



Resistance in advanced cowpea lines to *Aphis craccivora* Koch, 1854 (Hemiptera: Aphididae)

Resistência de linhagens avançadas de feijão-caupi a Aphis craccivora Koch, 1854 (Hemiptera: Aphididae)

Leandro Carvalho da Silva^{1*}, Daniel Rodrigues Nere², Antonia Débora Camila de Lima Ferreira³, Ervino Bleicher⁴

Abstract: The Brazilian cowpea crop has been increasing in recent years due to the launch of new cultivars. However these are, in some cases, susceptible to cowpea aphid. In view of this, studies of the biology of, one of the main insect pests on advanced cowpea lines, is essential, since they form the next new cultivars to be released. Accordingly, the objective of the evaluate the main advanced cowpea lines that confer resistance over the biological aspects of *Aphis craccivora* Koch. Eight advanced cowpea lines were studied, plus cultivar VITA 7 to provide a standard for aphid susceptibility. Number of living individuals, the longevity of insects and number of descendants produced were recorded daily. Highest nymph mortality rates, longest inter-generation intervals and the lowest reproductive duration, occurred when the aphids had lines MNCO4-762F-03 and MNCO4-762F-09 as host plants. Daily fecundity values (3.0 to 8.0 nymphs per day) varied according to lineage. Lowest total fecundity values were recorded when aphids fed on MNCO4-762F-03, MNCO4-762F-09 and MNCO4-792F-123 lines. MNCO4-762F-03 and MNCO4-762F-09 lines negatively impacted *A. craccivora* biology, and were the least suitable as hosts.

Key words: Aphids. Reproductive capacity. *Vigna unguiculata*. Resistant plants.

Resumo: A cultura do feijão-caupi vem crescendo a cada ano no Brasil em razão do lançamento de novas cultivares, que são, em alguns casos, suscetíveis ao Pulgão-preto. Em vista disso, o estudo dos aspectos biológicos de um dos principais insetos pragas da cultura em linhagens avançadas de feijão-caupi, as quais serão as novas cultivares lançadas, é essencial. Assim, objetivou-se avaliar as principais linhagens de feijão-caupi que conferem resistência aos aspectos biológicos de *Aphis craccivora* Koch. Foram utilizadas oito linhagens avançadas de feijão-caupi e a cultivar VITA 7 como padrão de suscetibilidade ao afídeo. Diariamente foram registrados o número de indivíduos vivos, a longevidade dos insetos e o número de descendentes produzidos. As maiores taxas de mortalidade ninfal, período de uma geração e menor período reprodutivo do afídeo, ocorreram quando estes tiveram como planta hospedeira as linhagens MNCO4-762F-03 e MNCO4-762F-09. Os valores de fecundidade diária (3,0 a 8,0 ninfas por dia) variaram de acordo com a linhagem. Os menores valores de fecundidade total foram registrados quando os afídeos se alimentaram das linhagens MNCO4-762F-03, MNCO4-762F-09 e MNCO4-792F-123. As linhagens MNCO4-762F-03 e MNCO4-762F-09 afetaram a biologia do *A. craccivora*, sendo as menos adequadas como hospedeiros.

Palavras-chave: Afídeos. Capacidade reprodutiva. *Vigna unguiculata*. Plantas resistentes.

*Corresponding author

Submitted for publication on 22/05/2019 and approved 30/07/2019

¹Postgraduate Program in Agronomy (PPGAGRO), Federal Rural University of Amazonia, CEP 66077-830 Belém, PA. Email: l.carvalho.agro@gmail.com

²Postgraduate Program in Agronomy/Phytotechnics (PPGAF), Federal University of Ceará, CEP 60455-760, Fortaleza, CE, Brasil. Email: danielnere@gmail.com

³Postgraduate Program in Agronomy (PPGA), Federal University of Paraíba, CEP 58397-000, Areia, PB, Brasil. Email: deboracamilla1@hotmail.com

⁴Phytotechnics Department, Federal University of Ceará, CEP 60455-760, Fortaleza, CE, Brasil. Email: ervinob@gmail.com

INTRODUCTION

From 2006 onwards, cowpea (*Vigna unguiculata* (L) Walp.) cultivation in Brazil expanded. Originally cultivated only in the North and Northeast regions of the country, where it was favoured for subsistence culture due to the low cost of production, it began to be cultivated in the Brazilian Midwest, especially in the state of Mato Grosso, to be grown as a minor crop (*safrinha*) though, in some cases, as a main crop. This expansion was due to the launch of new cultivars with favorable agronomic characteristics. These were mainly based on the form of plant architecture, either erect and semi-erect, which proved suitable for mechanized agriculture (FREIRE FILHO *et al.*, 2011; FREIRE FILHO *et al.*, 2017).

