasmonate induces synthesis of proteinase inhibitors in plant leaves. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 87, p. 7713-7716, out. 1990.

FERNANDES, M. G.; BUSOLI, A. C.; BARBOSA, J. C. Distribuição espacial de *Alabama argilacea* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) em algodoeiro. **Neotropical Entomology**, v. 32, n. 1, p. 107-115, 2003.

FERREIRA NETO, J. R. C.; ROCHA, M. M.; FREIRE FILHO, F. R.; SILVA, S. M. S.; LOPES, A. C. A.; FRANCO, L. J. D. Composição química dos grãos secos em genótipos de feijão-caupi. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO CAUPI, 1., 2006, Teresina. **Anais...** Embrapa Meio-Norte, 121 p. 2006.

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; BARRETO, P. D.; SANTOS, A. A. Melhoramento genético. In: FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. A.; RIBEIRO, V. Q. (Ed.) **Feijão-caupi: avanços tecnológicos**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. p. 529-92

FREIRE FILHO, F. R.; ROCHA, M. M.; SILVA, K. J. D.; RIBEIRO, V. Q.; NOGUEIRA, M. S. R. Feijão-caupi: melhoramento genético, resultados e perspectivas. In: VIDAL NETO, F. C.; BERTINI, C. H. C. M.; ARAGÃO, F. A. S.; CAVALCANTI, J. J. V. (Ed.) **O melhoramento genético no contexto atual**. 2009. p. 25-59.

FRIEDMAN, M. Potato glycoalkaloids and metabolites: roles in the plant and in the diet, **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 54, n. 23, p. 8655–8681, 2006.

FROTA, A. B.; PEREIRA, P. R. Caracterização da produção de feijão caupi na região Meio Norte do Brasil. In: CARDOSO, M.J. (Org.). **A cultura do feijão caupi no Meio-Norte do Brasil**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2000. cap. 1, p.9-45.

FROTA, K. M. G.; MORGANO, M. A.; SILVA, M. G.; ARAÚJO, M. A. M.; MOREIRA-ARAÚJO, R. S. R. Utilização da farinha de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp) na elaboração de produtos de panificação. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, suplemento 1. 2010.

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R. P. L.; BAPTISTA, G. C.; BERTI FILHO, E.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; ALVES, S. B.; VENDRAMIM, J. D.; MARCHINI, L. C.; LOPES, J. R. S.; OMOTO, C. **Entomologia agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 920 p.

GILES, K. L.; ROYER, T. A.; ELLIOTT, N. C.; KINDLER, S. D. Development and validation of a binomial sequential sampling plan for the greenbug (Homoptera: Aphididae) infesting winter wheat in the southern plains. **Journal of Economic Entomology**, v. 93, n. 5, p. 1522-1530, 2000.

HALL A. E. Breeding for adaptation to drought and heat in cowpea. **European Journal of Agronomy**, v. 21, p. 447-454, 2004.

HALL, A. E.; CISSE, N; THIAW, S.; ELAWAD, H. O. A.; EHLERS, J. D.; ISMAIL, A. M.; FERY, R. L.; ROBERTS, P. A.; KITCH, L. W.; MURDOCK, L. L.; BOUKAR, O.; PHILLIPS, R. D.; MCWATTERS, K. H. Development of cowpea cultivars and germplasm by the Bean/Cowpea CRSP. **Field Crops Research**, v. 82, n. 2-3, p. 103-134, 2003.

HARBORNE, J. B. **Introduction to ecological biochemistry**. 4.ed. Londres: Elsevier, 1993. 318 p.

HERMS, D. A; MATTSON, W. J. The dilemma of plants: to grow or defend. **The Quarterly Review of Biology**, v. 67, n. 3, p. 283-335, 1992.

HERRERA J. M. Primera experiencia a nivel mundial del Manejo Integrado de Plagas: el caso del algodón en el Perú. **Revista Peruana de Entomología**, v. 46, n.1, p. 1-8, 2010

HUNTER, M. D. A breath of fresh air: beyond laboratory studies of plant volatile-natural enemy interaction. **Agricultural and Forest Entomology**, v. 4, n. 81-86, 2002.

IQBAL, A.; KHALIL, I. A.; ATEEQ, N.; KHAN, M. S. Nutritional quality of important food legumes. **Food Chemistry**, v. 97, n. 2, p. 331–335, 2006

KASPEQ, B. V. **Side effects guide neveneffectenginds**. Holanda: Koppert, sem data. 50p.

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

LARA, F. M. **Princípios de resistência de plantas aos insetos**. São Paulo: Ícone, 1991. 336 p.

LIMA, M. P. L.; OLIVEIRA, J. V.; BARROS, R.; TORRES, J. B.; GONÇALVES, M. E. C. Estabilidade da resistência de genótipos de caupi a *Callosobruchus maculatus* (Fabr.) em gerações sucessivas. **Scientia Agrícola**, v. 59, n. 2, p. 275-280, 2001.

MACEDO, L. P. M; CUNHA, U. S.; VENDRAMIM, J. D. Gossipol: fator de resistência a insetos-praga. **Campo Digital**, v. 2, n.1, p. 34-42, 2007.

MEAUX, J.; MITCHELL-OLDS, T. Evolution of plant resistance at the molecular level: ecological context of species interactions. **Heredity**, v. 91, p. 345-352, 2003.

MELO, E. P.; FERNANDES, M. G.; DEGRANDE, P. E.; CESSA, R. M. A.; SALOMÃO, J. L.; NOGUEIRA, R. F. Distribuição espacial de plantas infestadas por *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) na cultura do milho. **Neotropical Entomology**, v. 35, n. 5, p. 689-697, 2006.

MORAES, J. G. L.; BLEICHER, E. Preferência do pulgão-preto, *Aphis craccivora* Koch, a diferentes genótipos de feijão-de-corda, *Vigna unguiculata* (L.) Walp. **Ciência Rural**, v. 37, n. 6, p.1554-1557, 2007.

MORAES, J. G. L.; VIEIRA, F. V.; COSTA, J. V. T. A. Suscetibilidade de genótipos de feijão-caupi ao ataque do manhoso. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO CAUPI, 1., 2006, Teresina. **Anais...** Embrapa Meio-Norte, 121 p. 2006.

MORAES, J. G. L.; VIEIRA, F. V.; CYSNE, A. Q. Resistência de genótipos de feijão-caupi ao ataque da cigarrinha-verde. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO CAUPI, 1., 2006, Teresina. **Anais...** Embrapa Meio-Norte, 121 p. 2006.

OEPM. Oficina Española de Patentes y Marcas (Espanha). Alastair James Hick; John Anthony Pickett; Lester John Wadhams; Johnathan Andrew Napier. *Cis-jasmona* como sustancia semioquímica. ES 2 236 021 T3, 16 julho 2005.

OLIVEIRA JÚNIOR, J. D. L.; MEDEIROS, R. D.; SILVA, P. R. V. P.; SMIDERLE, O. J.; MOURÃO JÚNIOR, M. **Técnicas de manejo para o cultivo do caupi em Roraima**. Roraima: Embrapa Roraima. 2002. 18 p. (Circular Técnica 3)

OLIVEIRA, J. N. **Resistência de genótipos de algodoeiro a *Aphis gossypii* Glover, 1877 (Hemiptera: Aphididae), e indução de resistência por *cis-jasmona***. 2009. 93 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2009.

PEARCE, G.; STRYDOM, D.; JOHNSON, S. RYAN, C. A. A polypeptide from tomato leaves induces wound-inducible proteinase inhibitor proteins. **Science**, v. 253, p. 895-898. 1991.

PEDIGO, L. P.; RICE, M. E. **Entomology and pest management**. 6.ed. New Jersey: Pearson Prentice Hall, 2009. 784 p.

PEREIRA, M. F. A.; BOIÇA JÚNIOR, A. L.; BARBOSA, J. C. Distribuição especial de *Bemisia tabaci* (Genn.) biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae) em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Neotropical Entomology**, v. 33, n. 4, p. 493-498, 2004.

PICKETT, J. A.; BIRKETT, M. A.; BRUCE, T. J. A.; CHAMBERLAIN, K.; GORDON-WEEKS, R.; MATTHES, M. C.; MORAES, C. B.; NAPIER, J. A.; SMART, L. E.; WADHAMS, L. J.; WOODCOCK, C. M. *cis-jasmone* as an allelopathic agent through plant defence induction. **Pesticide Outlook**, v.14, p.96-98. 2005.

RAHMANI, H.; FATHIPOUR, Y.; KAMALI, K. Spatial distribution and seasonal activity of *Panonychus ulmi* (Acari: Tetranychidae) and its predator *Zetzelia mali* (Acari: Stigmaeidae) in apple orchards of Zanzan, Iran. **Journal of Agricultural Science and Technology**, v. 12, p. 155-165, 2010.

RENWICK, J. A. A. The chemical world of crucivores: lures, treats and traps. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 104, n. 1, p. 3542, 2002.

RIBEIRO, B. M.; MAGALHÃES, L. C; GUEDES, R. N. C. Níveis de resistência a inseticidas organo-fosforados em populações de *Leucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville) (Lepidoptera: Lyonetiidae) de Minas Gerais. **Bioscience Journal**., v. 19, n. 2, p. 73-77., 2003.

RIBEIRO, R. D. **Distribuição espacial e plano de amostragem sequencial para o monitoramento do pulgão-gigante-do-pinus, *Cinara atlântica* (Wilson, 1919) (Hemiptera: Aphididae: Lachninae), e do seu parasitóide *Xenostigmus bifasciatus* (Ashmead, 1891) (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae) em plantios de *Pinus taeda* L. (Pinaceae).** 2007. 137 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

RUESINK, W. G. Introduction to sampling theory. In: KOGAN, M.; HERZOG, D. C. (Ed.). **Sampling methods in soybean entomology**. New York: Springer Verlag, 1980. p. 61-78.

SANTOS, J. H. R.; QUINDERÉ, M. A. W. Distribuição, importância e manejo das pragas do caupi no Brasil. In: ARAÚJO, J. P. P.; WATT, E. E. (Org.) **O Caupi no Brasil**. Brasília: IITA/EMBRAPA, 1988. cap. 21, p. 605-658.

SHULAEV, V; SILVERMAN, P; RASKIN, I. Airborne signalling by methyl salicylate in plant pathogen resistance. **Nature**, v. 385, p. 718-721. 1997.

SILVA, J. F. **Resistência de genótipos de *Vigna unguiculata* (L.) Walp à *Aphis craccivora* Koch e *Crinoceris sanctus* Fabricius.** 2008. 67 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Centro de Ciências agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2008.

SINGH, S. R. Cowpea cultivars resistant to insect pests in world germplasm collection. **Tropical Grain Legume Bulletin**, v. 9, p. 1-7, 1977.

SINGH, S. R. Host plant resistance for cowpea insect pest management. **Insect Science and Its Application**, v. 8, p. 765-769. 1987.

SOARES, W.; ALMEIDA, R. M. V. R.; MORO, S. Trabalho rural e fatores de risco associados ao regime de uso de agrotóxicos em Minas Gerais, Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, v.19, n. 4, p. 1117-1127, 2003.

SOUTHWOOD, T. R. E.; HENDERSON, P. A. **Ecological methods**. 3.Ed. Oxford: Blackwell Science. 2000. 575p.

STERN, V. M.; SMITH, R. F.; VAN DEN BOSCH, R.; HAGEN, K. S. The Integrated Control Concept. **Hilgardia**, v. 29, n. 2, p. 81-101, 1959.

TAIZ, L. ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.

TIMKO, M. P.; RUSHTON, P. J.; LAUDEMAN, T. W.; BOKOWIEC, M. T.; CHIPUMURO, E.; CHEUNG, F.; TOWN, C. D.; CHEN, X. F. Sequencing and analysis of the gene-rich space of cowpea. **BMC Genomics**, v. 9:n. 103, 2008.

TIMKO, M.P.; SINGH, B.B. Cowpea, a multifunctional legume. In: MOORE, P.H.; MING, R. (Ed.) **Genomics of tropical crop plants**. Springer: New York. 2008. p 227-257.

VAN DEN BOOM, C. E. M.; VAM BEEK, T.A.; POSTHUMUS, M. A.; GROOT A.; DICKE, M. Qualitative and quantitative variation among volatile profiles induced by feeding on plants from various families. **Journal of Chemical Ecology**, v. 30, n. 1, p. 69-89, 2004.

VIEIRA, M.E.Q.; COSTA, C.; SILVEIRA, A.C.; ARRIGONI M.D.B. Porcentagens de saponinas e taninos em vinte e oito cultivares de alfafa (*Medicago sativa* L.) em duas épocas de corte - Botucatu – SP. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 5,p. 1432-1438, 2001.

WANDER, A. L. Produção e consumo de feijão no Brasil, 1975-2005. **Informações Econômicas**, v. 37, n. 2, p. 7-21, 2007.

ZAHARIEVA, M.; MONNEVEUX, P.; HENRY, M.; RIVOAL, R.; VALKOUN, J.; NACHIT, M. M. Evaluation of a collection of wild wheat relative *Aegilops geniculata* Roth and identification of potential sources for useful traits. **Euphytica**, v. 119, n. 1, p. 33-38, 2001.

ZAMBOLIM, L.; JUNQUEIRA, N. T. V. Manejo integrado de doenças da mangueira. In: ROZANE, D. E.; DAREZZO, R. J.; AGUIAR, R. L.; AGUILERA, G. H. A.; ZAMBOLIM, L. (Ed.). **Manga: produção integrada, industrialização e comercialização**. Viçosa: UFV, 2004. p. 377-408.

CAPÍTULO II

DIVERGÊNCIA GENÉTICA DE GENÓTIPOS DE *Vigna unguiculata* (L.) Walp QUANTO A RESISTÊNCIA AO *Aphis craccivora* Koch, 1854

RESUMO

A resistência de plantas aos insetos pragas é uma alternativa de manejo que apresenta vantagens econômicas, ecológicas e sociais principalmente para pequenos produtores. Com objetivo de avaliar a resistência de genótipos de feijão de corda [*Vigna unguiculata* (L.) Walp] ao pulgão preto (*Aphis craccivora* Koch, 1854) e estudar a diversidade genética, foi conduzido um experimento com chance de escolha em casa de vegetação na Universidade Federal do Ceará. O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados com 51 tratamentos, representados pelos genótipos, e quatro repetições. Com os dados obtidos foi possível estimar as distâncias generalizadas de Mahalanobis. O agrupamento dos genótipos foi feito utilizando o método de otimização de Tocher. Foi realizado o estudo de importância dos caracteres de resistência ao pulgão. Os genótipos BRS Guariba, TVu 410, BRS Paraguaçu, TVu 36, Sempre Verde, TVu 408 P₂, Setentão e Epace 10 apresentam maior resistência ao pulgão. As maiores divergências encontradas foram entre o BRS Guariba e Sete Semanas e entre TVu 410 e Sete Semanas, enquanto o BRS Guariba e TVu 410 foram os mais similares. O caractere que mais contribui para a divergência é o número de ninfas. Foi observada a divisão dos genótipos em oito grupos. O cruzamento entre o genótipo Setentão e os genótipos BRS Guariba, TVu 410, BRS Paraguaçu, TVu 36, TVu 408 P₂ e entre o Epace 10 e o Sempre Verde, BRS Guariba e TVu 410 podem resultar em novas combinações genéticas visando o melhoramento da resistência ao pulgão.

Palavras chave: Feijão de corda. Pulgão preto. Preferência. Melhoramento vegetal

GENETIC DIVERGENCE OF *Vigna unguiculata* (L.) Walp GENOTYPES FOR RESISTANCE TO *Aphis craccivora* Koch, 1854

ABSTRACT

The plant resistance to insect pest is an alternative management that has economic, ecological and social advantages especially for small farmers. With the aim to evaluate cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp] genotypes resistance against the black aphid (*Aphis craccivora* Koch, 1854), and to study genetic diversity, free choice experiment was conducted in a greenhouse at the Universidade Federal do Ceará. The experimental design was randomized blocks with 51 treatments, represented by genotypes and four replications. With the data obtained it was possible to estimate the generalized Mahalanobis distances. The grouping of genotypes was done using the Tocher optimization method and the study was conducted in importance of characters of resistance to aphid. The genotypes BRS Guariba, TVu 410, BRS Paraguaçu TVu 36, Sempre Verde, TVu 408 P₂, Setentão, Epace 10 have greater resistance to black aphid. The largest differences were found between BRS Guariba and Sete Semanas, and between TVu 410 and Sete Semanas, while the BRS Guariba and TVu 410 were the most similar. The character that contributes most to the divergence is the number of nymphs. The division of the genotypes in eight groups was observed. The crosses among the genotype Setentão and the genotypes BRS Guariba, TVU 410, BRS Paraguaçu, TVu 36, TVu 408 P₂ and between Epace 10 and Sempre Verde, BRS Guariba and TVu 410 may result in new genetic combinations intended to improve the resistance to black aphid.

Key words: Cowpea. Black aphid. Preference. Plant breeding.

1 INTRODUÇÃO

1.1 O pulgão *Aphis craccivora* Koch, 1854

O pulgão preto do feijoeiro (*Aphis craccivora* Koch, 1854) é uma praga cosmopolita que utiliza como alimento várias espécies vegetais, especialmente Fabaceas (RAKHSHANI *et al.*, 2005).

Os adultos apresentam cor preta brilhante ou marrom escuro. São variáveis em tamanho, possuindo entre 1,5 a 2 mm de comprimento. As ninfas são ápteras de cor escura ou marrom clara com cera ao redor do corpo bastante arredondado. Este inseto passa por quatro instares antes de chegar à idade adulta, quando está em sua forma sexuada de reprodução. Assexuadamente as fêmeas dão a luz a progênies vivas (KALOSHIAN; WALLING, 2005; OBOPILE; OSITILE, 2010). O sistema reprodutivo partenogênético de um pulgão consiste de ovariolos (cujo número é determinado antes do nascimento) que contém, normalmente, vários embriões em diferentes estágios de desenvolvimento (TRAICEVSKI; WARD, 2002).

Quando ocorre o adensamento destes insetos na planta, ocasionando a redução na disponibilidade de alimento para aqueles, ou quando há uma mudança drástica na temperatura do ambiente, ocorre o surgimento de adultos alados responsáveis por colonizar outras áreas onde estão os seus hospedeiros, garantido a manutenção da espécie (OBOPILE; OSITILE, 2010). O pulgão apresenta o seu maior potencial de crescimento a 25 °C (BERG, 1984).

Os danos ao feijão de corda são causados tanto por adultos quanto por ninfas. Estes insetos causam danos econômicos significantes tanto direta quanto indiretamente. Os danos diretos são causados pela sucção de seiva, principalmente de ramos novos (Figura 1), flores (Figura 2), vagens (Figura 3) e folhas causando a morte das células produzindo deformações no tecido conhecidos como encarquilhamento. Já os indiretos ocorrem através da transmissão de vírus (Figura 4) como, por exemplo, o *Cowpea aphid borne mosaic virus* (CABMV) e o *Cucumber mosaic virus* (CMV) (OBOPILE, 2006; SILVA; CARNEIRO, QUINDERÉ, 2005). Eles também secretam uma substância açucarada conhecida como “honeydew” que geralmente favorece o desenvolvimento do fungo *Capnodium sp.*, comumente chamado de “fumagina”, nas folhas comprometendo a fotossíntese da planta (OMKAR *et al.*, 2005).



Figura 1 – Ramos de *Vigna unguiculata* infestados por *Aphis craccivora* (Foto: J.F. Silva)



Figura 2 – Flor de *Vigna unguiculata* infestada por *Aphis craccivora* (Foto: J.F. Silva)



Figura 3 – Vagem de *Vigna unguiculata* infestada por *Aphis craccivora* (Foto: J.F. Silva)



Figura 4 – Planta de *Vigna unguiculata* apresentando sintomas causados pelo vírus do mosaico do feijão caupi [CABMV] (Foto: J.F. Silva)

Para reduzir ou, até mesmo, evitar os danos provocados por esta praga tem-se buscado formas de controle sendo que dentre estes se destacam o químico, o biológico (RAKSHANE *et al.*, 2005) e o uso de plantas resistentes (HALL *et al.*, 2003; OBOPILE; OSITILE, 2010).

1.2 Resistência genética de plantas aos insetos

A resistência de plantas aos insetos é um fenômeno natural baseado nos mecanismos de autodefesa das plantas que foi resultado da coevolução entre estas e os insetos e é de grande importância para a sua coexistência. Durante o processo de domesticação alguns importantes recursos de resistência podem ter sido inadvertidamente removidos das plantas pelos melhoristas, aumentando sua susceptibilidade (CAPINERA, 2008).