Pest attack is one of the key factors limiting growth of cowpea crop in Brazil, with the cowpea aphid *Aphis craccivora* Koch, 1854 (Hemiptera: Aphididae) considered one of the main pests. Controlling these insects is very difficult because they develop fast and have a high reproductive rate (AKCA *et al.*, 2015). For the individual plant, these aphids can cause direct (through sap suction) and indirect damage (vectoring disease during feeding). Both lead to decreased productivity, and their control also increases production costs (FREIRE FILHO *et al.*, 2011; OLIVEIRA *et al.*, 2012).

The use of aphid resistant cultivars would be an alternative to chemical control methods. It is considered economical, safe and effective, and keeps pest insect populations at low levels. This alternative, in addition to reducing the use of chemical insecticides and their residues, avoids the appearance of chemical resistant insects, reduces mortality of beneficial arthropod populations, and diminishes spread of viruses when the vector insect is an aphid. (LARA, 1991; KISHABA *et al.*, 1992; McMENNEMY *et al.*, 2009; TANGUY; DEDRYVER, 2009; SILVA; BLEICHER, 2010; SMITH; CHUANG, 2014; RUBIALES *et al.*, 2015). Overall, there are benefits both to the environment and to the health and economy of the farmer.

In Brazil, there are few studies on the biology of the cowpea aphid on cowpea (VALENTE *et al.*, 2014; PORTELA, 2018). Those that exist generally use the VITA 7 cultivar, which is little-used agriculturally and which is highly susceptible to infestation (MORAES; BLEICHER, 2007; SILVA *et al.*, 2018). On the other hand, many of the cowpea cultivars already on the market are susceptible to cowpea aphid (MORAES; BLEICHER, 2007; SILVA *et al.*, 2012; BANDEIRA *et al.*, 2015; MELVILLE *et al.*, 2016; LOURENÇO *et al.*, 2018; SILVA *et al.*, 2018), This both decreases productivity and increases production costs for farmers using pest control products.

INTRODUÇÃO

A partir do ano de 2006, o cultivo do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L) Walp.) no Brasil se expandiu, deixando de ser cultivado apenas nas regiões Norte e Nordeste do país, o que ocorria em razão do baixo custo de produção e como cultura de subsistência. Ele chegou à região Centro-Oeste, mais precisamente ao estado de Mato Grosso, para ser cultivado na forma de safrinha e, em alguns casos, como cultura principal. Essa expansão ocorreu em razão do lançamento de novas cultivares com características agrônômicas favoráveis e, principalmente, pelo tipo de arquitetura da planta, que possui porte ereto e semiereto, as quais proporcionaram o processo de mecanização (FREIRE FILHO *et al.*, 2011; FREIRE FILHO *et al.*, 2017).

O ataque de pragas é um dos fatores que limitam o crescimento da cultura do feijão-caupi no Brasil, sendo o pulgão-preto *Aphis craccivora* Koch, 1854 (Hemiptera: Aphididae) considerado uma das principais. Por serem insetos que apresentam rápido desenvolvimento e alta taxa de reprodução, o seu controle se torna muito difícil (AKCA *et al.*, 2015). Na planta, esses afídeos podem causar danos diretos (através da sucção) e indiretos (vetores de doenças) através de sua alimentação, o que, conseqüentemente, levará à diminuição da produtividade, elevando assim os custos de produção em razão do seu controle (FREIRE FILHO *et al.*, 2011; OLIVEIRA *et al.*, 2012).

A utilização de cultivares resistentes ao afídeo seria uma alternativa ao método de controle químico por ser considerada econômica, segura e eficaz, mantendo as populações de insetos pragas em níveis baixos. Essa alternativa, além de diminuir o uso de inseticidas químicos e seus resíduos, evita o aparecimento de insetos resistentes ao produto químico, reduz a mortalidade das populações de artrópodes benéficos e diminui a propagação de vírus quando o inseto vetor é um afídeo (LARA, 1991; KISHABA *et al.*, 1992; McMENNEMY *et al.*, 2008; TANGUY; DEDRYVER, 2009; SILVA; BLEICHER, 2010; SMITH; CHUANG, 2014; RUBIALES *et al.*, 2015). Por fim, beneficia o meio ambiente e a saúde dos agricultores.

No Brasil, são relatados poucos trabalhos referentes aos aspectos biológicos do pulgão-preto sobre o feijão-caupi (VALENTE *et al.*, 2014; PORTELA, 2018), utilizando-se geralmente a cultivar VITA 7, pouco cultivada pelos agricultores e altamente suscetível à praga (MORAES; BLEICHER, 2007; SILVA *et al.*, 2018). Por outro lado, muitas cultivares de feijão-caupi já lançadas no mercado apresentam-se como suscetíveis ao pulgão-preto (MORAES; BLEICHER, 2007; SILVA *et al.*, 2012; BANDEIRA *et al.*, 2015; MELVILLE *et al.*, 2016; LOURENÇO *et al.*, 2018; SILVA *et al.*, 2018), o que acaba levando a uma diminuição da produtividade e, conseqüentemente, ao aumento dos custos de produção dos agricultores, que utilizam produtos para controle da praga.

Current advanced lines will eventually form the new cowpea cultivars released for agricultural use in Brazil. Given this, information on the biology of cowpea aphid raised on such lines can be used to help predict their resistance or susceptibility and, consequently, the number of generations of the aphid present during the cultivation period. In such studies it will then make it possible to predict the number of applications required for chemical control. Accordingly, the objective of the evaluate the main advanced cowpea lines that confer resistance over the biological aspects of *Aphis craccivora* Koch.

MATERIAL AND METHODS

The work was carried out in June 2016, at the PICI Campus of the Center for Agricultural Sciences (CCA), Federal University of Ceará (UFC), Fortaleza, in a screened greenhouse, with the side walls covered with antiaphid screen and roofed with 200 micron plastic.

Eight advanced semi-erect and semi-prostrate *V. unguiculata* lines were used, with cultivar VITA 7, highly susceptible to cowpea aphid, as a control (total, nine treatments) (Table 1). Lines came from the Mid-North Embrapa breeding program at Teresina, Piauí state, Brazil.

Aphids used in the research came from colonies created by the UFC Plant Protection Sector, which are maintained on cultivar VITA 7 (at room temperature), due to the already proven susceptibility of this form to *A. craccivora*. Adult female aphids were used when infesting study plant treatments.

Diante disso, as informações de aspectos biológicos do pulgão-preto frente às linhagens, as quais futuramente serão as novas cultivares de feijão-caupi lançadas no Brasil, são necessárias para auxiliar na previsão da resistência ou suscetibilidade dos materiais e, com isso, prever o número de gerações do afídeo durante o período de cultivo. Ao final, será possível prognosticar o número de aplicações necessárias ao controle químico. Diante disso, objetivou-se avaliar as principais linhagens avançadas de feijão-caupi que conferem resistência sobre os aspectos biológicos de *Aphis craccivora* Koch.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no mês de junho de 2016, no Campus do PICI do Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal do Ceará (UFC), Fortaleza, em casa de tela, com as paredes laterais recobertas com tela antiáfida e, na parte superior, com plástico de 200 micras de espessura.

Foram utilizadas oito linhagens avançadas de *V. unguiculata*, de porte semiereto e semiprostrado. Como tratamento controle, utilizou-se a cultivar VITA 7, altamente suscetível ao pulgão-preto, totalizando nove tratamentos (Tabela 1). As linhagens foram disponibilizadas pelo programa de melhoramento genético da Embrapa Meio Norte, Teresina, PI.