Painter (1968) define resistência de plantas aos insetos como sendo a quantidade relativa de qualidades hereditárias que uma planta possui que influencia o grau máximo de dano feito pelo inseto. Este tem sido o principal conceito utilizado uma vez que o autor é citado como um dos primeiros a explorar cientificamente a resistência de plantas aos insetos.

Já Gullan e Cranston (2007) definem resistência vegetal a insetos como sendo as qualidades genéticas herdadas que resultam em uma planta ser menos danificada do que outra, que é suscetível, e que está sujeita às mesmas condições, mas não possui estas qualidades. Esta definição é semelhante à de Painter (1968), entretanto os autores adicionam o fator comparação entre as plantas resistentes e suscetíveis já que, entre outras características, a resistência vegetal é um conceito relativo (LARA, 1991), uma vez que as variações temporais e espaciais no ambiente influenciam sua expressão e/ou efetividade (GULLAN; CRANSTON, 2007).

Já para Capinera (2008), resistência de plantas aos insetos é definida como qualquer redução na aceitação dos insetos pela planta, na taxa de crescimento da população da praga, ou nos danos causado por estas, devido aos mecanismos de autodefesa herdados pela planta. O autor utiliza o conceito de Nível de Dano Econômico (NDE), utilizado no Manejo Integrado de Pragas (MIP), como forma de classificar uma planta nos níveis de resistência. Desta forma a planta é considerada resistente se o NDE causado pelo inseto não for atingido até o fim da época de produção. Se o NDE é atingido durante a época de colheita a planta é considerada de resistência intermediária. Se o NDE é atingido mesmo antes do início da época

de produção das culturas as plantas são consideradas suscetíveis. Tomando como exemplo o *A. craccivora* que é um inseto que possui o seu período crítico até 35 dias após a emergência das plântulas (SANTOS; QUINDERÉ, 1988) seria necessário que o mesmo não atingisse o NDE neste período mesmo longe do final da produção como está na definição.

Dentre os aspectos da resistência pode-se destacar a sua **relatividade**, ou seja, é necessária a comparação entre duas ou mais plantas; sua **hereditariedade**, pois como se trata de uma característica genética, as progênies de uma planta resistente devem se comportar da mesma maneira quando testadas nas mesmas condições em que a resistência se revelou; e sua **repetibilidade**, assim todas as vezes que se testar a variedade resistente em comparação com as mesmas outras variedades testadas, tidas como susceptíveis, a resistência deverá manifestar-se (LARA, 1991).

O uso da resistência genética às pragas é importante porque ela pode aumentar a produtividade, a qualidade dos produtos agrícolas e manter as boas condições ambientais, bem como diminuir os custos com a entrada de insumos, neste caso os pesticidas, aumentando os lucros (HALL *et al.*, 2003).

Mesmo com essa importância, pouco é conhecido sobre o efeito direto do pulgão preto sobre as cultivares de feijão de corda existentes tornando-se necessária a avaliação de germoplasma frente à população do afídeo no Brasil (MORAES; BLEICHER, 2007).

1.3 Resistência do feijão de corda ao pulgão preto do feijoeiro

No feijão de corda a natureza e o nível de resistência têm sido extensivamente estudados principalmente nos países da África e nos Estados Unidos da América onde o pulgão é uma praga severa do feijão de corda em suas regiões sahelianas e de savana (HALL *et al.*, 2003).

Os genótipos Tropical *Vigna unguiculata* (TVu) 310, TVu 801, TVu 408 P₂ e TVu 3000, avaliados na Nigéria, parecem ser quase imunes à infestação por *A. craccivora*, pois a fecundidade de cinco pulgões dez dias após a infestação nestes foi zero comparada com as linhas susceptíveis, que aumentaram para 300 indivíduos, resultando na morte dessas plantas (SINGH, 1987).

Em Botswana, África, a variedade IT835-720-20 apresentou alta resistência ao pulgão preto do feijoeiro quando comparado às variedades Blackeye, B005-C, INIA-37 e

TVX 3671-14C-OID. Naquela variedade resistente os insetos apresentaram menor fecundidade, sobrevivência e taxa de desempenho quando comparada com a variedade susceptível Blackeye. O aumento no período pré-reprodutivo e a redução no desempenho reprodutivo levaram os autores a sugerir a antibiose como forma de resistência (OBOPILE; OSITILE, 2010).

Em experimentos conduzidos no Nordeste brasileiro, em casa de vegetação, as cultivares Epace 10 e Patativa foram as menos preferidas pelo pulgão quando comparadas com as cultivares Epace 11, Pitiúba e Pingo de Ouro (MORAES; BLEICHER, 2007). Em um segundo experimento os mesmos autores concluíram que as cultivares BR-12 Canindé, BR-17 Gurgueia, BR-14 Mulato e BR-10 Piauí não diferiram da cultivar suscetível Pitiúba sendo que os autores recomendam essa cultivar como padrão de susceptibilidade.

Silva e Bleicher (2010) avaliaram 20 genótipos de feijão de corda em experimento com e sem chance de escolha para o pulgão, e observaram que os genótipos TVu 408 P₂, TVu 410, TVu 36 e TVu 1037 foram os menos preferidos pelo pulgão enquanto o genótipo mais atacado foi o CE-96. A possível causa de resistência apontada pelos autores é a antibiose.

Ofuya (1993) avaliou, em condições de campo, doze genótipos de feijão de corda em duas fases de crescimento quanto à resistência a *A. craccivora*. Neste experimento os genótipos IT84S-2231-15 e Vita 7 apresentaram uma alta infestação por pulgões na fase de plântula ao contrário dos genótipos TVu 3000, TVu 801 e TVu 408 P₂ que tiveram uma baixa infestação. Quando a planta atingiu a fase de vagens jovens o genótipo TVu 9930 não apresentou pulgões em suas vagens durante as duas semanas de avaliação e juntamente com o TVu 36 foram os menos infestados. Por outro lado, os genótipos IT84S-2231-15, Ife Brow e Vita 7 apresentaram um alto número de pulgão em suas vagens. Já em condição de casa de vegetação, seis dias após a infestação com pulgões ápteros o autor verificou, na fase de plântula, um número muito baixo de ninfas nos genótipos TVu 3000 e TVu 810 e um número alto nos genótipos Vita 7 e Ife Brow este que inclusive apresentou o maior número de ninfas. Os pulgões não se reproduziram nas vagens do genótipo TVu 9930. O genótipo TVu 36 apresentou, também, um baixo número de ninfas em suas vagens não diferindo estatisticamente do TVu 9930.

1.4 Diversidade genética

O estudo da diversidade das populações é de grande proveito na identificação de progenitores divergentes, pois tem o objetivo de identificar as combinações híbridas de maior efeito heterótico e maior heterozigose, de tal forma que, em suas gerações segregantes, se tenha maior possibilidade de recuperação de genótipos superiores. Na predição da divergência genética, vários métodos multivariados podem ser aplicados. Dentre eles, citam-se a análise por componentes principais, por variáveis canônicas e os métodos aglomerativos. Os métodos aglomerativos diferem dos demais, em razão de dependerem fundamentalmente de medidas de dissimilaridade estimadas previamente, como a distância Euclidiana ou a distância generalizada de Mahalanobis, dentre outras. Já nos métodos dos componentes principais, e também no da análise canônica, o objetivo é avaliar a similaridade dos progenitores por intermédio de uma dispersão gráfica, em que se consideram, em geral, dois eixos cartesianos (CRUZ; REGAZZI, 2001; OLIVEIRA *et al.*, 2003).

No estudo da divergência genética destinada à identificação de progenitores para hibridação, tem sido de uso mais rotineiro a distância Euclidiana média ou a distância generalizada de Mahalanobis, sendo esta última preferida por ter a vantagem, em relação a distância Euclidiana, de levar em consideração a correlação entre os caracteres considerados (CRUZ; REGAZZI, 2001).

Nos métodos de otimização realiza-se a partição do conjunto de progenitores em sub-grupos não vazios e mutuamente exclusivos por meio da maximização ou minimização de alguma medida preestabelecida. Um dos métodos de otimização mais comumente empregado no melhoramento genético é o proposto por Tocher. Neste método adota-se o critério de que a média das medidas de dissimilaridade dentro de cada grupo deve ser menor que as distâncias médias entre quaisquer grupos. O método requer a obtenção da matriz de dissimilaridade, sobre a qual é identificado o par de progenitores mais similar. Estes progenitores formarão o grupo inicial. A partir daí é avaliada a possibilidade de inclusão de novos progenitores, adotando-se o critério anteriormente citado (CRUZ; REGAZZI, 2001).

Vários ensaios, com diferentes espécies, têm sido realizados para examinar a diversidade genética a várias características relacionadas geralmente a qualidade e características de produção (DIAS; SILVA; BERTINI, 2009; OLIVEIRA *et al.*, 2003; RIBEIRO *et al.*, 2005), mas poucos trabalhos tem sido realizados para o estudo da resistência natural a insetos pragas, principalmente em feijão de corda.

Suinaga *et al.* (2003) avaliaram dez genótipos de *Lycopersicon* spp. por meio de procedimentos multivariados quanto a resistência a Traça do Tomateiro [*Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera: Gelechiidae)] e encontraram a máxima distância generalizada de Mahalanobis entre os genótipos Ângela e PI 126445 e mínima entre Ângela e IPA-5. Quanto à resistência a traça foram recomendadas as combinações híbridas entre Ângela x LA 1777, IPA-5 x LA 1777, Santa Clara x L/a 1777, TX 401-08 x LA 1777 e Ângela x PI 126445.

Souza *et al.* (2009) estudaram a divergência genética de 16 cultivares de arroz quanto a resistência ao percevejo do colmo [*Tibraca limbativentris* Stål (Hemiptera: Pentatomidae)] em casa de vegetação. Neste ensaio as cultivares mais dissimilares foram o Bico Ganga e Marabá Branco estes considerados mais promissores para utilização em cruzamentos para a obtenção de híbridos superiores quanto a resistência a esta praga. As cultivares mais similares foram Agulha e Branco Tardão.

Assim, objetivou-se neste trabalho analisar 51 genótipos de feijão de corda quanto à resistência ao pulgão preto do feijoeiro e avaliar a divergência genética entre eles por meio de técnicas multivariadas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local e período

O experimento foi conduzido em casa de vegetação instalada no Campus do Pici, pertencente à Universidade Federal do Ceará, no município de Fortaleza, localizada a 3° 40,405' de latitude sul e 38° 34,534' de longitude oeste a uma altitude 12 m do nível do mar. A casa de vegetação é coberta com plástico de 200 micras de espessura tratado contra raios ultravioleta.

O período de condução do experimento foi de 15 de agosto a nove de outubro de 2009. As temperaturas máximas e mínimas média no local foram de 31,71 °C ± 0,63 e 25,32 °C ± 0,67, respectivamente. A umidade máxima média foi de 77,33% ± 2,24 e a mínima média foi de 57,11% ± 4,65.

2.2 Montagem e condução

A semeadura foi realizada em vasos descartáveis de poliestireno de 300 mL contendo substrato constituído de areia peneirada, húmus de minhoca e vermiculita na proporção de 6:3:1, respectivamente. Foram semeadas duas sementes por vaso e posteriormente foi feito o desbaste deixando apenas uma planta. Cada vaso foi identificado com um número de campo (NC) para identificação correta do genótipo e para facilitar o processo de avaliação (Figura 5).

O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados com 51 tratamentos e quatro repetições. Os genótipos utilizados, considerados como tratamentos, estão listados na tabela 1. Os genótipos de número entre um e 27 são plantas de porte ereto e ciclo curto, tendo sido utilizadas em estudos de divergência genética, para características de produção, por Dias, Silva e Bertini (2009) e fazem parte do Banco Ativo de Germoplasma da Universidade Federal do Ceará. Os genótipos de números entre 28 e 36 e entre 46 e 50 são cultivares utilizadas localmente no estado do Ceará. Já as compreendidas entre os números 37 e 41 são cultivares desenvolvidas pela Embrapa e as compreendidas entre os números 42 e 45 são

provenientes do banco de germoplasma do IITA. A cultivar, Vita 7, é amplamente utilizada em experimentos desta natureza.



Figura 5 - Detalhe da identificação do vaso com o número de campo (Foto: J.F. Silva).

Tabela 1 – Lista dos genótipos avaliados no experimento de resistência e divergência genética. Fortaleza, 2011.

NC	GENÓTIPOS	NC	GENÓTIPOS
1	Milagroso	27	MNC03-720-11
2	Rouxinho-1	28	Sempre verde
3	58.185	29	Setentão
4	Rouxinho-2	30	Epace 10
5	Burgandy Cowpea	31	Pitiuba
6	7917-Dixie hee	32	Aparecido UFC
7	Purple KNUCKIE Hull-55	33	Frade Preto
8	CNCx 251-60E	34	Paulistinha
9	ER-7	35	Inhunmã
10	CNCx 251-11E	36	Lisão CE
11	CNCx 251-76E	37	BRS Gurguéia
12	TVx 4662-07F	38	BRS Marataoã
13	BR9 – Longá	39	BRS Guariba
14	CB – 3	40	BRS Paraguaçu
15	CB – 27	41	BRS Rouxinol
16	IT 870-611-3	42	TVu 36
17	IT82D – 60	43	TVu 410
18	AU94-418-07-01	44	TVu 1037
19	UCR-95-701	45	TVu 408 P ₂
20	IT87D-611-3	46	Maranhão
21	MNC 03-720C-11	47	Chumbinho
22	MNC-00-5190-1-1-5	48	Jatobá
23	MNC-00-553-D-81-2-3	49	Sete semanas
24	MNC01-627D-65-1	50	Manteiguinha
25	IT91K-118-2	51	Vita 7
26	IT93-10-93		

NC: Número de campo.

Em função do tempo necessário para as avaliações, devido ao elevado número de genótipos, as sementeiras foram escalonadas no tempo, formando assim os blocos que foram conduzidos individualmente. Cada parcela, ou unidade experimental, consistiu de uma planta em um copo (Figura 6). Os blocos foram arranjados em gaiolas de 1,0 m de largura por 1,0 m de comprimento de 0,50 m de altura evitando a entrada de outros insetos e inimigos naturais (Figura 7). Neste experimento os pulgões tinham a oportunidade de se locomoverem entre os diversos genótipos avaliados o que caracteriza um experimento com chance de escolha.

As plantas foram infestadas após quinze dias da sementeira com cinco pulgões fêmeas, adultas, ápteras e de coloração preta brilhante, provenientes da criação mantida na própria universidade. Após dois dias da infestação foram contados e retirados os adultos que estavam na planta e depois de quatro dias da infestação foram mensurado o número de ninfas em cada genótipo. Com estes dados foi obtida a relação do número de ninfas pelo número inicial de adultos (NIA) dispostos em cada planta, variável esta que foi denominada de “Relação Ninfas/NIA”. Dessa forma, as seguintes variáveis foram utilizadas na avaliação da resistência desses genótipos ao pulgão preto: Número de Adultos, Número de Ninfas e Relação Ninfas/NIA.



Figura 6 - Plantas de feijão de corda no período em que foram infestadas (Foto: J.F. Silva)



Figura 7 - Gaiola utilizada no experimento para o arranjo dos blocos e proteção contra inimigos naturais (Foto: J.F. Silva).

2.3 Análises estatísticas

2.3.1 Análise univariada

Os dados das variáveis foram transformados em $\sqrt{x + 0,5}$ e então submetidos à análise de variância. As médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Para a análise e formação de grupos entre os tratamentos foi utilizada a associação entre o índice de classificação, ou ranques, proposto por Mulamba e Mock (1978) e o teste de Scott-Knott. Para isso, foi utilizada a metodologia sugerida por Silva, Pinto e Lambert (2003) onde, utilizando os dados em nível de parcela, foi aplicado o índice de soma de postos de Mulamba e Mock em relação a cada uma das três variáveis dentro de cada repetição. Assim, o índice de Mulamba e Mock passou a ser considerado como um novo caráter, sendo testado

estatisticamente através da análise de variância e as médias comparadas através do teste de comparação múltiplas de Scott-Knott.

2.3.2 Análise multivariada

A distância generalizada de Mahalanobis (D^2) foi utilizada como medida de dissimilaridade genética e a técnica utilizada para o agrupamento dos genótipos foi o método de otimização de Tocher cujos cálculos foram baseados na distância D^2 admitindo-se que a médias das distâncias intragrupos deve ser menor que as distâncias intergrupos (CRUZ; REGAZZI, 2001). Para estimar a distância generalizada de Mahalanobis, as médias de todas as variáveis de cada genótipo foram calculadas, e, posteriormente, foi estabelecida a matriz de covariância residual, a matriz de transformação de dados, a variância das variáveis transformadas e as médias das variáveis não correlacionadas.

Além destas análises, também foram efetuadas os seguintes passos: investigação da contribuição relativa de cada variável para a divergência genética entre os genótipos, estimativa da maior e menor distâncias entre cada cultivar e a estimativa das distâncias médias intergrupos correspondentes aos grupos formados.

Para todas as análises, tanto univariada como multivariada, foi utilizado o programa GENES (CRUZ, 2006).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Análise univariada

Na Tabela 2 são apresentados os resultados da análise de variância referentes às variáveis: Número de Adultos, Número de Ninfas e Relação Ninfas/Número Inicial de Adultos (NIA) de 51 genótipos de feijão de corda em um experimento com chance de escolha. Observou-se que o teste F foi significativo para todas as variáveis analisadas indicando diferença entre estes genótipos quanto à preferência do pulgão preto do feijoeiro.

Tabela 2 – Análise de variância referente ao Número de Adultos, Número de Ninfas e Relação Ninfas/NIA de *Aphis craccivora* Koch, 1854, em cinquenta e um genótipos de *Vigna unguiculata* (L.) Walp em experimento de preferência com chance de escolha. Fortaleza, 2011.

Fontes de variação	G.L.	Quadrado médio/Variáveis		
		Adultos	Ninfas	Ninfas/NIA
Genótipos	50	1,1616 **	26,7678 **	122,9659 **
Blocos	3	0,5483	63,4182	536,9633
Resíduo	150	0,1216	2,3008	18,2175
C.V. (%)	18,77		23,24	41,62
Média	1,86		6,53	10,26

** : Significativo a 1% de probabilidade no teste F. G.L.: Graus de liberdade. NIA.: Número inicial de adultos

As médias foram então submetidas ao teste de Skott-Knott para a separação dos genótipos. Houve a divisão dos genótipos em quatro grupos quanto à preferência de adultos e em três grupos quanto ao Número de Ninfas e Relação Ninfas/NIA (Tabela 3).

Os genótipos BRS Guariba, BRS Paraguaçu, TVu 410, Sempre Verde, Setentão, TVu 36 e TVu 408 P₂ foram os menos preferidos pelos adultos de *A. craccivora* e, juntamente com o Epace 10, foram os menos preferidos pelas ninfas e apresentaram maior resistência quando observada a Relação Ninfas/NIA. O MNC01-627D-65-1 apresentou resistência apenas na Relação Ninfas/NIA.

Tabela 3 – Médias e média geral referentes ao Número de Adultos, Número de Ninfas e Relação Ninfas/NIA de *Aphis craccivora* Koch, 1854, em cinquenta e um genótipos de *Vigna unguiculata* (L.) Walp em experimento de preferência com chance de escolha. Fortaleza, 2011.