Os pulgões utilizados na pesquisa foram provenientes das colônias de criação do Departamento de Fitossanidade da UFC, que eram mantidas sobre a cultivar VITA 7 (em temperatura ambiente), em razão da sua já comprovada suscetibilidade ao *A. craccivora*. Na infestação dos tratamentos, utilizaram-se pulgões fêmeas adultas, ápteras, de coloração preta brilhante.

Table 1 - Cowpea lines with their respective parents or origin as semi-erect and semi-prostrate architecture

Tabela 1 – Linhagens com seus respectivos parentais ou procedência de feijão-caupi de porte semiereto e semiprostrado

Lines	Parent/origin	Architecture
MNCO4-762F-03	(TE96-282-22G x (TE96-282-22G x VITA 7))	SE
MNCO4-762F-09	(TE96-282-22G x (TE96-282-22G x VITA 7))	SE
MNCO4-769F-30	(CE-315 x TE97-304G-12)	SE
MNCO4-795F-168	(MNC99-518G-2 x IT92KD-279-3)	SE
MNCO4-769F-46	(CE-315 x TE97-304G-12)	SP
MNCO4-792F-123	(MNCOO-533D-8-1-2-3 x TVx5058-09C)	SP
MNCO4-792F-129	(MNCOO-533D-8-1-2-3 x TVx5058-09C)	SP
MNCO4-782F-108	((TE97-309G-24 x TE96-406-2E-28-2) x TE97-309G-24)	SP
VITA 7 ⁽¹⁾	(International Institute of Tropical Agriculture – IITA)	SP

¹Cultivate standard susceptible. SE: semi-erect. SP: semi-prostrate.

¹Cultivar padrão de suscetibilidade. SE: semiereto. SP: semiprostrado.

Prior to treatment infestation, colonies were age-standardized to ensure that all adult insects used in trials belonged to the same age group. For this, 12-day old VITA 7 plants were infested with adult aphids. After 24 h of infestation, adults were removed from the plants, so that only nymphs produced in this time interval remained. Once reaching adulthood, by showing a distinct cauda, these animals were used to infest the treatments.

For the trials, 300 mL plastic pots were filled with substrate composed of vermiculite, earthworm humus and soil, in a respectively ratio of 1:3:6. At the start of treatment planting, two cowpea seeds were used per pot; with thinning on the fifth day to leave one plant per pot. At 12-days after planting, uniform plants were infested with five 6-day-old adult aphids from the age-standardized colonies. Next, already-infested plants were placed on equidistant benches and, finally, covered by cages (1.0 x 1.0 x 0.5 m) made of anti-aphid mesh. The study used a completely randomized design (CRD), consisted of nine treatments and ten repetitions.

Adult insects were removed 4 h after infestation by which time, they had produced nymphs. At the same time, surplus nymphs were also removed, to leave only two nymphs per plant for a period of 24 h. At the end of this period, only one best located for observation nymph remained, so forming cohorts with 10 specimens per treatment (i.e. one nymph per plant). Evaluations were carried out daily, until the death of the individuals, during this time the number of live adult individuals and the number of produced offspring were counted. The latter were removed after counting. Longevity of each adult in the cohort aphids was established. These daily evaluation allowed the calculation of: nymph mortality, single generation duration, reproductive interval, single cycle length, plus daily and total individual fecundity.

For data analysis, homodasticity of error variance and data normality were evaluated by Bartlett and Shapiro-Wilk tests. Subsequently, analysis of variance was performed, with averages compared with a Scott-Knott test (5% probability) using the Statistico R Core Team (2016) program (R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria).

To ascertain which cowpea line was most aphid-resistant, the analysis of variance means were ranked according to the methodology of Mulamba and Mock (1978). Here, the lower the mean ranking, the highest the resistance, and more promising the line for future research. Evaluated treatments values were ordered using sum of ranks ($\sum R$), thus ranking the evaluated biological aspects.

Antes da infestação dos tratamentos, realizou-se a padronização etária das colônias, cujo objetivo era garantir que todos os insetos adultos utilizados nos ensaios pertencessem à mesma faixa etária. Para isso, infestou-se plantas da cultivar VITA 7 com 12 dias de idade com pulgões adultos. Após 24 h da infestação, os adultos foram retirados das plantas, deixando-se apenas as ninfas produzidas neste intervalo de tempo, as quais quando chegaram à fase adulta foram utilizadas nas infestações dos tratamentos.

Nos ensaios, vasos plásticos de 300 mL foram preenchidos com substrato composto de vermiculita, húmus de minhoca e terra, na proporção de 1:3:6, respectivamente. Ao iniciar o plantio dos tratamentos, utilizaram-se duas sementes de feijão-caupi por vaso; no quinto dia, ocorreu o desbaste, deixando uma planta por vaso. As plantas com 12 dias de idade foram infestadas com cinco pulgões adultos cada, de 6 dias de idade, provenientes das colônias de padronização etária. Em seguida, as plantas já infestadas foram alocadas em bancadas de forma equidistante e, por fim, recobertas por gaiolas (1,0 x 1,0 x 0,5 m) com as laterais e o teto revestidos de tela antiafídica. O trabalho foi disposto em um delineamento inteiramente casualizados (DIC), constando de nove tratamentos e dez repetições.

Os insetos adultos foram retirados 4 h após a infestação em razão de suas parições. Nesse mesmo tempo, também foram retiradas algumas ninfas excedentes, permanecendo apenas duas ninfas por planta, por um período de 24 h. Ao final deste período, permaneceu apenas uma ninfa, formando assim coortes com 10 espécimes por tratamento, ou seja, uma ninfa por planta. Quanto às avaliações, foram realizadas diariamente, até a morte dos indivíduos, quando foram contabilizados: número de indivíduos vivos, assim como seu número de proles produzidas, os quais eram retirados logo após a contagem, e a longevidade dos afídeos da coorte. A partir desses dados foram avaliados: a mortalidade ninfal, período de uma geração, período reprodutivo, período de um ciclo, fecundidade diária e total.

Para análise dos dados, foram avaliadas a homogeneidade da variância dos erros e a normalidade dos dados, por meio dos testes de Bartlett e Shapiro-Wilk. Posteriormente, realizou-se a análise de variância, onde as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade, utilizando o programa Statistico R Core Team (2016) (R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria).

Com o resultado das análises de variância e a fim de se conhecer a linhagem com maior grau de resistência, através da ação conjunta destas sobre os aspectos biológicos do inseto, as médias foram ranqueadas segundo metodologia de Mulamba e Mock (1978), atribuindo-se a menor nota, a média de máximo interesse da pesquisa, no caso, a maior resistência. Em ordem de cada tratamento avaliado, os valores, no caso, a posição do ranqueamento correspondente aos aspectos biológicos avaliados, foram somados, surgindo assim o somatório de postos ($\sum p$).

RESULTS AND DISCUSSION

Bartlett and Shapiro-Wilk tests found no violations of the assumptions of normality or error variance homogeneity. Except for the cycle duration, analysis of variance showed significant differences ($P \leq 0.05$) in the *A. craccivora* reproductive biology according to the type of host plant (Table 2). Responses fell into two groups, allowing lines to be classified as aphid resistant and susceptible.

Evaluated aphid survival was influenced by the type of host plant. The lines MNCO4-762F-03 and MNCO4-762F-09 caused high nymphal mortality (some 70% of the evaluated aphid nymph population). In contrast, there was no recorded nymphal mortality for MNCO4-769F-30, MNCO4-795F-168 and VITA 7 lines (Table 2). This observed high nymphal mortality rate confirms that MNCO4-762F-03 and MNCO4-762F-09 are not suitable lines for the development of the cowpea aphid. This being a classic example of antibiosis (OBOPILE; OSITILE, 2010).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os testes de Bartlett e Shapiro-Wilk, não revelaram violações dos pressupostos de normalidade e homogeneidade de variância dos erros. As análises de variância indicam que houve diferenças significativas ($P \leq 0,05$) nos aspectos biológicos de *A. craccivora* de acordo com o tipo de planta hospedeira (Tabela 2), com exceção para o período de um ciclo, ocorrendo à formação de dois grupos, os quais foram classificados como resistentes e suscetíveis.