NC	Genótipo	Adultos ¹	Ninfas ¹	Ninfas/NIA ¹
39	BRS Guariba	0,00 a	0,50 a	0,10 a
40	BRS Paraguaçu	0,00 a	0,75 a	0,15 a
43	TVu 410	0,00 a	0,50 a	0,10 a
28	Sempre verde	0,25 a	4,25 a	0,85 a
29	Setentão	0,25 a	6,00 a	1,20 a
42	TVu 36	0,25 a	0,75 a	0,15 a
45	TVu 408 P ₂	0,50 a	2,75 a	0,55 a
24	MNC01-627D-65-1	1,25 b	16,00 b	3,20 a
44	TVu 1037	1,25 b	23,00 b	4,60 b
30	Epace 10	1,50 b	5,75 a	1,15 a
50	Manteiguinha	1,50 b	30,50 c	6,10 b
21	MNC 03-720C-11	2,00 b	29,25 c	5,85 b
36	Lisão CE	2,00 b	35,00 c	7,00 b
22	MNC-00-5190-1-1-5	2,25 c	18,00 b	3,60 a
27	MNC03-720-11	2,25 c	40,50 c	8,10 b
7	Purple KNUCKIE Hull-55	2,50 c	38,75 c	7,75 b
33	Frade Preto	2,50 c	47,75 c	9,55 c
12	TVx 4662-07F	2,75 c	53,50 c	10,70 c
31	Pitiuba	3,00 c	54,25 c	10,85 c
13	BR9 – Longá	3,25 c	46,75 c	9,35 c
16	IT 870-611-3	3,50 c	40,25 c	8,05 b
41	BRS Rouxinol	3,50 c	54,00 c	10,80 c
9	ER-7	3,75 d	68,75 d	13,75 c
1	Milagroso	4,00 d	55,25 d	11,05 c
3	58,185	4,00 d	77,25 d	15,45 c
5	Burgandy Cowpea	4,00 d	65,00 d	13,00 c
32	Aparecido UFC	4,00 d	60,25 d	12,05 c
34	Paulistinha	4,00 d	79,75 d	15,95 c
38	BRS Marataoã	4,00 d	47,25 c	9,45 c
48	Jatobá	4,00 d	62,50 d	12,50 c
8	CNCx 251-60E	4,25 d	64,25 d	12,85 c
11	CNCx 251-76E	4,25 d	64,50 d	12,90 c
2	Rouxinho-1	4,50 d	91,50 d	18,30 c
19	UCR-95-701	4,50 d	79,00 d	15,80 c
20	IT87D-611-3	4,50 d	73,00 d	14,60 c
25	IT91K-118-2	4,50 d	67,00 d	13,40 c
35	Inhunmã	4,50 d	59,50 d	11,90 c
46	Maranhão	4,50 d	81,25 d	16,25 c
47	Chumbinho	4,50 d	60,00 d	12,00 c
4	Rouxinho-2	4,75 d	71,75 d	14,35 c
17	IT82D – 60	4,75 d	75,50 d	15,10 c
37	BRS Gurguéia	4,75 d	79,50 d	15,90 c
51	Vita 7	4,75 d	62,00 d	12,40 c
10	CNCx 251-11E	5,00 d	80,50 d	16,10 c
14	CB – 3	5,00 d	74,00 d	14,80 c
18	AU94-418-07-01	5,00 d	76,00 d	15,20 c
15	CB – 27	5,25 d	70,50 d	14,10 c
6	7917-Dixie hee	5,50 d	83,25 d	16,65 c
49	Sete semanas	5,50 d	73,50 d	14,70 c
23	MNC-00-553-D-81-2-3	5,75 d	94,50 d	18,90 c
26	IT93-10-93	5,75 d	69,50 d	13,90 c
MÉDIA GERAL		3,33	51,28	10,26

¹Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. NIA.: Número inicial de adultos

Foi aplicado, às médias dos genótipos, o índice de classificação, ou ranques, proposto por Mulamba e Mock (1978). Este índice proporcionou um maior entendimento dos resultados e a associação do teste de Skott-Knott a este índice conferiu um maior rigor estatístico segundo metodologia sugerida por Silva, Pinto e Lambert (2003). Houve a divisão dos genótipos em três grupos denominados de Resistentes, Resistência intermediária e Suscetíveis (Tabela 4).

Os genótipos BRS Guariba, TVu 410, BRS Paraguaçu, TVu 36, Sempre Verde, TVu 408 P₂, Setentão e Epace 10 foram os mais resistentes ao pulgão preto do feijoeiro e são indicados para programas de melhoramento que possuam a finalidade de promover resistência a esta praga. Neste grupo se destaca o BRS Guariba por ter sempre apresentado a melhor classificação nas três variáveis (Tabela 4).

Os genótipos TVu 408 P₂, TVu 410 e TVu 36 foram descritos por Silva e Bleicher (2010) como resistentes sendo que Singh (1977) sugeriu a antibiose como o tipo de resistência para o TVu 408 P₂ e TVu 410. O genótipo Epace 10 foi descrito como resistente por Moraes e Bleicher (2007) em experimento em casa de vegetação.

A cultivar Epace 10 havia apresentado uma resistência intermediária em experimento conduzido por Silva e Bleicher (2010). Neste mesmo trabalho a cultivar TVu 1037 havia apresentado alta resistência e Ofuya (1997) havia observado o mesmo. Entretanto nesse ensaio o Epace 10 pertenceu ao grupo de genótipos resistentes e o TVu 1037 passou a constar no grupo de genótipos tidos como de resistência intermediária. Esse fato ocorre em ensaios de estudo da resistência uma vez que esta não é absoluta, mas relativa, ou seja, a comparação com outras cultivares mais e menos resistentes do que as utilizadas pelos autores anteriores causou uma alteração nesta ordem de classificação. Outro motivo seria a de que as condições ambientais durante o experimento possa ter influenciado na expressão da resistência alterando os resultados obtidos anteriormente pelos outros autores.

O grupo dos susceptíveis foi o maior observado, constituindo-se de 35, cerca de 69%, dos genótipos avaliados. Com este resultado conclui-se que é alta a quantidade de cultivares que são prejudicadas pela ação do pulgão. Muitas das cultivares susceptíveis são de uso comercial ou local o que pode causar prejuízos aos produtores que as utilizam, principalmente quando ocorre um surto desta praga. Desses genótipos o BRS Gurguéia, Pitiúba, Vita 7, Sete Semanas, Maranhão e Inhumã já eram considerados como susceptíveis (SILVA; BLEICHER, 2010; MORAES; BLEICHER, 2007).

O genótipo Manteiguinha manteve sua resistência intermediária já apresentada em experimentos realizados por Silva e Bleicher (2010).

Tabela 4 – Classificação de cinquenta e um genótipos de *Vigna unguiculata* (L.) Walp. quanto a preferência de *Aphis craccivora* Koch, 1854, em relação as variáveis Número de Adultos, Número de Ninfas e Relação Ninfas/NIA. Fortaleza, 2011.

NC	Genótipo	Adultos	CI	Ninfas	CI	Relação	CI	Ranque ¹
39	BRS Guariba	0,00	1	0,50	1	0,10	1	3 a
43	TVu 410	0,00	3	0,50	2	0,10	2	7 a
40	BRS Paraguaçu	0,00	2	0,75	3	0,15	3	8 a
42	TVu 36	0,25	6	0,75	4	0,15	4	14 a
28	Sempre verde	0,25	4	4,25	6	0,85	6	16 a
45	TVu 408 P ₂	0,50	7	2,75	5	0,55	5	17 a
29	Setentão	0,25	5	6,00	8	1,20	8	21 a
30	Epace 10	1,50	10	5,75	7	1,15	7	24 a
24	MNC01–627D-65-1	1,25	8	16,00	9	3,20	9	26 b
44	TVu 1037	1,25	9	23,00	11	4,60	11	31 b
22	MNC–00–5190–1-1-5	2,25	14	18,00	10	3,60	10	34 b
21	MNC 03-720C-11	2,00	12	29,25	12	5,85	12	36 b
50	Manteiguinha	1,50	11	30,50	13	6,10	13	37 b
36	Lisão CE	2,00	13	35,00	14	7,00	14	41 b
7	Purple KNUCKIE Hull-55	2,50	16	38,75	15	7,75	15	46 b
27	MNC03–720-11	2,25	15	40,50	17	8,10	17	49 b
16	IT 870–611–3	3,50	21	40,25	16	8,05	16	53 c
13	BR9 – Longá	3,25	20	46,75	18	9,35	18	56 c
33	Frade Preto	2,50	17	47,75	20	9,55	20	57 c
12	TVx 4662-07F	2,75	18	53,50	21	10,70	21	60 c
31	Pitiuba	3,00	19	54,25	23	10,85	23	65 c
41	BRS Rouxinol	3,50	22	54,00	22	10,80	22	66 c
38	BRS Marataoã	4,00	29	47,25	19	9,45	19	67 c
1	Milagroso	4,00	24	55,25	24	11,05	24	72 c
32	Aparecido UFC	4,00	27	60,25	27	12,05	27	81 c
35	Inhumã	4,50	37	59,50	25	11,90	25	87 c
48	Jatobá	4,00	30	62,50	29	12,50	29	88 c
5	Burgandy Cowpea	4,00	26	65,00	32	13,00	32	90 c
8	CNCx 251-60E	4,25	31	64,25	30	12,85	30	91 c
9	ER-7	3,75	23	68,75	34	13,75	34	91 c
47	Chumbinho	4,50	39	60,00	26	12,00	26	91 c
11	CNCx 251-76E	4,25	32	64,50	31	12,90	31	94 c
51	Vita 7	4,75	43	62,00	28	12,40	28	99 c
25	IT91K-118-2	4,50	36	67,00	33	13,40	33	102 c
3	58.185	4,00	25	77,25	43	15,45	43	111 c
20	IT87D–611–3	4,50	35	73,00	38	14,60	38	111 c
4	Rouxinho-2	4,75	40	71,75	37	14,35	37	114 c
15	CB – 27	5,25	47	70,50	36	14,10	36	119 c
34	Paulistinha	4,00	28	79,75	46	15,95	46	120 c
26	IT93-10-93	5,75	51	69,50	35	13,90	35	121 c
19	UCR–95–701	4,50	34	79,00	44	15,80	44	122 c
17	IT82D – 60	4,75	41	75,50	41	15,10	41	123 c
14	CB – 3	5,00	45	74,00	40	14,80	40	125 c
49	Sete semanas	5,50	49	73,50	39	14,70	39	127 c
18	AU94–418–07–01	5,00	46	76,00	42	15,20	42	130 c
37	BRS Gurguéia	4,75	42	79,50	45	15,90	45	132 c
2	Rouxinho-1	4,50	33	91,50	50	18,30	50	133 c
46	Maranhão	4,50	38	81,25	48	16,25	48	134 c
10	CNCx 251-11E	5,00	44	80,50	47	16,10	47	138 c
6	7917-Dixie hee	5,50	48	83,25	49	16,65	49	146 c
23	MNC–00–553–D–81-2-3	5,75	50	94,50	51	18,90	51	152 c

¹Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. CI: classificação no ranque.

3.2 Análise multivariada

Na tabela 5 estão as maiores e as menores distâncias de Mahalanobis (D^2) entre os genótipos estudados. Observou-se que 80,4% das maiores distâncias D^2 foi quando os genótipos foram combinados com o BRS Guariba (39). A maior divergência foi encontrada entre os genótipos BRS Guariba (39) e Sete Semanas (49) e entre TVu 410 (43) e Sete Semanas (49) ($D^2=48,945$) indicando, para a resistência ao pulgão preto do feijoeiro, estes genótipos como os mais divergentes. Três dos genótipos classificados como resistentes na tabela 4 apresentaram os maiores valores de D^2 com o Sete Semanas. Foram estes os já citados BRS Guariba, TVu 410 e o BRS Paraguaçu (40) ($D^2= 48,431$).

A menor distância foi encontrada entre os genótipos BRS Guariba (39) e TVu 410 (43) o que demonstra a alta similaridade dentre os genótipos estudados. Nota-se que ambos os genótipos obtiveram as primeiras colocações no ranque na tabela 4 e, portanto, esperava-se uma baixa distância entre eles.

Segundo Oliveira *et al.* (2003) os genótipos mais dissimilares são os mais indicados na combinação híbrida nas etapas iniciais no programa de melhoramento. Assim, espera-se que, devido a divergência genética, ocorra a produção de maior efeito heterótico aumentando as chances de combinações gênicas favoráveis que possam ser utilizadas para a seleção de genótipos superiores quanto á característica resistência ao pulgão preto.

Outro critério a ser empregado na escolha de genitores para cruzamentos é se estes possuem um bom rendimento na característica que se deseja melhorar (SUINAGA *et al.*, 2003). Assim as recomendações para combinações híbridas a serem recomendadas em programas de melhoramento deve envolver, na medida do possível, genitores dissimilares e com desempenho superior (ABREU; RAMALHO; FERREIRA, 1999). Desta forma o cruzamento entre o genótipo Setentão e os genótipos BRS Guariba ($D^2=6,5776$), TVu 410 ($D^2=6,5776$), BRS Paraguaçu ($D^2=6,3176$), TVu 36 ($D^2=6,8378$), TVu 408 P₂ ($D^2=2,9920$) e entre o Epace 10 e o Sempre Verde ($D^2=3,0596$), BRS Guariba ($D^2=5,8214$) e TVu 410 ($D^2=5,8214$) são mais indicados, uma vez que entre estes genótipos resistentes existem as maiores divergências.

Tabela 5 – Maiores e menores distâncias de Mahalanobis (D^2) entre cinquenta e um genótipos de *Vigna unguiculata* (L.) Walp. quanto a preferência de *Aphis craccivora* Koch, 1854. Fortaleza, 2011.

NC	GENÓTIPOS	Distância D^2 entre genótipos			
		Menores		Maiores	
1	Milagroso	0,142	32	44,313	39
2	Rouxinho-1	0,347	34	46,051	39
3	58,185	0,161	19	44,043	39
4	Rouxinho-2	0,044	17	45,105	39
5	Burgandy Cowpea	0,048	48	43,804	39
6	7917-Dixie hee	0,122	18	48,173	39
7	Purple KNUCKIE Hull-55	0,196	13	36,428	39
8	CNCx 251-60E	0,019	48	46,583	39
9	ER-7	0,176	5	45,359	39
10	CNCx 251-11E	0,058	17	47,423	39
11	CNCx 251-76E	0,055	25	44,162	39
12	TVx 4662-07F	0,085	33	43,682	39
13	BR9 – Longá	0,196	7	39,893	39
14	CB – 3	0,050	18	42,309	39
15	CB – 27	0,128	49	44,657	39
16	IT 870–611–3	0,850	38	32,064	39
17	IT82D – 60	0,044	4	45,079	39
18	AU94–418–07–01	0,050	14	45,256	39
19	UCR–95–701	0,045	37	47,455	39
20	IT87D–611–3	0,063	17	45,233	39
21	MNC 03-720C-11	0,289	7	32,039	39
22	MNC–00–5190–1-1-5	1,811	16	20,921	39
23	MNC–00–553–D–81-2-3	1,024	46	42,545	39
24	MNC01–627D-65-1	0,700	44	16,741	23
25	IT91K-118-2	0,051	4	43,916	39
26	IT93-10-93	0,134	15	47,593	39
27	MNC03–720-11	0,115	36	36,082	39
28	Sempre verde	0,459	45	34,164	49
29	Setentão	0,790	44	26,926	6
30	Epace 10	1,552	45	29,290	2
31	Pitiuba	0,615	27	34,193	39
32	Aparecido UFC	0,057	48	47,044	39
33	Frade Preto	0,085	12	43,684	39
34	Paulistinha	0,140	46	39,546	39
35	Inhunmã	0,002	47	44,602	39
36	Lisão CE	0,115	27	37,546	39
37	BRS Gurguéia	0,045	19	46,399	39
38	BRS Marataoã	0,276	1	42,645	39
39	BRS Guariba	0,000	43	48,945	49
40	BRS Paraguaçu	0,003	39	48,431	49
41	BRS Rouxinol	1,705	31	24,466	39
42	TVu 36	0,223	39	46,265	49
43	TVu 410	0,000	39	48,945	49
44	TVu 1037	0,700	24	19,727	26
45	TVu 408 P ₂	0,459	28	34,534	6
46	Maranhão	0,140	34	40,462	39
47	Chumbinho	0,002	35	44,379	39
48	Jatobá	0,019	8	45,022	39
49	Sete semanas	0,128	15	48,945	39
50	Manteiguinha	0,747	36	30,505	39
51	Vita 7	0,040	35	46,997	39
Menor distância geral		0,0	39 e 43		
Maiores distâncias geral				48,945	39 e 49; 43 e 49

Os valores de D^2 altos, principalmente quando combinados com o BRS Guariba (39) demonstram que há uma ampla variabilidade genética quanto à resistência ao pulgão preto do feijoeiro nos genótipos avaliados (Tabela 5). Estes resultados expressa a existência de variabilidade genética nesta variável para os genótipos estudados.

Utilizando o método de otimização de Tocher, baseado na dissimilaridade obtida através da distância de Mahalanobis, foi possível à distribuição dos genótipos estudados em oito grupos diferentes indicando uma grande divergência entre eles (Tabela 6).

Tabela 6 – Agrupamento dos cinquenta e um genótipos de *Vigna unguiculata* (L.) Walp. avaliados pelo método de otimização de Tocher, baseado na dissimilaridade expressa pela distância de Mahalanobis. Fortaleza, 2011.

Grupo	Cultivares	Distâncias médias
I	BRS Guariba, TVu 410, BRS Paraguaçu, TVu 36, TVu 408 P ₂ , Sempre Verde	0,977
II	Inhumã, Chumbinho, Vita 7, IT91K-118-2, CNCx 251-76E, Milagroso, CNCx 251-60E, Jatobá, Aparecido UFC, Burgandy Cowpea, Rouxinho-2, IT87D-611-3, IT82D - 60, AU94-418-07-01, CB - 3, Sete Semanas, CNCx 251-11E, BRS Gurguéia, UCR-95-701, CB - 27, 7917-Dixie hee, ER - 7, 58.185, Maranhão, IT93-10-93, Paulistinha, BRS Marataoã	0,892
III	TVx 4662-07F, Frade Preto, MNC03-720-11, Lisão CE, Purple KNUCKIE Hull-55, BR 9 - Longá, Pitiuba, MNC 03-720C-11, Manteiguinha	0,891
IV	MNC01-627D-65-1, TVu 1037, Setentão	1,005
V	Rouxinho 1, MNC-00-553-D-81-2-3	1,573
VI	IT 870-611-3, MNC-00-5190-1-1-5	1,811
VII	BRS Rouxinol	0,000
VIII	Epace 10	0,000

Pode-se observar que os grupos formados por este método se assemelhou àqueles obtidos pela associação de Mulamba e Mock com Scott-Knott. O grupo I, obtido pelo método de Tocher, contém seis dos oito genótipos considerados resistentes pelo método anterior [BRS Guariba (39), TVu 410 (43), BRS Paraguaçu (40), TVu 36 (42), Sempre Verde (28) e TVu 408 P₂ (45)]. Os outros resistentes, Epace 10 (30) e Setentão (29), foram incluídos no grupo VIII e IV, respectivamente.

O Grupo II conteve quase todos os genótipos (27 dos 35 listados na Tabela 4) classificados como suscetíveis. Os outros ficaram distribuídos nos grupos III, V, VI e VII.

Quanto a distância entre os grupos, as maiores distâncias médias foram obtidas entre os grupos I e II (39,933), I e III (32,421), e I e V (39,842). Observa-se que essas maiores distâncias foram obtidas entre os grupos dos resistentes e suscetíveis (Tabela 7).

Tabela 7 – Distâncias médias dentro e entre oito grupos formados por cinquenta e um genótipos de *Vigna unguiculata* (L.) Walp. Fortaleza, 2011.

Grupo	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
I	0,977	39,933	32,421	6,871	39,842	22,394	20,886	4,370
II	-	0,892	3,815	17,678	2,716	5,674	3,460	24,740
III	-	-	0,891	10,936	8,013	4,476	3,735	20,911
IV	-	-	-	1,005	19,831	7,667	6,584	4,620
V	-	-	-	-	1,573	10,192	4,292	27,108
VI	-	-	-	-	-	1,811	2,552	9,847
VII	-	-	-	-	-	-	0,000	11,255
VIII	-	-	-	-	-	-	-	0,000

A variável que mais colaborou com a divergência genética (Tabela 8) foi o número de ninfas (64,87%) demonstrando maior influencia das plantas resistentes na fase inicial de desenvolvimento do inseto

Tabela 8 – Contribuição relativa das variáveis para a divergência em cinquenta e um genótipos de *Vigna unguiculata* (L.) Walp. Fortaleza, 2011.

Variável	Contribuição relativa das variáveis para divergência (%)
Número de Ninfas	64,874
Relação Ninfas/NIA ¹	31,143
Número de Adultos	3,983

¹NIA.: Número inicial de adultos

Suinaga *et al.* (2003) também observaram que as contribuições relativas das variáveis que influenciavam as fases iniciais do desenvolvimento de *Tuta absoluta* em tomateiros resistentes somaram até 85% do total.

4 CONCLUSÃO

1. Os genótipos BRS Guariba, TVu 410, BRS Paraguaçu, TVu 36, Sempre Verde, TVu 408 P₂, Setentão e Epace 10 apresentam maior resistência natural ao pulgão preto *Aphis craccivora* Koch;
2. A associação da classificação de Mulambra e Mock com o teste de Scott-Knott é bastante eficaz assemelhando-se muito ao resultado obtido no método de otimização de Tocher;
3. A variável “Número de Ninfas” é a principal determinante na quantificação da divergência genética entre as cultivares para a resistência a *A. craccivora*;
4. O cruzamento entre o genótipo Setentão e os genótipos BRS Guariba ,TVu 410, BRS Paraguaçu, TVu 36, TVu 408 P₂ e entre o Epace 10 e o Sempre Verde, BRS Guariba e TVu 410 são mais indicados para a obtenção de híbridos em programas de melhoramento que visam a resistência ao *A. craccivora*.

5 REFERÊNCIAS

- ABREU, A. F. B.; RAMALHO, M. A. P.; FERREIRA D. F. Selection potential for seed yield from intra end inter-racial populations in common bean. **Euphytica**, v. 108, n. 2, p. 121-127, 1999.
- BERG, G. N. The Effect of Temperature and Host Species on the Population Growth Potential of the Cowpea Aphid, *Aphis Craccivora* Koch (Homoptera: Aphididae). **Australian Journal of Zoology**, v. 32, n. 3, p. 345–352, 1984.
- CAPINERA, J. L. **Encyclopedia of entomology**. 2 ed., v. 1-4. Springer: Dordrecht, The Netherlands. 2008. 4346 p.
- CRUZ, C. D. **Programa Genes - Estatística Experimental e Matrizes**. Viçosa: Editora UFV, 2006. 285p.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UVF. 2001. 390 p.
- DIAS, F. T. C.; SILVA, A. P. M.; BERTINI, C. H. C. M. Genetic divergence in cowpea genotypes with upright growth and early cycle. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 9, p. 253-259, 2009.
- GULLAN, P. J.; CRANSTON, P. S. **Os insetos: um resumo de entomologia**. São Paulo: Roca, 2007. 440 p.
- HALL, A. E.; CISSE, N.; THIAW, S.; ELAWAD, H. O. A.; EHLERS, J. D.; ISMAIL, A. M.; FERY, R. L. ROBERTS, P. A.; KITCH, L. W.; MURDOCK, L. L.; BOUKAR, O.; PHILLIPS, R. D.; MCWATTERS, K. H. Development of cowpea cultivars and germplasm by the Bean/Cowpea CRSP. **Field Crops Research**, v. 82, n. 2-3, p. 103-134, 2003.
- KALOSHIAN, I; WALLING, L. L. Hemipterans as Plant Pathogens. **Annual Review of Phytopathology**, v. 43, p. 491-521, 2005.
- LARA, F. M. **Princípios de resistência de plantas aos insetos**. São Paulo: Ícone, 1991. 336 p.
- MORAES, J. G. L.; BLEICHER, E. Preferência do pulgão-preto, *Aphis craccivora* Koch, a diferentes genótipos de feijão-de-corda, *Vigna unguiculata* (L.) Walp. **Ciência Rural**, v. 37, n. 6, p.1554-1557, 2007.

MULAMBA, N. N.; MOCK, J. J. Improvement of yield potential of the method Eto Blanco maize (*Zea mays* L.) population by breeding for plant traits. **Egyptian Journal of Genetics and Cytology**, v. 7, n. 1, p. 40-51, 1978.

OBOPILE, M. Economic threshold and injury levels for control of cowpea aphid, *Aphis craccivora* Linnaeus (Homoptera: Aphididae) on cowpea. **African Plant Protection**, v. 12, p. 111–115, 2006.

OBOPILE, M.; OSITILE, B. Life table and population parameters of cowpea aphid, *Aphis craccivora* Koch (Homoptera: Aphididae) on five cowpea *Vigna unguiculata* (L. Walp.) varieties. **Journal of Pest Science**, v. 83, p. 9-14, 2010.

OFUYA, T. I. Control of the cowpea aphid, *Aphis craccivora* Koch (Homoptera: Aphididae), in cowpea, *Vigna unguiculata* (L.) Walp. **Integrated Pest Management Reviews**, v. 2, n. 4, p. 199-207. 1997.

OFUYA, T. I. Evaluation of selected cowpea varieties for resistance to *Aphis craccivora* Koch (Homoptera: Aphididae) at the seedling and podding phase. **Annals of Applied Biology**, v. 123. P. 19-23. 1993.

OLIVEIRA, F. J.; ANUNCIACÃO FILHO, J.; BASTOS, G. Q.; REIS, O. V. Divergência genética entre cultivares de caupi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 5, p. 605-611, 2003.

OMKAR, M. G.; SRIVASTAVA, S.; GUPTA, A. K.; SINGH, S. K. Reproductive performance of four aphidophagous ladybirds on cowpea aphid, *Aphis craccivora* Koch. **Journal of Applied Entomology**, v.129, p.217–220, 2005.

PAINTER, R. H. **Insect resistance in crop plants**. 2.ed. Kansas: The University Press of Kansas. 1968. 520 p.

RAKSHANI, E.; TALEBI, A. A.; KAVALLIERATOS, N. G.; REZWANI, A.; MANZARI, S.; TOMANOVIĆ, Ž. Parasitoid complex (Hymenoptera, Braconidae, Aphidiinae) of *Aphis craccivora* Koch (Homoptera: Aphidoidea) in Iran. **Journal of Pest Science**, v. 78, n. 4,p. 193-198, 2005.

RIBEIRO, N. D.; LONDERO, P. M. G.; HOFFMANN JUNIOR, L.; POERSCH, N. L.; CARGNELUTTI FILHO, A. Dissimilaridade genética para teor de proteína e fibra em grãos de feijão dos grupos preto e de cor. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.11, n. 2, p. 167-173, 2005.

SANTOS, J. H. R.; QUINDERÉ, M. A. W. Distribuição, importância e manejo das pragas do caupi no Brasil. In: ARAÚJO, J. P. P.; WATT, E. E. (Org.) **O Caupi no Brasil**. Brasília: IITA/EMBRAPA, 1988. cap. 21, p. 605-658.

SILVA, J. F.; BLEICHER, E. Resistência de genótipos de feijão-de-corda ao pulgão-preto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, n.10, p.1089-1094, 2010.

SILVA, L. A.; PINTO, C. A. B. P.; LAMBERT, E. S. Seleção simultânea para vários caracteres: utilização do índice de Mulamba e Mock associado ao teste de Scott-Knott. In: REUNIÃO DA RBRAS, 48 E SEAGRO, 10., 2003, Lavras. **Anais...** Lavras: Universidade Federal de Lavras. 2003. p. 395-400.

SILVA, P. H. S.; CARNEIRO, J. S.; QUINDERÉ, M. A. W. Pragas. In: FILHO, F. R. F.; LIMA, J. A. A.; RIBEIRO, V. Q. (Ed.) **Feijão-caupi: avanços tecnológicos**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. p. 369-402.

SINGH, S. R. Cowpea cultivars resistant to insect pests in world germplasm collection. **Tropical Grain Legume Bulletin**, v. 9, p. 1-7, 1977.

SINGH, S. R. Host plant resistance for cowpea insect pest management. **Insect Science and Its Application**, v. 8, p. 765-769. 1987.

SOUZA, J. R.; FERREIRA, E.; CARGNELUTTI FILHO, A.; BOIÇA JR., A. L.; CHAGAS, E. F.; MONDEGO, J. M. Divergência genética de cultivares de arroz quanto à resistência a *Tibraca limbativentris* Stål (Hemiptera: Pentatomidae). **Neotropical Entomology**, v. 38, n. 5, p. 671-676, 2009.

SUINAGA, F. A.; CASALI, V. W. D.; SILVA, D. J. H.; PICANÇO, M. C. Dissimilaridade genética de fontes de resistência de *Lycopersicon* SPP. a *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera: Gelechiidae). **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 9, n. 4, p. 371-376, 2003

TRAICEVSKI, V.; WARD, S. A. The effect of past and current hosts on reproductive investment by the adult cowpea aphid *Aphis craccivora*. **Ecological Entomology**, v. 27, n. 5, p. 601-607, 2002.

CAPÍTULO III

INDUÇÃO DA RESISTÊNCIA EM *Vigna unguiculata* (L.) Walp AO *Aphis craccivora* Koch, 1854, MEDIANTE A APLICAÇÃO DA CIS-JASMONA EM DIFERENTES VIAS.

RESUMO

A indução de resistência de plantas aos insetos pode ser uma grande aliada para o controle destes e para a redução no uso de inseticidas sintéticos. Objetivou-se, com este trabalho, avaliar a ação indutora de resistência da *cis*-jasmona em feijão de corda [*Vigna unguiculata* (L.) Walp] ao pulgão preto do feijoeiro (*Aphis craccivora* Koch, 1854). Para isso foram conduzidos três experimentos. No primeiro, em Quixadá, Ceará, o delineamento utilizado foi o de blocos casualizado com cinco repetições e cinco tratamentos sendo: uma testemunha; aplicação de endossulfan e deltametrina; a aplicação da *cis*-jasmona em dose única de 60 g.i.a. ha⁻¹, em três aplicações de 20 g.i.a. ha⁻¹ e seis de 10 g.i.a. ha⁻¹ sobre a cultivar Vita 7. No segundo, no mesmo local, as sementes das cultivares TVu 408 P₂, BRS Gurguéia e Vita 7 foram embebidas em uma solução de *cis*-jasmona na concentração de 60 g.i.a. ha⁻¹ ou em água por 24 horas. O delineamento utilizado foi em blocos casualizados no arranjo fatorial 3x2. No último experimento conduzido em Fortaleza, Ceará, utilizou-se o delineamento de blocos casualizados com quatro repetições e quatro tratamentos que consistiam de uma testemunha; aplicação de deltametrina; e aplicações de *cis*-jasmona nas doses de 50 g.i.a. ha⁻¹, 100 g.i.a. ha⁻¹ e 200 g.i.a. ha⁻¹. Para a avaliação foi contado o número de colônias de pulgão presentes em toda planta. Em todos os experimentos a *cis*-jasmona não reduziu a infestação de *A. craccivora* concluindo-se que esse produto, em condições de campo, não induz a resistência. O TVu 408 P₂ apresentou resistência ao pulgão em condições de campo.

Palavras chave: Feijão de corda. Pulgão preto. Voláteis vegetais. Mesocosmo.

INDUCTION OF RESISTANCE IN *Vigna unguiculata* (L.) Walp To *Aphis craccivora* Koch, 1854, THROUGH THE APPLICATION OF *CIS*-JASMONE IN DIFFERENT WAYS.

ABSTRACT

The induction of plant resistance to insects can be of great value for its control and reduction of the of synthetic insecticides use. The objective of this work was to evaluate the effects of *cis*-jasmone on the resistance induction in cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp] to the black aphid (*Aphis craccivora* Koch, 1854). For this purpose, three experiments were conducted. In the first one, in Quixadá, Ceará, the design was in randomized blocks with five replications and five treatments: an untreated control; application of endosulfan and deltamethrin, and *cis*-jasmone as a single dose of 60 g ha⁻¹, in three applications of 20 g ha⁻¹ and six of 10 g ha⁻¹ over cultivar Vita 7. In the second, in the same place, the seeds of the TVu 408 P₂, BRS Gurguéia and Vita 7 cultivars were soaked in a solution of *cis*-jasmone with 60 g. ha⁻¹ or in water for 24 hours. The design was in blocks whit factorial 3x2. In the last experiment, conducted in Fortaleza, Ceará, we used the randomized block design with four replications and four treatments consisting of a untreated control, application of deltamethrin and application of *cis*-jasmone at doses of 50 g ha⁻¹, 100 g ha⁻¹ and 200 g ha⁻¹. For the assessment was counted the number of colonies of aphids present in every plant. In all experiments, the *cis*-jasmone did not reduce the infestation of *A. craccivora* concluding that this product, under field conditions, does not induce resistance. TVu 408 P₂ was resistant to the aphid in field conditions.

Keywords: Cowpea. Black aphid. *Cis*-jasmone. Plant volatile. Mesocosms.

1 INTRODUÇÃO

1.1 Afídeos e seu comportamento na busca por um hospedeiro

Afídeos (Hemiptera: Aphididae), conhecidos no Brasil como pulgões, são importantes pragas da agricultura no mundo. Eles danificam uma ampla variedade de plantas cultivadas pela remoção de fotoassimilados e são vetores de numerosos e devastadores vírus de plantas (PICKET *et al.*, 2003; SMITH *et al.*, 2010).

Para o controle destas pragas tem-se buscado formas alternativas que visam reduzir os custos, aumentando a renda, bem como a redução do impacto ambiental devido o desequilíbrio provocado pela má utilização de inseticidas. Dentre estas técnicas há aquela que visa atuar no comportamento do inseto e aumentar as defesas existentes nas plantas. Para isso é necessário à compreensão do processo de seleção do hospedeiro pelos afídeos. Powell, Tosh e Hardie (2006) observaram seis estágios de comportamentos neste processo.

Inicialmente tem-se **comportamento de pré-alinhamento** dos pulgões alados onde, em resposta ao comprimento de onda refletida pela planta, ele se orienta e pousa. Esses sinais visuais certamente não irão dar informações sobre o hospedeiro específico, mas as respostas de pouso podem ser modificadas pelos voláteis das plantas detectados pela sensila olfatória da antena.

Posteriormente, o inseto passa a ter **um contato inicial com a planta** onde ele passa a avaliar os sinais da superfície através do movimento para frente e para trás da antena permitindo a detecção de odores e uma variedade de sinais no espaço próximo à superfície da planta antes da inserção do estilete. Nesse processo os pelos quimiosensitivos encontrados nas pontas das antenas, em contato com o substrato, permitem a detecção de sinais gustativos. Ceras epicuticulares, exudados de tricomas, textura do substrato, topologia e cor podem influenciar o comportamento do pulgão antes da inserção do estilete, mas a penetração do estilete é tentada como um ato reflexo seguido do contato tarsal com qualquer superfície sólida, mesmo na presença de sinais repelentes.

No terceiro estágio ocorre **a picada de prova na epiderme** onde, após o contato com a planta, tem início as breves (duram menos de um minuto) e poucas penetrações do estilete e são limitados à epiderme. As formas aladas frequentemente pousam na superfície adaxial da folha e fazem uma ou mais picadas de prova antes de voar ou passar para a

superfície abaxial. Os estiletos e labium aparentemente não possuem quimiorreceptores de contato externos, mas a seiva da planta pode ser ingerida e entrar em contato com um órgão gustativo na área epifaringeal durante a penetração do estilete.

O próximo estágio na escolha do hospedeiro é a **atividade invasora do estilete** com penetrações mais longas adentrando além da epiderme atingindo tecidos do mesófilo e do parênquima podendo incluir mais ingestões de pequenas quantidades de seiva da planta para discriminação gustativa.

No quinto estágio há a **perfuração do elemento crivado** pelo estilete e é inicialmente seguida pela injeção de saliva diluída cuja função é condicionar os elementos crivados a inibir os mecanismos defensivos que fecham o floema permitindo uma extração substancial de seiva.

No último estágio ocorre a **aceitação do floema e a manutenção da ingestão** caracterizada por períodos mais longos de contato com o floema, cerca de 10 minutos, havendo, então, a ingestão da seiva do floema que dura um período bem mais longo de, frequentemente, várias horas.

1.2 Indução de resistência de plantas a pragas

Para evitar danos provocados por herbívoros e patógenos, ou, até mesmo, que os insetos cheguem a elas, as plantas têm desenvolvido diferentes estratégias para suas defesas. Estas estratégias incluem agentes antibióticos que podem surgir a partir da indução de várias vias bioquímicas após o ataque. Tais defesas induzidas são algumas vezes associadas com a liberação de químicos voláteis para o ambiente ocasionando respostas em insetos herbívoros, predadores e parasitas (CHAMBERLAIN; PICKETT; WOODCOCK, 2000; HEIL, 2001).

O termo “indução de resistência” é definido como a defesa da planta provocada pelo dano causado por insetos. Isso faz com que ela se torne menos susceptível a um subsequente ataque que pode ser realizado por uma ampla gama de outros herbívoros (STOUT *et al.*, 1998). A indução de resistência ainda pode ser dividida em direta e indireta. A defesa direta faz com que os mecanismos de resistência ativados na planta afetem a biologia ou o comportamento do inseto herbívoro. As defesas indiretas faz com que as plantas respondam aos ataques de herbívoros através da emissão de químicos voláteis que funcionam

como sinais que indicam a localização de presas para artrópodes carnívoros (predadores e parasitóides) atraindo estes para a planta (KOST; HEIL, 2006).

A indução também parece atuar na comunicação entre plantas, pois quando são atacadas por insetos emitem sinais voláteis às plantas vizinhas intactas que podem, assim como plantas muito infestadas, se tornar repelentes a herbívoros e aumentar a atração por predadores e parasitóides (PICKETT *et al.*, 2003). O salicilato de metila e jasmonato de metila têm sido descritos como os voláteis específicos nesta interação (BRUCE; PICKETT; SMART, 2003).

As defesas induzidas são inferiores àquelas constitutivamente presentes nas plantas devido o defasamento temporal entre o primeiro ataque e a ativação da defesa. Como resultado desse atraso a planta pode permanecer vulnerável por horas ou mesmo por dias enquanto espera que a sua defesa seja ativada (BALDWIN, 1998). Então, para se evitar os danos provocados pelo ataque inicial do inseto, tem-se pesquisado elicitores que são compostos, naturais ou sintéticos, aplicados nas folhas ou raízes, que desencadeiem a ativação da resistência antes mesmo do primeiro ataque (THALER, 1999).

Durante a década de 1990 houve o aumento no interesse do estudo desses voláteis vegetais e seu papel na interação inseto-plantas e a indução do sistema de indução da planta a patógenos e herbívoros (PICKETT; POPPY, 2001). Essa área de pesquisa tem um grande potencial em aplicações para a entomologia sendo necessária a expansão de estudos que exploram os voláteis liberados, realizados em laboratórios, e suas subseqüentes respostas em condições de campo (HUNTER, 2002). A investigação da interação entre insetos e os voláteis das plantas tem sido facilitada pelo uso de sofisticadas técnicas eletrofisiológicas em particular a cromatografia gasosa acoplada a gravação neural ou de célula única dos órgãos olfatórios do inseto (BRUCE; PICKETT; SMART, 2003)

A indução de resistência à herbivoria pode não beneficiar as plantas, mesmo que ocorra a redução do número de herbívoros, se as plantas, ao produzirem essas substâncias químicas induzidas, passarem a ter menos energia alocada para outras funções que podem afetar, por exemplo, a produção (THALER, 1999). Em populações com taxas intermediárias de ataque, plantas de fumo induzidas com jasmonato de metila sofreram menor ataque por herbívoros e foram capazes de produzir mais sementes do que aquelas não induzidas. Esta indução prévia de resistência não aumentou significativamente o desempenho da planta sobre altas taxas de ataque. Entretanto, as plantas induzidas que não sofreram o ataque de insetos produziram menos sementes do que as que não foram induzidas nas mesmas condições ambientais. Isto demonstra que a indução por jasmonato de metila funciona como defesa, mas

tem um custo e a indução leva a planta a renunciar estes custos mesmo quando as defesas são desnecessárias provocando queda na produção de sementes (BALDWIN, 1998).

Já em tomate, plantas induzidas com ácido jasmônico produziram menos flores do que as que não foram induzidas, mas isso não acarretou em menor produção devido as plantas induzidas terem sido menos infestadas garantindo a produtividade da planta. Assim, concluiu-se que o ácido jasmônico induz resistência em plantas de tomate, mas não foi possível mensurar os custos para estas plantas tornando esse indutor uma valiosa ferramenta de manejo de pragas, especialmente quando existem altas densidades de herbívoros que podem reduzir a produtividade (THALER, 1999).

Outro aspecto a observar é que se a planta possui uma resistência natural a um inseto não se faz necessária a aplicação de produtos visando a indução. Por exemplo, a cultivar de tomate “Motelle” possuidora do gene para resistência (*Mi-1.2*) ao pulgão *Macrosiphum euphorbiae*, não foi influenciada pela aplicação de ácido jasmônico para indução, pois não foi observado qualquer aumento significativo ou inibição do pulgão pelas plantas tratadas quando comparadas com a testemunha já resistente (COOPER; GOGGIN, 2005).

1.3 Indução natural e produtos que atuam como indutores

A indução ocorre de forma natural apenas com o estímulo do herbívoro. Por exemplo, os voláteis obtidos de plantas de *Vicia faba* infestadas pelo pulgão *Acyrtosiphon pisum* foram mais atrativos ao parasitóide *Aphidius ervi* em experimento tanto em túnel de vento quanto em olfatômetro (DU *et al.*, 1998). Em milho o regurgitante liberado pela lagarta *Spodoptera littoralis* induz a planta a emitir um maior número de voláteis que atraem o parasitóide *Microplitis rufiventris*. A análise do regurgitante, produzido por lagartas dos segundo, terceiro e quarto ínstares, revelou a presença do indutor de resistência volicitina. Também se observou não haver diferença na quantidade de voláteis emitidos por plantas infestadas por cada um dos instares (GOUINGUENÉ; ALBORN; TURLINGS, 2003).