A sobrevivência dos pulgões avaliados foi influenciada pelo tipo de planta hospedeira. As linhagens MNCO4-762F-03 e MNCO4-762F-09 ocasionaram elevada taxa de mortalidade ninfal, cerca de 70% da população de ninfas dos afídeos avaliados. Em contrapartida, nas linhagens MNCO4-769F-30, MNCO4-795F-168 e no padrão VITA 7, não houve mortalidade (Tabela 2). Essa alta taxa de mortalidade de ninfas confirma a hipótese de que as linhagens MNCO4-762F-03 e MNCO4-762F-09 não são hospedeiras adequadas ao desenvolvimento do pulgão-preto, sendo este um evento clássico de resistência por antibiose (OBOPILE; OSITILE, 2010).

Table 2 - Aspects of the reproductive biology (mean + SE) of *Aphis craccivora* on different cowpea (*V. unguiculata*) lines

Tabela 2 – Aspectos biológicos (média + EP) de *Aphis craccivora* em diferentes linhagens de Feijão-caupi (*V. unguiculata*)

Treatments ⁽¹⁾	Nymph mortality (%)	R ⁽²⁾	Generation time (days)	R	Reproductive duration (days)	R	Cycle duration (days)	R
MNCO4-762F-09	70.0	1	6.7 + 0.33a	1	2.7 + 1.20a	2	9.3 + 0.88a	1
MNCO4-762F-03	70.0	1	7.0 + 0.58a	2	2.3 + 0.88a	1	9.3 + 0.67a	1
MNCO4-792F-129	20.0	2	5.9 + 0.52b	7	7.6 + 0.94b	8	14.0 + 1.40a	6
MNCO4-769F-46	40.0	3	5.3 + 0.21b	6	5.5 + 1.34b	6	11.0 + 1.34a	3
MNCO4-792F-123	50.0	4	5.2 + 0.20b	5	4.4 + 1.17b	3	10.0 + 1.55a	2
MNCO4-769F-30	0.00	6	5.1 + 0.10b	4	4.9 + 0.71b	4	10.0 + 0.65a	2
MNCO4-795F-168	0.00	6	5.0 + 0.00b	3	5.3 + 0.70b	5	10.0 + 0.70a	2
MNCO4-782F-108	10.0	5	5.0 + 0.00b	3	5.3 + 0.76b	5	11.4 + 0.82a	4
VITA 7	0.00	6	5.0 + 0.00b	3	6.7 + 0.30b	7	11.7 + 0.30a	5
F. ⁽³⁾			6.637*		2.930*		2.212 ^{ns}	
C. V. ⁽⁴⁾ %			11.45		40.67		23.09	

⁽¹⁾ Averages followed in the columns by the same letters do not differ statistically (Scott-Knott test 5% probability). ⁽²⁾ Rank occupied in relation to observed variable. ⁽³⁾ Snedecor's F-test. ⁽⁴⁾ C.V. (%) - Coefficient of variation in percentage.

⁽¹⁾ Médias seguidas de letras iguais nas colunas não diferem pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. ⁽²⁾ Posto ocupado quanto à variável observada. ⁽³⁾ F - teste F de Snedecor. ⁽⁴⁾ C.V. (%) - Coeficiente de variação em porcentagem.

A. craccivora on different lines showed significant differences in generation times ($P \leq 0.05$). Insects raised on MNCO4-762F-03 and MNCO4-762F-09 had longer development times (7.00 and 6.66 days) than those raised on other lines (5.00 and 5.87 days) (Table 2). Such values found are higher than those reported by De La Palva and Sepúlveda-Cano (2015) for *A. craccivora* on *V. unguiculata* (4.64 to 4.60 days). Accordingly, it may be possible that the ability of the lines used in the current study to retard *A. craccivora* development may indicate that the multiplication rate or increase in insect numbers may have been reduced due to the longer average between generation intervals (LIMA *et al.*, 2004).

It is very likely that the higher mortality levels and the extended generation time of aphids on MNCO4-762F-03 and MNCO4-762F-09 are related to plant resistance mechanisms, probably in the form of antibiosis, which ends up negatively affecting the biology of the infesting insect. This makes the host plants unsuitable for both the survival and development of infesting insects (LARA, 1991; ANZABI, 2014).