Em feijão de corda [*Vigna unguiculata* (L.) Walp], o ataque pelo ácaro *Tetranychus urticae* provocou a produção abundante de (3E)-4,8-dimetil-1,3,7-nonatrieno representando 74% do total de voláteis emitidos. Essa porcentagem foi estatisticamente diferente dos voláteis emitidos pela planta quando esta sofreu um dano mecânico. Por outro

lado, o salicilato de metila e (E)- β -farneseno e alguns outros compostos menores foram os novos voláteis emitidos pela planta devido à infestação das folhas pelos ácaros (VAN DEN BOOM *et al.*, 2004). Entretanto, o salicilato de metila não é liberado por plantas de feijão de corda quando estas são tratadas com o regurgitante de *S. littoralis* (HOBALLAH; TAMÓ; TURLINGS, 2002). Isto mostra que existe uma relação de especificidade entre a espécie de planta e de inseto para a produção de determinado volátil (VAN DEN BOOM *et al.*, 2004).

Em pimentão (*Capsicum* spp.) os compostos orgânicos voláteis (COV) da cultivar Sweet Pepper Hybrid Green Belt, resistente ao pulgão do algodoeiro (*Aphis gossypii*), coletados após a infestação artificial com este inseto, tiveram ação repelentes sobre este, em experimento utilizando olfatômetro, quando comparado com o controle (dietil éter). O mesmo não aconteceu quando foi realizado o mesmo ensaio utilizando a cultivar suscetível Sweet Pepper All Big. A análise em cromatografia gasosa com espectrometria de massa dos COV antes e depois da infestação com *A. gossypii* revelaram que a cultivar resistente liberou nove compostos adicionais após a infestação incluindo o 6-metil-5-hepten-2-ona que é conhecido como um semioquímico de defesa de plantas envolvido na interação planta-pulgão (COSTA *et al.*, 2011).

Entretanto, como foi discutido, o atraso entre o estímulo e a indução pode acarretar em maiores perdas para a planta. Então se faz necessário o tratamento das plantas com indutores naturais ou sintéticos para antecipar a indução de resistência a herbívoros (OMER *et al.*, 2001). Por exemplo, a aplicação foliar de jasmonato de metila em tomateiro aumentou em nove vezes a densidade de tricomas glandulares em folhas novas, uma forma de defesa direta da planta, sete dias após a aplicação, período em que foi feita a primeira avaliação (BOUGHTON; HOOVER; FELTON, 2005).

O tratamento com jasmonato de metila na planta *Iva frutescens* induziu a produção de 28 COV contra apenas oito produzidos por plantas não tratadas além de aumentar em 10 vezes a emissão de voláteis. Quando esta planta foi infestada com o besouro *Paria aterrima* a planta passou a produzir 48 COV. A planta *Iva frutescens* já contém vários COV constitutivos como mono e sesquiterpenos, mas houve a produção de novos compostos em resposta a ação do besouro e a aplicação de jasmonato de metila como (E)- β -ocimeno, butirato de hexenila, butirato de metila, *cis*-jasmona e salicilato de metila (DEGENHARDT; LINCOLN, 2006).

O ácido jasmônico, um hormônio natural da planta, quando aplicado nas folhas de tomateiro aumenta os níveis de polifenol oxidase, uma enzima oxidativa envolvido na

resistência a vários insetos herbívoros. As plantas induzidas receberam 60% menos danos que as plantas não induzidas (THALER, 1999).

Como observado nos trabalhos anteriores, a maioria das aplicações são via aérea. Entretanto, estudos revelam que quando plantas de *Vicia faba* não atacadas são colocadas em meio hidropônico ou em solo, onde antes havia plantas infestadas com o *Acyrtosiphon pisum*, elas passam a serem mais atrativas ao parasitóide *Aphidius ervi*. Desta forma os sinais induzidos por afídeos passam de plantas atacadas para plantas intactas através da rizosfera. Isso sugere fortemente que exsudados das raízes de plantas infestadas contém compostos que são sistemicamente translocados e desencadeiam a liberação de voláteis induzidos pela ação dos pulgões em plantas intactas (CHAMBERLAIN *et al.*, 2001).

1.4 A indutora de resistência *cis*-jasmona

A *cis*-jasmona ou (*Z*)-jasmona é um químico volátil de origem vegetal envolvido na ativação da defesa direta e indireta das plantas contra insetos (MATTHES *et al.*, 2010). Sua atividade indutora foi inicialmente descoberta no Instituto Rothamsted, na Inglaterra, durante a identificação de componentes dos voláteis de *Ribes nigrum* que repeliam a forma de verão do pulgão da alface, *Nasonovia ribis-nigri*. Desde então a *cis*-jasmona tem apresentado um efeito mais envolvido nas interações entre insetos pragas e plantas cultivadas. A *cis*-jasmona ocorre naturalmente e é um componente volátil da flor de algumas espécies vegetais, mas pode também ser produzido por danos nos tecidos vegetativos das plantas (LOUGHRIN *et al.*, 1995). Ele é um catabolito do estresse gerado a partir do ácido jasmônico, mas foi considerado anteriormente como um simples dreno biológico da via do jasmonato. A *cis*-jasmona também atua como um sinal externo alertando plantas vizinhas não danificadas por insetos fitófagos e, preparando-as para ativar as suas defesas prévias ao ataque do inseto. (BRUCE; PICKETT; SMART, 2003).

O uso prático da *cis*-jasmona foi inicialmente focado na interação entre o pulgão dos grãos (*Sitobion avenae*) e o trigo (*Triticum aestivum*) avaliada em uma série de experimentos. Em ensaios com olfatômetro de quatro entradas, onde em cada uma é disposta um volátil, o pulgão permaneceu menos tempo na entrada tratada com *cis*-jasmona nas concentrações de 1µg e 10µg. Em um segundo experimento plântulas de trigo pulverizadas com o equivalente a 50 g ha⁻¹ de *cis*-jasmona, em uma solução aquosa, 48 horas antes do

experimento, foram menos atrativas aos pulgões *S. avenae* e mais atrativas a parasitóides em bioensaios de laboratório. Devido a estes resultados os autores concluíram que a *cis*-jasmona atua como fitoferormônio alertando as plantas de um ataque de insetos (BRUCE *et al.*, 2003).

Outro resultado obtido foi que pulgões confinados em gaiolas fixadas em folhas de plântulas de trigo tratadas com *cis*-jamona tiveram sua taxa intrínseca de crescimento populacional reduzida tanto em condições de temperatura variável quanto constante (BRUCE *et al.*, 2003; BRUCE; PICKETT; SMART, 2003).

Em condições de campo plantas tratadas com *cis*-jasmona, em dose de 50 g ha⁻¹ em 200 L de água ha⁻¹, também apresentaram baixos níveis de infestação por pulgão em três dos quatro anos de avaliação. Isto pode ser devido à combinação entre o menor número de chegada à planta e o lento desenvolvimento da população dos insetos, pois os níveis de infestação no campo foram muito baixos e no ano em que a infestação foi maior não foi observado diferença entre as parcelas tratadas e não tratadas (BRUCE; PICKETT; SMART, 2003).

Moraes *et al.* (2008), analisando os voláteis produzidos por plântulas de trigo tratadas com *cis*-jasmona, observaram que esta atua como um agente alelopático induzindo a produção dos benzoxazinoides, como 2,4-dihidroxi-7-metoxi-(2H)-1,4-benzoxazin-3(4H)-ona (DIMBOA), 2-hidroxi-7-metoxi-1,4-benzoxazin-3-ona (HMBOA) e 6-metoxi-benzoxazolin-2-ona (MBOA), e ácidos fenólicos, como o ácido trans-p-cumárico, ácido siringico, ácido p-hidroxibenzoico, ácido vanílico e os ácidos cis- e trans- ferúlico. Nas raízes das plântulas tratadas foram encontrados altos níveis de DIMBOA e ácidos fenólicos como o ácido trans-ferúlico e o ácido vanílico. Os autores concluíram que a *cis*-jasmona induz a produção seletiva de metabólitos secundários que são diretamente capazes de reduzir o desenvolvimento de pragas e doenças.

Diante das pesquisas já realizadas com algumas espécies vegetais, objetivou-se, com este trabalho, avaliar a ação indutora da *cis*-jasmona em plantas de feijão de corda, resistentes ou não ao pulgão preto, aplicando este indutor em doses única e fracionada; em diversas concentrações, ambas via aplicação foliar; e em dose única via embebição de semente em condições de campo uma vez que são poucos os trabalhos neste tipo de ambiente.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Experimentos realizados em Quixadá, Ceará

Dois experimentos foram conduzidos na Fazenda Lavoura Seca, pertencente à Universidade Federal do Ceará, no município de Quixadá, localizada a 4° 59' de latitude Sul e de 39° 01' de longitude oeste, com altitude de 190 m acima do nível do mar.

A área experimental apresenta solo do tipo Argisolo Vermelho-Amarelo, vegetação xerófito, clima semiárido do tipo BsH, segundo Koeppen. A temperatura média anual da região é de 27 °C, com uma amplitude média de 24 a 30 °C e precipitação pluviométrica média anual são de 880 mm.

A adubação de fundação constituiu-se da aplicação de 20 kg ha⁻¹ de nitrogênio, 80 kg ha⁻¹ de fósforo e 20 kg ha⁻¹ de potássio provenientes dos adubos ureia, super fosfato triplo e cloreto de potássio respectivamente, segundo a recomendação de Aquino *et al.* (1993) tomando como base a análise de solo na tabela 9.

Tabela 9 – Características químicas do solo da área experimental. Quixadá-CE, 2009.

pH	P	K ⁺	Na ⁺	H ⁺ +Al ⁺³	Al ⁺³	Ca ⁺²	Mg ⁺²	SB	CTC	M.O.	V
H ₂ O(1:2,5)	mg kg ⁻³	-----cmol _c kg ⁻³ -----							g dm ⁻³	%	
6,3	4,00	0,20	0,03	0,16	0,0	1,70	2,30	3,20	4,80	3,59	86

Fonte: Laboratório de Física do Solo. Departamento de Ciências do Solo (CCA/UFC). P, K⁺ e Ca⁺². Extr. Mellich 1; H⁺+ Al⁺³: Extr. Acet. de Ca⁺² 0,5M pH 7; Al⁺³, Ca⁺² e Mg⁺²: Extr. KCl 1M.

A precipitação média durante os meses de condução dos experimentos, março a junho de 2009, foi de 174,3 mm sendo que as maiores precipitações ocorreram durante o mês de abril com 359,2 mm.

2.1.1 Experimento 1 – Aplicação única e fracionada de *cis*-jasmona na variedade de feijão de corda Vita 7 [*Vigna unguiculata* (L.) Walp].

Neste experimento avaliou-se o efeito da *cis*-jasmona aplicada tanto em uma única dose como seu possível efeito quando essa dose é fracionada em três e seis vezes.

O plantio foi realizado no dia seis de março de 2009 e utilizou-se a variedade Vita 7 por esta apresentar reconhecida suscetibilidade ao pulgão preto do feijoeiro (SILVA; BLEICHER, 2010).

O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados com cinco tratamentos e cinco repetições. As parcelas tinham a dimensão de 2 m x 2 m com plantas espaçadas em 0,5 x 0,5 m formando uma área de 4 m² com 16 plantas (Figura 8). Estas dimensões foram empregadas tomando-se por base o trabalho conduzido por Kost e Heil (2007) onde, em condições naturais, os autores selecionaram grupos de cinco ramos de *Phaseolus lunatus* como unidades experimentais. Cada grupo formava pequenas moitas já que cada ramo pertencia a uma ou mais de uma planta com distância máxima de três metros entre elas. Com essa metodologia os autores conseguiram obter resultados eficientes utilizando ácido jasmônico como indutor de resistência. Nesta proposta optou-se por, ao invés de buscar-se um campo na natureza, o que não é possível com *V. unguicula*, criar uma unidade experimental através do plantio em campo simulando a situação descrita por Kost e Heil (2007), o qual se denominou de mesocosmo agrícola. Mesocosmos são definidos como “mundo de tamanho médio” utilizado em estudos de ecologia e são modelos experimentais realistas porque estão sujeitos a fatores ambientais naturalmente pulsantes como luz e temperatura (ODUM; BARRET, 2008).



Figura 8 – Mesocosmo agrícola utilizado como parcela no experimento, Quixadá-CE, 2009 (Foto: J.F. Silva).

As parcelas eram distanciadas em 3,0 m entre si e sendo esta área mantida sempre limpa mediante capinas manuais, com enxada, durante todo o período do experimento (Figura 9).



Figura 9 – Visão geral do experimento. Observam-se os mesocosmos formados devido o tamanho e adensamento das parcelas, Quixadá-CE, 2009 (Foto: C. H. C. M. Bertini)

Os tratamentos aplicados foram uma testemunha absoluta sem aplicação de produto algum; testemunha relativa onde foi aplicada semanalmente uma mistura dos defensivos endosulfan (560 gramas de ingrediente ativo (g.i.a.) ha^{-1}) e deltametrin (6,5 g.i.a. ha^{-1}) diluídos em 200 L de água; uma aplicação da *cis*-jasmona na concentração de 60 g.i.a. ha^{-1} diluídos em 200 L de água aplicada aos 17 dias após plantio (DAP); três aplicações de 20 g.i.a. ha^{-1} de *cis*-jasmona diluídos em 200 L de água aos 17, 19 e 21 DAP; e seis aplicações de 10 g.i.a. ha^{-1} de *cis*-jasmona diluídos em 200 L de água aos 17, 19, 21, 24, 26 e 28 DAP. O emulsificante utilizado para permitir a mistura da *cis*-jasmona com água foi o Polisorbato 20 (Tween 20[®]).

Para a aplicação da *cis*-jasmona foi utilizado um mini pulverizador manual modelo Titanium 8300 com capacidade de 2 L. Para a aplicação dos inseticidas foi utilizado um pulverizador manual costal de 20 L. As pulverizações iniciavam-se por volta das dezesseis

horas estendendo-se até o escurecer, que na região é por volta das dezoito horas para minimizar possíveis efeitos da luz sobre os produtos utilizados. As temperaturas máximas e mínimas médias durante as duas semanas de aplicação dos produtos foram de 30,5 °C e 23,3 °C, respectivamente, e a umidade relativa máxima foi de 83,9 % e a mínima foi de 71,8 % com uma precipitação de 3,8 mm.

A primeira avaliação foi realizada aos 19 dias após o plantio e outras duas aos 26 e 33 dias após o plantio. Nas avaliações foram contadas as colônias presentes em toda a planta sendo que, em cada parcela, todas as plantas foram avaliadas. Cada colônia era caracterizada pelo adulto cercado de suas ninfas. Caso as colônias estivessem coalescidas era considerada cada adulto como representante de uma colônia, ou seja, o número de adultos.

Para a análise estatística os dados coletados de todas as avaliações foram somados formando um valor acumulado do número de colônias em cada parcela conforme sugerido por Bruce *et al.* (2003). Os dados foram transformados pela equação $\sqrt{X + 0,5}$ e então submetidos à análise de variância. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey com 5 % de probabilidade. Para a análise dos dados foi utilizado o programa ASSISTAT (SILVA; AZEVEDO, 2009).

2.1.2 Experimento 2 – Efeito da imersão de sementes de três variedades de feijão de corda [*Vigna unguiculata* (L.) Walp] com *cis*-jasmona sobre a infestação do pulgão preto do feijoeiro (*Aphis craccivora* Koch, 1854)

Em um segundo experimento foi verificado se ocorre a ação indutora da *cis*-jasmona quando as sementes de plantas resistentes e suscetíveis ao pulgão são imersas em solução contendo o indutor.

O plantio foi realizado no dia quatro de março de 2009. As parcelas foram semelhantes as do experimento anterior quanto a dimensão e o número de plantas. As parcelas eram distanciadas em 3,0 m entre si e sendo esta área mantida sempre limpa mediante capinas manuais, com enxada, durante todo o período do experimento.

Este ensaio foi realizado em blocos casualizados com quatro repetições em arranjo fatorial 2 x 3 com um total de 24 parcelas. O primeiro fator diz respeito às sementes serem imersas em solução de *cis*-jasmona na concentração de 60 g.i.a. por 24 horas ou em água,

ambos tendo o Polisorbato 20 como emulsificante na solução. O segundo fator corresponde as cultivares empregadas. Foram elas Vita 7 (Figura 10), como padrão de suscetibilidade, TVu 408 P₂ (Figura 11), como padrão de resistência (SILVA; BLEICHER, 2010), e a cultivar BRS Gurguéia (Figura 12) como representante de uma variedade comercial. Quanto ao porte, usando a classificação de Freire Filho *et al.* (2005), o Tvu 408 P₂ apresenta o porte prostrado (observação visual), o BRS Gurguéia porte semiprostrado (BENVINDO *et al.*, 2010) e o Vita 7 porte ereto (NECHET; HALFELD-VIEIRA, 2007). Com essa variação no porte das plantas foi possível avaliar a facilidade de avaliação dentro do mesocosmo agrícola podendo, assim, sugerir o melhor porte ou espaçamento para a condução de experimentos posteriores.

As avaliações iniciaram-se aos 21 dias após o plantio sendo realizadas mais duas aos 28 e 35 dias após o plantio. Foi empregada a mesma metodologia aplicada no ensaio anterior.

Para a análise estatística foi utilizada a mesma metodologia do experimento anterior.



Figura 10 – Mesocosmo agrícola com a cultivar Vita 7, Quixadá-CE, 2009 (Foto: J.F. Silva)



Figura 11 – Mesocosmo agrícola com a cultivar TVu 408 P₂, Quixadá-CE, 2009 (Foto: J.F. Silva)



Figura 12 – Mesocosmo agrícola com a cultivar BRS-Gurguéia, Quixadá-CE, 2009 (Foto: J.F. Silva)

2.2 Experimento em Fortaleza, Ceará

2.2.1 Experimento 3 – Efeito de diferentes doses de *cis*-jasmona sobre a infestação do Pulgão preto do feijoeiro (*Aphis craccivora* Koch, 1854) em feijão de corda [*Vigna unguiculata* (L.) Walp]

Para avaliar o efeito de uma possível resposta em função da dose de *cis*-jasmona na indução de resistência ao pulgão preto do feijoeiro, foi conduzido um terceiro experimento na Horta Didática do Centro de Ciências Agrárias localizada no Campus do Pici da Universidade Federal do Ceará.

O plantio do experimento foi realizado no dia 31 de outubro de 2009. As parcelas foram constituídas da cultivar Vita 7 e tinham a dimensão de 2 m x 2 m com plantas espaçadas em 0,5 m x 0,5 m conforme os ensaios anteriores. A irrigação da área experimental foi realizada utilizando mangueiras Santeno[®] tipo II ligadas a uma bomba centrífuga. As irrigações eram feitas diariamente garantindo sempre uma boa disponibilidade de água (Figura 13). Foi realizada uma adubação de fundação com a aplicação de 20 kg ha⁻¹ de nitrogênio, 80 kg ha⁻¹ de fósforo e 20 kg ha⁻¹ de potássio provenientes dos adubos ureia, super fosfato triplo e cloreto de potássio respectivamente, seguindo a recomendação máxima para feijão de corda presente em Aquino *et al.* (1993).

O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados com quatro tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos consistiram de uma testemunha absoluta sem aplicação; aplicação de *cis*-jasmona em uma dose de 50 g i.a. ha⁻¹ em 200 L de água; aplicação de *cis*-jasmona em uma dose de 100 g i.a. ha⁻¹ em 200 L de água; aplicação de *cis*-jasmona em uma dose de 200 g i.a. ha⁻¹ em 200 L de água.

A aplicação dos tratamentos foi realizado aos 19 dias do plantio, iniciando as dezesseis horas. Para a pulverização foram utilizados mini pulverizadores modelo PCP-1P Guarany[®] com capacidade de 1,5 L. Mais uma vez o Polisorbato 20 foi utilizado como emulsificante na solução

Para a verificação da eficiência de aplicação foi realizada pulverizações com o inseticida deltametrin, na dose de 6,5 g.i.a. ha⁻¹ diluídos em 200 L de água, em parcelas exclusivas para esse teste utilizando um mini pulverizador exclusivo para esta aplicação, evitando interferência nos produtos e para facilitar a aplicação.



Figura 13 – Visão geral da área do experimento de aplicação de diferentes doses de *cis*-jasmona, Fortaleza 2009 (Foto: J.F. Silva).

Foram realizadas duas avaliações aos 23 e 26 dias após o plantio. Foi contado o número de colônias presentes em toda a planta sendo que, em cada parcela, todas as plantas foram avaliadas seguindo a metodologia aplicada nos ensaios anteriores.

Para a análise estatística foi aplicado o mesmo procedimento utilizado nos experimentos anteriores mais uma análise de regressão entre as doses de *cis*-jasmona utilizadas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Experimento 1 – Aplicação única e fracionada de *cis*-jasmona na variedade de feijão de corda Vita 7 [*Vigna unguiculata* (L.) Walp]

O resultado da análise de variância referente ao número de colônias de *Aphis craccivora* em experimento de aplicação fracionada de *cis*-jasmona se encontra na tabela 10. Observa-se que houve diferença significativa pelo teste F em pelo menos um tratamento.

Tabela 10 - Análise de variância referente ao número de colônias de *Aphis craccivora* Koch, 1854 em *Vigna unguiculata* (L.) Walp após sofrerem a aplicação fracionadas de *cis*-jasmona. Fortaleza, 2011.

Fontes de variação	G.L.	Soma de quadrado	Quadrado médio	F
Tratamentos	4	187,8966	46,9742	9,0241**
Blocos	4	18,5244	4,6311	
Resíduo	16	83,2864	5,2054	
Total	24	289,7074		
C.V. (%)	37,72			
Média	47,68			

C.V.: Coeficiente de variação; G.L.: Grau de liberdade. **: Significativo a 1% de probabilidade no teste F

As médias dos tratamentos encontram-se na tabela 11. O teste de Tukey revelou diferença significativa apenas entre a testemunha relativa (aplicação de endossulfan e deltametrina) com os demais tratamentos. O elevado número médio de colônias sobre a cultivar Vita 7 demonstra a sua suscetibilidade (SILVA; BLEICHER, 2010). A aplicação em dose única da *cis*-jasmona não foi efetiva no controle do pulgão bem como as duas formas de fracionamento, pois as mesmas não diferiram da testemunha que não sofreu qualquer aplicação.

Tabela 11 - Médias e média geral referente ao número de colônias de *Aphis craccivora* Koch, 1854 em *Vigna unguiculata* (L.) Walp após sofrerem a aplicação fracionadas de *cis*-jasmona. Fortaleza, 2011.

Tratamentos	Médias ¹
Aplicação de endossulfan e deltametrina	0,00 a
Testemunha	48,40 b
<i>cis</i> -jasmona aplicada em dose única de 60 g.i.a. ha ⁻¹	51,40 b
<i>cis</i> -jasmona fracionada em 3 aplicações de 20 g.i.a. ha ⁻¹	68,20 b
<i>cis</i> -jasmona fracionada em 6 aplicações de 10 g.i.a. ha ⁻¹	70,40 b
Média Geral	47,68

¹Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

O uso de uma cultivar suscetível no experimento deu uma maior segurança quanto aos resultados, pois se espera que as plantas com baixo grau de resistência possam produzir um maior número de novos compostos que evitam o ataque do inseto, enquanto aquelas com alto nível de defesas parecem investir na produção do que na síntese de novos compostos (VAN DEN BOOM *et al.*, 2004). Isto foi observado por Silva (2008) que, ao avaliar o efeito da *cis*-jasmona nas doses de 39,86 e 78,16 g.i.a. ha⁻¹ utilizando a cultivar Epace 10, que é resistente ao pulgão preto (MORAES; BLEICHER, 2007), obteve um baixo grau de infestação no campo e não observou diferença significativa entre os tratamentos além de não ter havido qualquer alteração na produção da cultivar impedindo uma conclusão irrefutável sobre o efeito da *cis*-jasmona.

3.2 Experimento 2 – Efeito da imersão de sementes de três variedades de feijão de corda [*Vigna unguiculata* (L.) Walp] com *cis*-jasmona sobre a infestação do pulgão preto do feijoeiro (*Aphis craccivora* Koch, 1854)

Na tabela 12 encontra-se a análise de variância do número de colônias de pulgão em um experimento onde três variedades de feijão de corda foram embebidas em solução de *cis*-jasmona por 24 horas. Observou-se diferença apenas entre as variedades ao se usar o teste F.

Tabela 12 - Análise de variância referente ao número de colônias de *Aphis craccivora* Koch, 1854 em *Vigna unguiculata* (L.) Walp após 24 horas imersas em solução de *cis*-jasmona ou água. Fortaleza, 2011.

Fontes de variação	G.L.	Soma de quadrado	Quadrado médio	F
Variedade	2	139,0312	69,5156	15,3234**
Embebição	1	12,0629	12,0629	2,6591 ^{ns}
Interação	2	4,3912	2,1956	0,4840 ^{ns}
Tratamentos	5	155,4854	31,0971	6,8548**
Blocos	3	14,4834	4,8278	
Resíduo	15	68,0483	4,5366	
Total	23	238,0172		
C.V. (%)	44,37			

C.V.: Coeficiente de variação; G.L.: Grau de liberdade. **: Significativo a 1% de probabilidade no teste F. ns.: não significativo no teste F

O teste de comparação de médias das variedades está na tabela 13 onde se observa que a cultivar TVu 408 P₂ apresentou o menor número de colônias. Esta cultivar já havia sido descrita como resistente por Silva e Bleicher (2010) e a cultivar BRS Gurgéia já haviam sido

descrita como suscetível por Moraes e Bleicher (2007), mas ambas em condições de casa de vegetação. Este ensaio comprovou os resultados, agora em campo, obtidos por estes autores.

Tabela 13 - Médias e média geral referente o número de colônias de *Aphis craccivora* Koch, 1854 em diferentes genótipos de *Vigna unguiculata* (L.) Walp. Fortaleza, 2011.

Variedades	Médias ¹
TVu 408 P ₂	2,00 a
Vita 7	43,13 b
BRS Gurguéia	52,25 b
Média Geral	32,46

¹Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Quanto a indução da resistência, já era esperado que a cultivar resistente (TVu 408 P₂) não fosse induzida por apresentar resistência natural a praga. Esses resultados são semelhantes aos obtidos por Cooper e Goggin (2005), onde plantas de tomates possuidoras de gene para resistência (*Mi-1.2*) ao pulgão *Macrosiphum euphorbiae*, tratadas com o indutor ácido jasmônico, não apresentaram diferença quanto a infestação quando comparadas com as plantas não tratadas. Assim a planta não utilizou os seus metabólitos na indução de uma defesa uma vez que ela naturalmente já a possui evitando prejuízos ao seu desenvolvimento (VAN DEN BOOM *et al.*, 2004). Entretanto, o resultado da análise de variância não revelou quaisquer efeitos para a indução de resistência ao pulgão nas cultivares susceptíveis Vita 7 e BRS Gurguéia.

Neste ensaio esperava-se que, assim como Chamberlain *et al.*, (2001) observaram que os sinais induzidos por afídeos passam de plantas atacadas para plantas intactas através da rizosfera, a embebição das sementes com *cis*-jasmona fizesse com que este indutor atingisse a radícula ou o embrião da semente e desencadeasse todo o processo de indução. Entretanto os resultados demonstram que isso não ocorreu.

3.3 Experimento 3 – Experimento 3 – Efeito de diferentes doses de *cis*-jasmona sobre a infestação do Pulgão preto do feijoeiro (*Aphis craccivora* Koch, 1854) em feijão de corda [*Vigna unguiculata* (L.) Walp]

A análise de variância do experimento onde se aplicou diferentes doses de *cis*-jasmona encontra-se na tabela 14. Não houve diferença significativa entre os tratamentos

quanto ao número de colônias de pulgão, ou seja, não houve resposta em função da dose de *cis*-jasmona.

Tabela 14 - Análise de variância referente ao número de colônias de *Aphis craccivora* Koch, 1854 em *Vigna unguiculata* (L.) Walp em experimento utilizando diferentes doses de *cis*-jasmona. Fortaleza, 2011.

Fontes de variação	G.L.	Soma de quadrados	Quadrado médio	F
Tratamentos	3	0,2546	0,08487	1,3241 ^{ns}
Blocos	3	0,33095	0,11032	1,7212 ^{ns}
Resíduo	9	0,57685	0,06409	
Total	15	1,1624		
C.V. (%):	9,97			
Média geral	410,69			

C.V.: Coeficiente de variação; G.L.: Grau de liberdade. ns.: não significativo no teste F.

O aumento da dose provocou resultados diferentes dos observados por Thaler (1999) que utilizou duas doses de ácido jasmônico para a indução a resistência de tomate a herbívoros. Uma dose tinha concentração de 0,5 mM de ácido jasmônico e outra 1,5 mM a qual o autor denominou de alta dose baseado em uma observação em que as plantas que receberam a aplicação desta dose passaram a produzir cerca de 20 vezes mais polifenóis oxidases e inibidores de proteinase quando comparado com as plantas que receberam a baixa dosagem, embora ambos os tratamentos tenham causado uma redução de 40% nos danos quando comparado com o tratamento sem aplicação.

A eficiência da aplicação foi comprovada pelo baixo número de colônias de pulgão preto do feijoeiro presente nas parcelas que receberam aplicação de inseticida, apresentando uma média de 15 colônias.

Esta série de experimentos foi uma maneira de avaliar, de várias formas, um provável efeito de indução da *cis*-jasmona ao pulgão em plantas de feijão de corda. O produto não apresentou esse efeito em todos os experimentos mesmo quando o produto foi aplicado em dose quatro vezes o recomendado por outros pesquisadores (BRUCE *et al.*, 2003).

Outra observação a ser feita é a análise feita por Hunter (2002) dos experimentos envolvendo os estudos de voláteis vegetais e a indução de resistência. Esse autor observa que a grande maioria dos experimentos envolvendo indutores para a produção de voláteis são realizados sob condições de laboratório. Assim interações inseto-voláteis observadas em olfatômetro em laboratórios climatizados podem ter pouca relevância quando expostas às variações de temperatura, precipitação, umidade, velocidade e direção do vento que são comuns em ambientes agrícolas. Outras perspectivas a serem observadas são: se realmente a quantidade de voláteis emitidos pelas plantas seriam suficientes para a repulsão de pragas e

atração de inimigos naturais em um ambiente agrícola; e se a atual forma de produção agrícola permite que existam inimigos naturais a serem atraídos por essa possível indução das plantas. Faz-se então necessária, além de análises, de grande importância, realizada em laboratórios, verificar em campo se é possível a utilização prática e eficiente desta nova técnica de controle de insetos.

Para a posterior condução de experimentos desta natureza sugere-se uma sequência de ensaios a serem realizados. De forma semelhante ao ensaio conduzido por Costa *et al.* (2011) com pimentão, uma análise do padrão de voláteis emitidos pelo feijão de corda antes e depois de infestado com o pulgões pretos, em condições de laboratório, seria o passo inicial. A identificação dos voláteis e a sua quantidade emitida daria uma ideia de quais COV estariam envolvidos na resposta ao ataque do pulgão preto e na indução de resistência a este. Após essa identificação iniciar-se-ia a fase de avaliação da ação desses voláteis sobre a praga e seus inimigos naturais (atração ou repulsão). Experimentos utilizando outros indutores como o ácido jasmônico, ácido salicílico e jasmonato de metila em plântulas poderiam ser realizados com a finalidade de se obter o mesmo padrão de voláteis de quando a planta esta com a resistência “ativada”. Após essas análises, a avaliação, em área experimentais no campo, se torna primordial para a confirmação dos possíveis resultados obtidos e se é possível a aplicação dessa tecnologia em grandes áreas de produção agrícola obtendo assim todos os benefícios prometidos por essa técnica.

Sobre a eficiência dos mesocosmos agrícolas, que foram amplamente utilizados como unidades experimentais, foi observado que eles mantiveram a representatividade dos tratamentos. As testemunhas que não tiveram aplicação de produtos foram bem infestadas por pulgões garantindo uma boa testemunha absoluta para a comparação entre os tratamentos refletindo uma condição adequada para a análise da ação, ou não, dos tratamentos aplicados. As testemunhas relativas que receberam a aplicação de inseticidas mantiveram o número de colônias de pulgões em níveis baixos como é esperado quando se deseja comparar essa forma de controle, bastante utilizada, com outras formas alternativas. Também o tamanho da parcela não interferiu para que a variedade TVu 408 P₂ apresentasse seu potencial de resistência natural ao pulgão *Aphis craccivora* como foi demonstrado no experimento de embebição de sementes com *cis*-jasmona.

Quanto ao porte das plantas utilizadas todas foram satisfatórias durante o período de avaliação não causando nenhuma dificuldade. Entretanto, essas avaliações foram realizadas no início do desenvolvimento das plantas, ou seja, quando ainda estavam pequenas. Com o passar do tempo as plantas de porte prostrado e semiprostrado entrelaçaram-se o que

dificultaria uma avaliação posterior das plantas. O espaçamento utilizado (0,5 m x 0,5 m) é recomendado para o uso com plantas de porte ereto como o Vita 7. Caso haja o uso de plantas com outros portes recomenda-se um espaçamento maior entre as linhas.

Dentre as vantagens observadas com a utilização do mesocosmos agrícola estão a menor área do experimento e o baixo custo de manutenção da área. Dentre as desvantagens destaca-se o cuidado maior com o manejo das plantas, principalmente na limpeza dentro do mesocosmos, pois a perda de uma só planta representa 6,25% do número de plantas na parcela.

4 CONCLUSÃO

1. A *cis*-jasmona não induz a defesa, em condições de campo, ao pulgão preto do feijoeiro quando aplicado na parte aérea do feijão de corda Vita 7;
2. A *cis*-jasmona não atua como indutor de resistência na cultivares de feijão de corda Vita 7 e BRS-Gurguéia quando aplicado mediante embebição das sementes e posterior avaliação em condições de campo;
3. Em condições de campo, o genótipo TVu 408 P₂ é resistente ao pulgão preto.

5 REFERÊNCIAS

AQUINO, A. B.; AQUINO, B. F.; HERNANDEZ, F. F. F.; HOLANDA, F. J. M.; FREIRA, J. M.; CRISÓSTOMO, L. A.; COSTA, R. I.; UCHÔA, S. C. P.; FERNANDES, V. L. B. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o estado do Ceará**. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará. 1993.243 p.

BALDWIN, I. T. Jasmonate-induced responses are costly but benefit plants under attack in native populations. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v.95, p.8113-8118, 1998.

BENVINDO, R. N.; SILVA, J. A. L.; FREIRE FILHO, F. R.; ALMEIDA, A. L. G.; OLIVEIRA, J. T. S.; BEZERRA, A. A. C. Avaliação de genótipos de feijão-caupi de porte semi-prostrado em cultivo de sequeiro e irrigado. **Comunicata Scientiae**, v. 1, n. 1, p. 23-28, 2010

BOUGHTON, A. J.; HOOVER, K.; FELTON, G. W. Methyl jasmonate application induces increased densities of glandular trichomes on tomato *Lycopersicon esculentum*. **Journal of Chemical Ecology**, v. 31, n. 9, p. 2211-2216, 2005.

BRUCE, T. J. A.; MARTIN, J. L.; PICKETT, J. A.; PYE, B. J.; SMART, L. E.; WADHAMS, L. J. *Cis*-jasmonate treatment induces resistance in wheat plants against the grain aphid, *Sitobion avenae* (Fabricius)(Homoptera:Aphididae). **Pest Management Science**, v. 59, p. 1031-1036. 2003

BRUCE, T. J. A.; PICKETT, J. A.; SMART, L. E. *Cis*-jasmonate switches on plant defense against insects. **Pesticide Outlook**, p. 96-98. 2003.

CHAMBERLAIN, K.; GUERRIERI, E.; PENNACCHIO, F.; PETTERSSON, J.; PICKETT, J. A.; POPPY, G. M.; POWELL, W.; WADHAMS L. J.; WOODCOCK, C. M. Can aphid-induced plant signals be transmitted aurally and through the rhizosphere? **Biochemical Systematics and Ecology**, v. 29, p. 1063-1074. 2001.

CHAMBERLAIN, K.; PICKETT, J. A.; WOODCOCK, C. M. Plant signalling and induced defence in insect attack. **Molecular Plant Pathology**, v. 1, n. 1, p. 67-72. 2000.

COOPER, W. R.; GOGGIN, F. L. Effects of jasmonate-induced defenses in tomato on the potato aphid, *Macrosiphum euphorbiae*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 115, p. 107-115. 2005.

COSTA, J. G.; PIRES, E. V.; RIFFEL, A.; BIRKETT, M. A.; BLEICHER, E.; SANT' ANA, A. E. G. Differential preference of *Capsicum* spp. cultivars by *Aphis gossypii* is conferred by variation in volatile semiochemistry. **Euphytica**, v. 177, p. 299-307, 2011.

DEGENHARDT, D. C.; LINCOLN, D. E. Volatile emission from an odorous plant in response to herbivory and methyl jasmonate exposure. **Journal of Chemical Ecology**, v. 32, p. 725-743, 2006.

DU, Y.; POPPY, G. M.; POWELL, W.; PICKETT, J. A.; WADHAMS, L. J.; WOODCOCK, C. M. Identification of semiochemicals released during aphid feeding that attract parasitoid *Aphidius ervi*. **Journal of Chemical Ecology**, v. 24, n. 8, p. 1355-1368, 1998.

FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. A.; RIBEIRO, V. Q. (Ed.) **Feijão-caupi: avanços tecnológicos**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. 519 p.

GOUINGUENÉ, S.; ALBORN, H.; TURLINGS, T. C. J. Induction of volatile emission in maize by different larval instars of *Spodoptera littoralis*. **Journal of chemical Ecology**, v. 29, n. 1, p. 145- 162, 2003.

HEIL, M. The ecological concept of cost of induced systemic resistance (ISR). **European Journal of Plant Pathology**, v. 107, p. 137-146, 2001.

HOBALLAH, M. E. F.; TAMÓ, C.; TURLINGA, T. C. J. Differential attractiveness of induced odors emitted by eight maize varieties for the parasitoid *Cortesia marginiventris*: is quality or quantity important? **Journal of Chemical Ecology**, v. 28, p. 951-968, 2002.

HUNTER, M. D. A breath of fresh air: beyond laboratory studies of plant volatile-natural enemy interaction. **Agricultural and Forest Entomology**, v. 4, n. 81-86, 2002.

KOST, C.; HEIL, M. Herbivore-induced plant volatiles induce an indirect defence in neighbouring plants. **Journal of Ecology**, v. 94, p. 619-628. 2006.

KOST, C.; HEIL, M. The defensive role of volatile emission and extrafloral nectar secretion for lima bean in nature. **Journal of Chemical Ecology**, v. 34, n. 1, p. 2-13, 2007.

LOUGHRIN, J. H.; MANUKIAN, A.; HEATH, R. R.; TUMLINSON, J. H. Volatiles emitted by different cotton varieties damaged by feeding beet armyworm larvae. **Journal of Chemical Ecology**, v. 21, n. 8, p. 1217-1227. 1995.

MATTHES, M. C.; BRUCE, T. J.; TON, J.; VERRIER, P. J.; PICKETT, J. A.; NAPIER, J. A. The transcriptome of *cis*-jasmone-induced resistance in *Arabidopsis thaliana* and its role in indirect defence. **Planta**, v. 232, n. 5, p. 1163-1180, 2010.

MORAES, J. G. L.; BLEICHER, E. Preferência do pulgão-preto, *Aphis craccivora* Koch, a diferentes genótipos de feijão-de-corda, *Vigna unguiculata* (L.) Walp. **Ciência Rural**, v. 37, n. 6, p.1554-1557, 2007.

MORAES, M.C.B.; BIRKETT, M.A.; GORDON-WEEKS, R.; SMART, L.E.; MARTIN, J.L.; PYE, B.J.; BROMILOW, R.; PICKETT, J.A. *Cis*-jasmone induces accumulation of defence compounds in wheat, *Triticum aestivum*. **Phytochemistry**, v. 69, p. 9-17, 2008.

NECHET K. L.; HALFELD-VIEIRA, B. A. Reação de cultivares de feijão-caupi à mela (*Rhizoctonia solani*) em Roraima. **Fitopatologia Brasileira**, v. 32, n. 5, p. 424-428, 2007.

ODUM, E. P.; BARRETT, G. W. **Fundamentos de ecologia**. São Paulo: Cengage Learning, 2008. 612p.

OMER, A. D.; GRANETT, J.; KARBAN, R.; VILLA, E. M. Chemically-induced resistance against multiple pests in cotton. **International Journal of Pest Management**, v.47, p.49-54, 2001.

PICKET, J. A.; RASMUSSEN, H. B.; WOODCOCK, C. M.; MATTHEST, M.; NAPIER, J. A. Plant stress signalling: understanding and exploiting plant-plant interactions. **Biochemical Society Transaction**, v. 31, p. 123-127, 2003.

PICKETT, J. A.; POPPY, G. M. Switching on plant genes by external chemical signals. **Trends in Plant Science**, v. 6, n. 4, p. 137-139. 2001.

POWELL, G.; TOSH, C. R.; HARDIE, J. Host plant selection by aphids: behavioral, evolutionary, and applied perspectives. **Annual review of entomology**, v. 51, p. 309-330. 2005.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. Principal Components Analysis in the Software Assistat-Statistical Attendance. In:WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 7, Reno-NV-USA: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009.

SILVA, J. F. **Resistência de genótipos de *Vigna unguiculata* (L.) Walp à *Aphis craccivora* Koch e *Crinoceris sanctus* Fabricius**. 2008. 67 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2008.

SILVA, J. F.; BLEICHER, E. Resistência de genótipos de feijão-de-corda ao pulgão-preto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, n.10, p.1089-1094, 2010.

SMITH, C. M.; LIU, X.; WANG, L. J.; LIU, X.; CHEN, M.; STARKEY, S.; BAI, J. Aphid feeding activates expression of a transcriptome of oxylipin-based defense signals in wheat involved in resistance to herbivory. **Journal of Chemical Ecology**, v. 36, p. 260-276, 2010.

STOUT, M. J.; WORKMAN, K. V.; BOSTOCK, R. M.; DUFFEY, S. S. Specificity of induced resistance in tomato, *Lycopersicon esculentum*. **Oecologia**, v. 113, p. 74-81, 1998.

THALER, J. S. Induced resistance in agricultural crops: effects of jasmonic acid on herbivory and yield in tomato plants. **Environmental Entomology**, v. 28, p. 30-37, 1999.

VAN DEN BOOM, C. E. M.; VAN BEEK, T.A.; POSTHUMUS, M. A.; GROOT A.; DICKE, M. Qualitative and quantitative variation among volatile profiles induced by feeding on plants from various families. **Journal of Chemical Ecology**, v. 30, n. 1, p. 69-89, 2004.

CAPÍTULO IV

DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE *Aphis craccivora* Koch, 1854 EM *Vigna unguiculata* (L.) Walp E CÁLCULO DO NÚMERO DE AMOSTRAS.

RESUMO

Os pulgões são importantes pragas do feijoeiro de corda, pois o danificam através da sucção de fotoassimilados e são vetores vírus. Objetivou-se com este trabalho estudar a dispersão espacial do pulgão *Aphis craccivora* Koch, 1854, na cultura de feijão de corda [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] e estabelecer o número de amostras necessárias para a estimativa da população da praga para o uso em programas de Manejo Integrado de Pragas. Para isso foram cultivados dois campos experimentais na Universidade Federal do Ceará, em Fortaleza. O primeiro campo tinha uma área de 216 m², composta de 15 parcelas. O segundo campo tinha uma área de 576 m² dividida em 25 parcelas. A cultivar utilizada foi a Vita 7 com plantas espaçadas em 0,25 m x 0,8 m. Foram realizadas seis coletas de dados em cada campo onde foram avaliadas dez plantas por parcela. Foi contado o número de colônias de pulgão presentes em toda a planta. Os resultados obtidos nos índices de agregação utilizados indicam que a dispersão do *A. craccivora* no campo é do tipo agregada o que foi confirmado pelo ajuste dos dados à distribuição de frequência Binomial Negativa. Quarenta e cinco é o número de amostras adequado para a estimativa da população de *A. craccivora* em campos de *V. unguiculata* para aplicação em programas de Manejo Integrado de Pragas.

Palavras chave: Feijão de corda. Distribuição horizontal. Distribuição de frequências. Manejo integrado de pragas.

SPATIAL DISTRIBUTION OF *Aphis craccivora* Koch, 1854 ON *Vigna unguiculata* (L.) Walp AND CALCULATION OF THE NUMBER OF SAMPLES.

ABSTRACT

Aphids are important pests of cowpea because the damage by sucking of the photoassimilates and are vectors of virus. The objective of this work was to study the spatial dispersion of the aphid *Aphis craccivora* Koch, 1854, in cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] and to establish the sample size required to estimate the population of the pest to use in Integrated Pest Management programs. To accomplish this, two field experiments were carried out at the Universidade Federal do Ceará, in Fortaleza. The first field had an area of 216 m², composed of 15 plots. The second field had an area of 576 m² divided into 25 plots. The cultivar used was Vita 7 with plants spaced 0.25 m x 0.8 m. On those fields were performed six data collections in each field evaluateing ten plants per plot. It was counted the number of aphids colonies present throughout on plant. Aggregation index data indicates that the *A. craccivora* dispersion in the field follow an aggregate pattern, which was confirmed by fitting the data into a frequency distribution of the Negative Binomial. Forty five is the appropriate number of samples to estimate the population of *A. craccivora* in the fields of *V. unguiculata* for use in Integrated Pest Management programs.

Keywords: Cowpea. Horizontal distribution. Distribution of frequencies. Integrated pest management.

1 INTRODUÇÃO

1.1 O pulgão preto do feijoeiro (*Aphis craccivora* Koch, 1854)

O pulgão preto do feijoeiro (*Aphis craccivora* Koch, 1854) é uma praga cosmopolita que utiliza como alimento várias espécies vegetais, especialmente Fabaceas (RAKHSHANI *et al.*, 2005).

No feijão de corda os principais danos provocados pela ação desta praga são a sucção de seiva, principalmente de ramos novos, flores, vagens e folhas. Também são vetores de vírus como, por exemplo, o *Cowpea aphid borne mosaic virus* (CABMV) e o *Cucumber mosaic virus* (CMV) (OBOPILE, 2006; SILVA; CARNEIRO; QUINDERÉ, 2005).

1.2 Manejo integrado de pragas e distribuição espacial dos insetos

Atualmente, para o controle de pragas, tem-se buscado manejos alternativos que tenham menor impacto possível sobre o meio ambiente. Uma destas alternativas é o Manejo Integrado de Pragas (MIP) na qual se adotam técnicas que privilegiam o manejo da população de artrópodes que se inter-relacionam no agroecossistema (MELO *et al.*, 2006). Assim, é fundamental, para que o MIP seja empregado satisfatoriamente, estimar a população da praga, e para isso, é necessário o conhecimento de uma forma de amostragem rápida e eficiente das pragas e seus inimigos naturais (FERNANDES, BUSOLI; BARBOSA, 2003). Para isso é necessário o conhecimento da forma em que a população do inseto está distribuída no campo, ou seja, sua distribuição, ou dispersão espacial.

A distribuição espacial é a forma como os indivíduos de uma população se dispersam em seu habitat (RICKLEFS, 2003). Sendo assim, o conhecimento do modelo de distribuição espacial do inseto praga na cultura é fundamental para conhecer a etologia do inseto, estabelecer um plano adequado para otimização das técnicas de amostragem, definir a utilização de estratégias de controle, determinar os danos econômicos e incorporar a dinâmica espacial dentro do modelo populacional (FARIAS; BARBOSA; BUSOLI, 2001;

FERNANDES, BUSOLI; BARBOSA, 2003; RODRIGUES; FERNANDES; SANTOS, 2010).

A dispersão no habitat pode ocorrer de diferentes formas entre as espécies e entre as populações da mesma espécie (RODRIGUES; FERNANDES; SANTOS, 2010). A distribuição espacial obedece a fatores de natureza físicas e biológicas. No caso da natureza física, existe a hipótese de que nem todos os pontos no espaço têm a mesma probabilidade de serem ocupados. Já sobre a natureza biológica, há certos pontos onde as condições e fatores que afetam a sobrevivência são mais favoráveis que outros. Assim, locais para hibernação, postura e alimentação, com condições de temperatura e umidade adequadas, e o tipo de planta são fatores que podem influenciar a distribuição de organismos em uma área (GUERREIRO *et al.*, 2005). Por exemplo, o pulgão *Aphis gossypii* apresenta distribuição agregada quando avaliado em plantios de algodoeiro comum. Entretanto, no algodão Bt, que é resistente à pragas Lepidópteras, houve a alteração no padrão normal de distribuição deste pulgão já que não houve ajuste algum nas distribuições de frequências avaliadas (RODRIGUES; FERNANDES; SANTOS, 2010).

A determinação desses padrões de arranjo é obtida através das distribuições teóricas de frequência e do cálculo de índices de dispersão. Estes últimos, embora não descrevam matematicamente a distribuição da população estudada (ELLIOTT; KIECKHEFER; WALGENBACH, 1990) fornecem uma ideia bastante próxima da realidade quando diferentes índices fornecem resultados semelhantes. Dentre os índices mais empregados tem-se o de Morisita, Green, Razão variância/média e o índice k da Binomial Negativa. Para determinar o padrão de arranjo espacial de uma determinada espécie é necessário ter dados de contagem de indivíduos no ecossistema a ser considerado. Para isso é fundamental que o ecossistema, ou agroecossistema, em questão permita a realização de amostragem (MELO *et al.*, 2006)

A dispersão espacial de uma população pode ser de três tipos: agregada (ou contagiosa) aleatória (ou ao acaso) ou uniforme (ou regular). Estes tipos geralmente seguem um modelo matemático que descreve uma distribuição de probabilidade (MARUYAMA; BARBOSA; TOSCANO, 2006). Tais distribuições são denominadas: Binomial Negativa (Agregada), Poisson (Aleatória) e Binomial positiva (Uniforme). Essa classificação é feita com base na relação entre a variância e a média dos dados (ELLIOTT, 1977).

1.3 Número de amostra

O número de amostras a serem tomados em um programa de manejo é normalmente baseado em uma relação entre a precisão e o custo da amostragem. Entretanto, quando esse número for pouco preciso o programa precisa ser modificado ou abandonado em troca de outros modelos. Para corrigir isto um número considerável de pesquisas pode ser requerido para encontrar um programa onde o número de amostras necessárias seja economicamente praticável (PEDIGO; RICE, 2009).

Como a dispersão, no campo, de muitas espécies é frequentemente agregada, uma grande variação é encontrada na amostragem da população natural, e pequenas amostras são estatisticamente imprecisas. Entretanto, o tamanho da amostra pode ser calculado com base em um grau específico de precisão comumente mensurado pela variação relativa (VR) onde a variabilidade é expressa como uma porcentagem da relação entre o erro padrão da média e a média. Baixa VR indica grande precisão (BUNTIN, 1994; ELLIOTT, 1977).

Considerando a importância do feijão de corda para as regiões Norte e Nordeste do Brasil e o pulgão preto do feijoeiro como importante praga desta cultura, torna-se fundamental o conhecimento da distribuição desta praga e a elaboração de um plano confiável de amostragem que permita estimar com precisão a densidade populacional desta praga e, com base nisso tomar uma decisão quanto a uma medida de controle. Assim, objetivou-se com este trabalho estudar a distribuição espacial do *A. craccivora*, e obter um número de amostras aplicável ao MIP em plantios de *V. unguiculata*.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local e instalação

Para a realização do experimento foram instaladas duas áreas experimentais ambas localizadas no Campus do Pici da Universidade Federal do Ceará em Fortaleza. A semeadura da primeira área (Campo I) foi realizada no dia 11 de abril de 2011 sendo utilizada a cultivar Vita 7 por esta apresentar reconhecida susceptibilidade ao pulgão (SILVA; BLEICHER, 2010). O espaçamento foi de 0,25 m x 0,8 m numa área total do experimento de 216 m² (Figura 14). Cada parcela tinha a dimensão de 4 m x 3,6 m, no total de 15, sendo estas divididas por fitas de nylon. Foi realizada uma adubação de cobertura utilizando adubo na proporção de 10-10-10 dos nutrientes, nitrogênio, fósforo e potássio, respectivamente.



Figura 14 – Visão geral do campo I com plantio de *V. unguiculata* para realização do experimento de estudo da distribuição espacial de *A. craccivora*. Fortaleza, 2011 (Foto: E. Bleicher)

A segunda área (Campo II) foi instalada no dia 15 de abril de 2011 também no Campus do Pici. Foram utilizados o mesmo espaçamento, cultivar e adubação do campo experimental anterior. A área total do experimento foi de 576 m² contendo 25 parcelas também divididas por fitas de nylon (Figura 15).



Figura 15 – Visão geral do campo II com plantio de *V. unguiculata* para realização do experimento de estudo da distribuição espacial de *A. craccivora*. Fortaleza, 2011 (Foto: E. Bleicher)

2.2 Tomada de dados

Para tomada de dados foi contado o número de colônias de pulgão presentes em toda a planta sendo que, em cada parcela, foram avaliadas 10 plantas em uma linha previamente escolhida antes de cada avaliação. Cada colônia era caracterizada pelo adulto cercado de suas ninfas. Caso as colônias estivessem coalescidas, cada adulto era considerado como representante de uma colônia, ou seja, era contado o número de adultos.

As avaliações do Campo I foram realizadas nos dias 29/04/2011, 05/05/2011, 12/05/2011, 20/05/2011, 27/05/2011 e 03/06/2011. No Campo II as avaliações foram realizadas nos dias 29/04/2011, 06/05/2011, 13/05/2011, 20/05/2011, 27/05/2011 e 03/06/2011.

2.3 Índices de dispersão

Os índices de dispersão utilizados para se verificar a distribuição do pulgão preto do feijoeiro, foram:

2.3.1 Razão variância/média (I):

Esse teste é baseado na igualdade da variância e média em uma distribuição de Poisson (ELLIOTT, 1977), pois quando esse índice se aproxima de uma unidade ele mais se ajusta a essa distribuição. A limitação deste índice está na influência que tem o tamanho da unidade de amostragem e a quantidade de indivíduos observados, e é bastante afetado nas disposições de contágio (FARIAS; BARBOSA; BUSOLI, 2001). Este índice é calculado por:

$$I = \frac{s^2}{m}$$

Onde: s^2 = variância amostral; m = média amostral.

O índice razão variância/média indica o tipo de distribuição espacial dos artrópodes adotando-se os seguintes critérios: $I = 1$ – distribuição aleatória ou ao acaso; $I > 1$ – distribuição agregada e $I < 1$ – distribuição regular ou uniforme.

A significância da diferença da unidade (teste de afastamento da aleatoriedade) pode ser testada através da determinação do valor da estatística do qui-quadrado pela expressão (MELO *et al.*, 2006):

$$\chi^2 = I(N - 1)$$

Onde: I = valor do índice de dispersão Razão variância/média; N = número total de unidades amostrais.

O teste de afastamento da aleatoriedade consiste em rejeitar a aleatoriedade se:

$$(N-1) > \chi^2_{(N-1, g.l., \alpha)}$$

Onde: g.l. = graus de liberdade.

Segundo Elliot (1977) para amostras grandes ($n > 31$) a aceitação, ou não, da aleatoriedade vai depender do módulo de “d”. O valor “d” é calculado por:

$$|d| = \sqrt{2\chi^2} - \sqrt{2\nu - 1} \geq Z_\alpha$$

Onde: χ^2 = estatística do teste qui-quadrado para o índice I ; ν = número de graus de liberdade; Z = valor da distribuição normal padrão ao nível alfa de probabilidade.

Se $1,96 \geq d \geq -1,96$ a distribuição espacial é ao acaso, mas se $d < -1,96$ ou $d > 1,96$ a distribuição é uniforme e agregada com probabilidade de 95%. Se $d > 2,58$ a distribuição é agregada ao nível de 99% de probabilidade (ELLIOTT, 1977; SEDARATIAN *et al.*, 2010).

2.3.2 Índice de Morisita (I_δ)

Este índice foi desenvolvido por Morisita (1962) sendo um índice independente da média da amostra e do número total de indivíduos da amostra (ELLIOTT, 1977), mas ele é demasiadamente influenciado pela quantidade de amostras, sendo necessário que o número de unidades de amostras seja o mesmo em todos os campos que estejam sendo comparados (BIANCO, 1984). Este índice é estimado por:

$$I_\delta = \frac{N \left(\sum_{i=1}^N x_i^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^N x_i \right)^2}{N} \right)}{\left(\sum_{i=1}^N x_i \right)^2 - \sum_{i=1}^N x_i^2}$$

Onde: N = número total de unidades amostrais; x_i = número de insetos na i -ésima unidade amostral.

Este índice tem os seguintes critérios para indicar a distribuição espacial: $I\delta = 1$ – distribuição aleatória ou ao acaso; $I\delta > 1$ – distribuição agregada e $I\delta < 1$ – distribuição regular ou uniforme.

O afastamento da aleatoriedade foi testado pela expressão:

$$\chi_{\delta}^2 = I_{\delta} \left(\sum_{i=1}^N x_i - 1 \right) + N - \sum_{i=1}^N x_i$$

Onde: I_{δ} = índice de dispersão de Morisita; N = número total de unidades amostrais; x_i = número de insetos na i -ésima unidade amostral.

O valor de χ_{δ}^2 para o índice de Morisita foi comparado com o valor de $\chi_{(N-1) \text{ g.l.}, \alpha}^2$, rejeitando-se a aleatoriedade à distribuição estudada se:

$$\chi_{\delta}^2 > \chi_{(N-1) \text{ g.l.}, \alpha}^2$$

Onde: g.l. = graus de liberdade.

2.3.3 Coeficiente de Green (C_x)

A modificação da razão variância/média foi desenvolvida por Green (1966). Este índice é independente do tamanho da amostra e da média (GUERREIRO *et al.*, 2005). É normalmente aplicada para mensurar o grau de agregação (RAHMANI; FATHIPOUR; KAMALI, 2010). É dado por:

$$C_x = \frac{\left(\frac{s^2}{m} \right) - 1}{\sum_{i=1}^N x_i - 1}$$

Onde: s^2 = variância amostral; m = média amostral; x_i = número de insetos na i -ésima unidade amostral.

De acordo com Rahman, Fathipour e Kamali (2010) os critérios deste índice para representar a distribuição espacial são: $C_x = 0$ – distribuição aleatória ou ao acaso; $C_x > 0$ – distribuição agregada e $C_x < 0$ – distribuição regular ou uniforme.

O afastamento da aleatoriedade foi testado pela expressão:

$$C_{x,(1-\alpha)} = \frac{\left(\frac{\chi^2_{(1-\alpha)}}{(N-1)} \right) - 1}{N \times m - 1}$$

Onde: $\chi^2_{(1-\alpha)}$ = valor do qui-quadrado com N-1 graus de liberdade e um nível α de significância; N = número total de unidades amostrais; m = média amostral.

Quando C_x é superior ao valor de $C_{x(1-\alpha)}$, rejeita-se a aleatoriedade.

2.3.4 Expoente k da distribuição binomial negativa

Esse expoente é um bom índice de dispersão quando o tamanho e os números de unidades amostrais por amostra são os mesmos porque este índice é frequentemente influenciado pelo tamanho das unidades amostrais (MELO *et al.*, 2006). De acordo com Anscombe (1950) este índice é calculado pelos métodos dos momentos igualando-se os dois primeiros momentos da distribuição às suas estimativas amostrais, resultando na seguinte expressão:

$$k = \frac{m^2}{s^2 - m}$$

Onde: s^2 = variância amostral; m = média amostral.

A distribuição espacial para este índice segundo Elliott (1977) é dada por: $k < 0$ – distribuição regular ou uniforme; $0 \leq k \leq 2$ – distribuição altamente agregada; $2 < k \leq 8$ – distribuição moderadamente agregada e $k > 8$ – distribuição aleatória ou ao acaso.

2.4 Distribuições teóricas de frequências

As distribuições teóricas utilizadas para avaliar a distribuição espacial do pulgão preto do feijoeiro, em plantas feijão de corda, foram: Distribuição de Poisson e Distribuição Binomial Negativa. Abaixo estão as suas definições e equações.

2.4.1 Distribuição de Poisson

Essa distribuição descreve a distribuição ao acaso ou aleatória e se caracteriza por apresentar a variância igual a média (GUERREIRO *et al.*, 2005). Nesta distribuição a hipótese é que todos os indivíduos têm a mesma probabilidade de ocupar um lugar qualquer no espaço sendo que a presença de um indivíduo não compromete a presença do outro (BARBOSA; PERECIM, 1982). As fórmulas recorrentes para o cálculo da série de probabilidade são:

$$P(0) = e^{-m}$$

$$P(x) = \frac{m}{x} \times P(x-1) \quad x = 1, 2, 3 \dots \alpha$$

Onde:

$P(x)$ = probabilidade de encontrar x indivíduos em uma unidade amostral;

e = base do logaritmo neperiano (2, 718282...);

m = média amostral.

2.4.2 Distribuição de probabilidade binomial negativa

Essa distribuição descreve a distribuição agregada (MELO *et al.*, 2006) e se caracteriza por apresentar a variância maior que a média. Possui dois parâmetros: a média e o expoente k ($k > 0$) estimado pelo método dos momentos (CESCONETTO *et al.*, 2005;

FARIAS; BARBOSA; BUSOLI, 2001). As probabilidades são calculadas pelas fórmulas recorrentes dadas por:

$$P(0) = \left(1 + \frac{m}{k}\right)^{-k}$$

$$P(x) = \frac{k+x-1}{x} \times \left(\frac{m}{m+k}\right) \times P(x-1) \quad x = 1, 2, 3, \dots, \alpha$$

Onde;

k = expoente k da binomial negativa;

$P(x)$ = probabilidade de encontrar x indivíduos em uma unidade amostral;

m = média amostral.

2.4.3 Teste de ajuste das distribuições teóricas de frequência aos dados observados

Para se verificar o ajuste das distribuições de Poisson e Binomial Negativa utilizou-se o teste qui-quadrado que consiste em comparar as frequências observadas com as frequências esperadas.

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^{n_c} \frac{(FO_i - FE_i)^2}{FE_i}$$

Onde:

n_c = número de classes da distribuição de frequências;

FO_i = frequência observada na i -ésima classe;

FE_i = frequência esperada na i -ésima classe.

Foi fixado, para a realização deste teste, uma frequência esperada mínima igual a

1. O número de graus de liberdade associado à estatística χ^2 foram determinados por:

$$GL = N_c - N_p - 1$$

Onde: GL = número de graus de liberdade, N_c = número de classes da distribuição de frequências e N_p = número de parâmetros estimados na amostra para o cálculo da distribuição.

O valor de χ^2 foi comparado com o valor de $\chi^2_{(n-1 \text{ g.l.}, \alpha = 0,05)}$, rejeitando-se o ajuste à distribuição estudada, se $\chi^2 \geq \chi^2_{(n-1 \text{ g.l.}, \alpha)}$

2.5 Número de amostras

O número de amostras recomendado para avaliação da população de *A. craccivora* em *V. unguiculata* foi determinado considerando-se os níveis de precisão com adequação para o manejo integrado de pragas e com base na avaliação da variação relativa (VR). A variação relativa é calculada por (PEDIGO; RICE, 2009):

$$VR = \frac{s_x}{m} \times 100$$

onde:

VR – variação relativa;

s_x – erro padrão da média;

m – média amostral.

O número de amostras também foi estimado utilizando-se a fórmula proposta para quando a distribuição espacial do inseto é agregada (KOGAN; HERZOG, 1980), sendo:

$$n = \left[\frac{1}{x} + \left(\frac{1}{k} \right)^2 \right] \times \frac{t^2}{D^2}$$

Onde:

k = expoente k da binomial negativa;

x = número de indivíduos nas amostras;

D = nível de precisão estabelecido (VR) expressado como decimal;

t = valor do teste t para $P = \alpha = 5\%$

Com o objetivo de obter uma quantidade de amostras aplicáveis ao MIP considerou-se uma precisão (D) de 25% conforme sugerido por Southwood e Henderson (2000).

Todas essas análises foram realizadas utilizando o programa para computador Microsoft Office Excel[®] 2010.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Índices de dispersão

Os resultados obtidos nos diversos índices aplicados estão na tabela 15. A razão variância/média (I) calculada apresentou valores maiores que a unidade em todas as datas de avaliação, indicando o modelo de distribuição agregada do pulgão preto do feijoeiro no campo. Essa agregação é confirmada pelos valores altamente significativos ($p < 0,01$) da estatística $|d|$ diferenciando-o da aleatoriedade.

Tabela 15 - Média, variância, razão variância/média (I), índice de Morisita (I_{δ}), expoente k da binomial negativa (k) e coeficiente de Green (C_x) para distribuição espacial de *Aphis craccivora* Koch, 1854, em *Vigna unguiculata* (L.) Walp. Fortaleza, 2011.

	Datas	Média	Variância	I	I_{δ}	k	C_x
Campo I	29/04/2011	2,72	11,733	4,314 **	2,21 **	0,82084 ^{AAG}	0,00814 **
	05/05/2011	4,45	10,666	2,395 **	1,31 **	3,19243 ^{AG}	0,00209 **
	12/05/2011	0,07	0,103	1,544 **	10,00 **	0,12263 ^{AAG}	0,06040 **
	20/05/2011	1,31	3,167	2,424 **	2,09 **	0,91775 ^{AAG}	0,00730 **
	27/05/2011	0,69	3,140	4,529 **	6,11 **	0,19646 ^{AAG}	0,03426 **
	03/06/2011	0,37	2,625	7,031 **	17,34 **	0,06191 ^{AAG}	0,10965 **
Campo II	29/04/2011	0,16	0,239	1,496 **	4,17 **	0,32259 ^{AAG}	0,01272 **
	06/05/2011	1,97	6,831	3,464 **	2,25 **	0,80040 ^{AAG}	0,00501 **
	13/05/2011	2,68	17,160	6,412 **	3,02 **	0,49442 ^{AAG}	0,00810 **
	20/05/2011	0,05	0,110	2,295 **	30,30 **	0,03708 ^{AAG}	0,11768 **
	27/05/2011	3,22	37,741	11,706 **	4,31 **	0,30113 ^{AAG}	0,01330 **
	03/06/2011	0,48	3,905	8,136 **	15,93 **	0,06727 ^{AAG}	0,05997 **

** . Teste de qui-quadrado significativo a 1% de probabilidade. ^{AAG}: altamente agregado. ^{AG}: Agregado

Semelhantemente ao resultado do índice anterior, verifica-se que os resultados observados no índice de Morisita (I_{δ}) foram superiores a unidade com uma significância de 1% no afastamento da aleatoriedade, indicando, novamente, o modelo de distribuição agregada.

O índice k da binomial negativa, em onze das doze avaliações, indicou alta agregação do inseto ($0 < k \leq 2$). Apenas no dia 05/05/2011 no Campo I foi observada agregação ($2 < k \leq 8$), mas ainda caracteriza esse tipo de distribuição. Os valores do índice de Green (C_x) também foram significativos, a 1% de probabilidade, para a agregação do *A. craccivora*.

3.2 Distribuições teóricas de frequências

Quanto às distribuições, a de Poisson não indicou um bom ajuste para o pulgão preto demonstrando que os insetos não estão distribuídos aleatoriamente no campo. Apenas três das doze amostragens (nos dias 12/05/2011 no Campo I e 29/04/2011 e 20/05/2011 no Campo II) obtiveram um bom ajuste para esta distribuição (Tabela 16). Nas outras nove amostras a diferença significativa foi ao nível de 1% de probabilidade.

Por outro lado se observa que houve um bom ajuste para a distribuição binomial negativa em dez das onze amostragens que tiveram graus de liberdade suficientes para a análise. Assim, nessas datas a população de pulgões apresentou arranjo agregado de seus indivíduos (Tabela 16). A avaliação no dia 27/05/2011 no Campo I foi a única amostragem que não se ajustou com a distribuição Binomial Negativa sendo a diferença no ajuste significativamente diferente a 5% de probabilidade. A amostragem do dia 12/05/2011 do Campo I não teve classes de frequências suficientes para possuir um grau de liberdade adequado para a análise.

Tabela 16 – Teste de qui-quadrado de aderência das frequências observadas e esperadas pelas distribuições de Poisson e Binomial Negativa para o *Aphis craccivora* Koch, 1854, em *Vigna unguiculata* (L.) Walp. Fortaleza, 2011.

	Data	Poisson		Binomial negativa	
		χ^2	G.L.	χ^2	G.L.
Campo I	29/04/2011	65,07 **	27	17,52 ^{ns}	26
	05/05/2011	126,69 **	16	15,86 ^{ns}	15
	12/05/2011	3,12 ^{ns}	1	-	-
	20/05/2011	51,99 **	8	4,25 ^{ns}	7
	27/05/2011	85,74 **	9	17,07 [*]	8
	03/06/2011	46,91 **	15	3,97 ^{ns}	14
Campo II	29/04/2011	4,43 ^{ns}	2	2,40 ^{ns}	1
	06/05/2011	180,51 **	11	8,27 ^{ns}	10
	13/05/2011	523,90 **	25	18,84 ^{ns}	24
	20/05/2011	4,93 ^{ns}	3	0,41 ^{ns}	2
	27/05/2011	1726,21 **	41	36,70 ^{ns}	40
	03/06/2011	103,77 **	15	6,69 ^{ns}	14

χ^2 : valor do qui-quadrado calculado. G.L.: Grau de liberdade

A avaliação do campo II nos dias 29/04/2011 e 20/05/2011 apresentaram um bom ajuste para ambas as distribuições. Entretanto, no âmbito da estatística ecológica, o melhor ajuste é representado pela distribuição de frequência que apresenta o menor valor de χ^2 calculado (MELO *et al.*, 2006). Neste caso, a Binomial Negativa apresentou o menor valor revelando um melhor ajuste dos dados. Levando em consideração mais esta observação, no

geral apenas a avaliação do dia 12/05/2011, no campo I, se ajustou melhor a distribuição de Poisson.

Esses resultados podem ser explicados pelo comportamento do *A. craccivora* no campo. Quando, na planta infestada por este pulgão, a competição por alimento e espaço aumenta, surge a forma alada do pulgão. Esses pulgões alados são voadores fracos (KRISTOFFERSEN, 2003), sendo necessário, para atingirem grandes distâncias, utilizarem a força dos ventos. Assim quando o inseto adquire a forma alada, ou mesmo pelo contato de uma planta com a outra, o inseto passa para as plantas vizinhas ou próximas formando “reboleiras” caracterizando a distribuição agregada. Eventualmente um inseto alado pode ser levado mais distante pelos ventos, colonizando áreas mais afastadas da sua planta de origem. Com o aumento do número de insetos na planta, ele irá novamente colonizar as plantas vizinhas e assim formar outras “reboleiras”.

3.3 Número de amostras

Para o cálculo do número de amostras foram utilizadas as avaliações dos dias 29/04/2011, 05/05/2011 e 20/05/2011 do Campo I e 06/05/2011, 13/05/2011 e 27/05/2011 do Campo II. As demais datas tiveram uma baixa infestação, apresentando muitas amostras com valor zero, possivelmente devido a precipitações pluviais, não fornecendo uma boa amostra para a aplicação nas fórmulas.

Os resultados dos cálculos do número de amostras, utilizando a fórmula sugerida por Kogan e Herzog (1980) utilizada quando a distribuição espacial é do tipo agregada, e aplicando um nível de precisão de 25% estão na tabela 17. Optou-se por utilizar este nível de precisão porque é um valor adequado quando a intensão é a aplicação no Manejo Integrado de Pragas (SOWTHWOOD; HENDERSON, 2000). Obteve-se uma grande amplitude nos números de amostras que variaram entre 12 e 494, sendo que três delas estão entre 80 e 85 amostras.

Tabela 17 – Estimativa do número de unidades amostrais para avaliar a população de *Aphis craccivora* Koch, 1854, em plantio de *Vigna unguiculata* (L.) Walp, obtida pela equação proposta por Kogan & Herzog (1980) com um índice de precisão de 25%. Fortaleza, 2011.

	Datas	Número de amostras
Campo I	29/04/2011	81
	05/05/2011	12
	20/05/2011	85
Campo II	06/05/2011	80
	13/05/2011	195
	27/05/2011	494

Aplicando a equação da variância relativa (VR) até a obtenção de uma precisão menor ou igual a 25% em cada data de amostragem foram gerados os valores contidos na tabela 18. Observa-se, também, uma grande variação no número de amostras que varia de cinco até 45.

Tabela 18 – Estimativa do número de unidades amostrais para avaliar a população de *Aphis craccivora* Koch, 1854, em plantio de *Vigna unguiculata* (L.) Walp, obtidas através de uma variância relativa (VR) menor ou igual a 25%. Fortaleza, 2011.

	Datas	Número de amostras	VR (%)
Campo I	29/04/2011	15	20,7
	05/05/2011	5	19,81
	20/05/2011	30	19,32
Campo II	06/05/2011	25	23,32
	13/05/2011	35	19,64
	27/05/2011	45	23,85

Os menores números de amostras, em ambas as equações, foram obtidos no dia 05/05/2011 possivelmente devido haver uma variância baixa e uma maior média (Tabela 17) e assim maior número de insetos no campo, sendo necessário um menor número de amostras para chegar a um valor representativo da área. Já o maior número de amostras foi obtido no dia 27/05/2011. Nesta amostragem observa-se, além da segunda maior média do experimento, uma alta variância (Tabela 15) e, assim, uma maior dispersão nos dados sendo necessário um maior número de amostras chegando até próximo de 500 (Tabela 17).

O modelo de distribuição agregado, no qual o pulgão *A. craccivora* se ajustou melhor, exige um maior número de unidades amostrais do que qualquer outro tipo de distribuição espacial quando na realização de um processo de amostragem (RODRIGUES; FERNANDES; SANTOS, 2010). Entretanto, se for considerado sob o ponto de vista da

aplicação destes resultados em uma prática rotineira relativa à avaliação de campos submetidos ao MIP (SOUTHWOOD; HENDERSON, 2000), os resultados baseados em Kogan e Herzog (1980) superestimam os números de amostras necessárias. Por outro lado os resultados alcançados mediante o uso da equação de VR nos permite uma indicação segura de um menor número de amostras. Assim, diante destes resultados, pode-se sugerir um número de 45 amostras durante todo o ciclo da cultura tomando-se como unidade amostral toda a planta. Esse valor é semelhante ao sugerido por Sprenkel (2009) que recomenda 40 amostras para avaliação de *Aphis gossypii* em algodoeiro.

4 CONCLUSÃO

1. O pulgão preto do feijoeiro (*A. craccivora*) apresenta o modelo de distribuição agregada;
2. A distribuição Binomial Negativa é o modelo mais adequado para representar a distribuição do *A. craccivora* em áreas de produção de *V. unguiculata*;
3. Quarenta e cinco é o número de amostras adequado para a estimativa da população de *A. craccivora* em campos de *V. unguiculata* para aplicação em programas de Manejo Integrado de Pragas.

5 REFERÊNCIAS

ANSCOMBE, F. J. Sampling Theory of the Negative Binomial and Logarithmic Series Distributions. **Biometrika**, v. 37, n. 3/4, p. 358-382, 1950.

BARBOSA, J. C.; PERECIN, D. Modelos probabilísticos para distribuições de lagartas de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797), na cultura do milho. **Científica**, v. 10, p. 181-191, 1982.

BIANCO, R. Disposicion espacial de *Aeneolamia* spp (Homoptera: Cercopidae) em zacate pangola (*Digitaria decumbens* sant.). **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 57, p. 95-108, 1984.

BUNTIN, G. D. Developing a primary sampling program. In: PEDIGO, L. P.; BURTIN, G. D. (Ed.) **CRC handbook of sampling methods for arthropods in agriculture**. Boca Raton: CRC Press inc, 1994. cap. 6, p. 99-115.

CESCONETTO, A. O.; FAVERO, S.; OLIVEIRA, A. K. M.; SOUZA, C. C. Distribuição espacial do dano da lagarta do cartucho do milho *Sposoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797), em Sidrolândia, Mato Grosso do Sul. **Ensaio e Ciência**, v. 9, n. 2, p. 305-314, 2005.

ELLIOTT, J. M. **Some methods fot the statistical analysis of sample of benthic invertebrates**. 2.ed. Ambleside: Freshwater Biological Association, 1977. 159p.

ELLIOTT, N. C.; KIECKHEFER, R. W.; WALGENBACH, D. D. Binomial sequential sampling methods for cereal aphids in small grains. **Journal of Economic Entomology**, v. 83, n. 4, p. 1381-1387, 1990.

FARIAS, P. R. S.; BARBOSA, J. C.; BUSOLI, A. C. Distribuição espacial da lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera:Noctuidae), na cultura do milho. **Neotropical Entomology**, v. 30, n. 4, p. 681-689, 2001.

FERNANDES, M. G.; BUSOLI, A. C.; BARBOSA, J. C. Distribuição espacial de *Alabama argilacea* (Hübner) (Lepidoptera:Noctuidae) em algodoeiro. **Neotropical Entomology**, v. 32, n. 1, p. 107-115, 2003.

GREEN, R. H. Measurement of non: randomness in spatial distributions. **Researches on Population Ecology**, v. 8, 1, p. 1-7, 1966.

GUERREIRO, J. C.; VERONEZZI, F. R.; ANDRADE, L. L.; BUSOLI, A. C.; BARBOSA, J. C.; BERTI FILHO, E. Distribuição espacial do predador *Doru luteipes* (Scudder, 1876) (Dermaptera: Forficulidae) na cultura do milho. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, n. 7, 2005.

KOGAN, M.; HERZOG, D. C. Sequential sampling. In: KOGAN, M.; HERZOG, D. C. (Ed.). **Sampling methods in soybean entomology**. New York: Springer Verlag, 1980. 587 p.

KRISTOFFERSEN, L. **The chemical ecology of Homoptera: from host plants to conspecific interactions**. Suécia: Department of Ecology Lund University. 2003. 39 p. (Introductory paper no 147).

MARUYAMA, W. I.; BARBOSA, J. C.; TOSCANO, L. C. Distribuição espacial de *Oncometopia facialis* (Signoret) (Memiptera: Cicadellidae) em pomar cítrico. **Neotropical Entomology**, v. 35, n. 1, p. 93-100, 2006.

MELO, E. P.; FERNANDES, M. G.; DEGRANDE, P. E.; CESSA, R. M. A.; SALOMÃO, J. L.; NOGUEIRA, R. F. Distribuição espacial de plantas infestadas por *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) na cultura do milho. **Neotropical Entomology**, v. 35, n. 5, p. 689-697, 2006.

MORISITA, M. Ið index, a measure of dispersion of individuals. **Researches on Population Ecology**, Tokyo, v. 4, p. 1-7, 1962.

OBOPILE, M. Economic threshold and injury levels for control of cowpea aphid, *Aphis craccivora* Linnaeus (Homoptera: Aphididae) on cowpea. African **Plant Protection**, v. 12, p. 111-115, 2006.

PEDIGO, L. P.; RICE, M. E. **Entomology and pest management**. 6.ed. New Jersey: Upper Saddle River, 2009. 784 p.

RAHMANI, H.; FATHIPOUR, Y.; KAMALI, K. Spatial distribution and seasonal activity of *Panonychus ulmi* (Acari: Tetranychidae) and its predator *Zetzelia mali* (Acari: Stigmaeidae) in apple orchards of Zanjan, Iran. **Journal of Agricultural Science and Technology**, v. 12, p. 155-165, 2010.

RAKHSHANI, E.; TALEBI, A. A.; KAVALLIERATOS, N. G.; REZWANI, A.; MANZARI, S.; TOMANOVIĆ, Ž. Parasitoid complex (Hymenoptera, Braconidae, Aphidiinae) of *Aphis craccivora* Koch (Hemiptera: Aphidoidea) in Iran. **Journal of Pest Science**, v. 78, n. 4, p. 193-198, 2005.

RICKLEFS, R. E. **A economia da natureza**. 5.ed. Rio de Janeiro: Guanabara/Koogan, 2003. 470 p.

RODRIGUES, T. R.; FERNANDES, M. G.; SANTOS, H. R. Distribuição espacial de *Aphis gossypii* (Glover) (Hemiptera, Aphididae) e *Bemisia tabaci* (Gennadius) biótipo B (Hemiptera, Aleyrodidae) em algodoeiro *Bt* e não-*Bt*. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 54, n. 1, p. 136-143, 2010.

SEDARATIAN, A.; FATHIPOUR, Y.; TALEBI, A. A.; FARAHANI, S. Population density and spatial distribution pattern of *Thrips tabaci* (Thysanoptera: Thripidae) on different soybean varieties. **Journal of Agricultural Science and Technology**, v. 12, p. 275-288, 2010.

SILVA, J. F.; BLEICHER, E. Resistência de genótipos de feijão-de-corda ao pulgão-preto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, n.10, p.1089-1094, 2010.

SILVA, P. H. S.; CARNEIRO, J. S.; QUINDERÉ, M. A. W. Pragas. In: FILHO, F. R. F.; LIMA, J. A. A.; RIBEIRO, V. Q. (Ed.) **Feijão-caupi**: avanços tecnológicos. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. p. 369-402.

SOUTHWOOD, T. R. E.; HENDERSON, P. A. **Ecological methods**. 3.Ed. Oxford: Blackwell Science. 2000. 575p.

SPRENKEL, R.K. **Cotton pest monitoring manual for Florida**. Institute of Food and Agricultural Sciences: University of Florida, 2009. Disponível em: [www.http://edis.ifas.ufl.edu/nfrec21](http://edis.ifas.ufl.edu/nfrec21). Acesso em: 11 ago. 2011.