Additionally, the reproductive period was shorter for aphids feeding on MNCO4-762F-03 and MNCO4-762F-09 lines (2.3 and 2.7 days). Such values differed significantly ($P \leq 0.05$) from those for other lines (Table 2). Aphids on the MNCO4-792F-129 line had longer reproductive period (7.6 days) than those on the VITA 7 standard. Such values were lower than those found by Valente *et al.* (2014), who reported a reproductive period of 4.20 days for cowpea aphid feeding on cultivar TVu 408 (a genotype regarded as aphid-resistant). On the other hand, De La Palva and Sepúlveda-Cano (2015) reported cowpea aphid reproductive periods ranged from 14.20 to 14.70 days on *V. unguiculata* genotypes. For resistant variety V51 (*Vicia faba* L.), *A. craccivora* reproductive period was 7.6 days (LAAMARI *et al.*, 2008).

Taking into consideration the biology of the aphid life cycle, this ranged from 9.3 to 14.0 days, with no significant difference ($P \geq 0.05$) being observed between insects on the studied cowpea lines (Table 2).

O tempo de uma geração de *A. craccivora* apresentou diferenças significativas entre as linhagens avaliadas ($P \leq 0,05$). Os insetos, quando criados sobre MNCO4-762F-03 e MNCO4-762F-09, apresentaram maior tempo de desenvolvimento (7,00 e 6,66 dias), enquanto que nos demais genótipos apresentaram um tempo de geração mais curto (5,00 a 5,87 dias) (Tabela 2). Os valores encontrados são superiores aos reportados por De La Palva e Sepúlveda-Cano (2015) com *A. craccivora* em *V. unguiculata*, com período de uma geração em torno de 4,64 a 4,60 dias. Nesse caso, é possível considerar que a capacidade dessas linhagens em retardar o desenvolvimento de *A. craccivora* pode ser um indicativo de que a taxa de multiplicação ou o aumento do número de insetos poderá ser reduzido devido ao maior tempo médio entre cada geração (LIMA *et al.*, 2004).

Pode-se dizer que a elevada mortalidade e o maior período de uma geração sobre as linhagens MNCO4-762F-03 e MNCO4-762F-09 deve estar relacionada a mecanismos de resistência da planta, como a do tipo antibiose, a qual acaba afetando a biologia do inseto de forma negativa, demonstrando, portanto, a inadequação da planta hospedeira tanto para a sobrevivência como para o desenvolvimento do inseto (LARA, 1991; ANZABI, 2014).

Em relação ao período reprodutivo, foi mais curto quando os afídeos se alimentaram das linhagens MNCO4-762F-03 e MNCO4-762F-09 (2,3 e 2,7 dias), diferindo significativamente ($P \leq 0,05$) das demais linhagens (Tabela 2). Na linhagem MNCO4-792F-129, os insetos apresentaram maior período reprodutivo (7,6 dias), superior ao padrão VITA 7. Esses resultados foram inferiores aos encontrados por Valente *et al.* (2014), quando o pulgão-preto ao se alimentar da cultivar TVu 408, considerado um genótipo resistente, apresentou um período reprodutivo de 4,20 dias. Por outro lado, o período reprodutivo do pulgão-preto variou de 14,20 a 14,70 dias sobre genótipos de *V. unguiculata*, em pesquisa realizada por De La Palva e Sepúlveda-Cano (2015). E na variedade V51 (*Vicia faba* L.), resistente ao *A. craccivora*, o período reprodutivo do inseto foi de 7,6 dias (LAAMARI *et al.*, 2008).

Quanto ao aspecto biológico, período de um ciclo dos afídeos, não foi observado diferença significativa ($P \geq 0,05$) entre as linhagens estudadas. Esse período variou entre 9,3 a 14,0 dias (Tabela 2).

Fecundity is considered as the best biological parameter for indicating the quality of the host plant for reproduction of sucking insects (AWMACK; LEATHER, 2002). In the current study the lowest rates were observed on MNCO4-792F-129, MNCO4-762F-09, MNCO4-792F-123 and MNCO4-762F-03 (3.0; 3.3; 3.4 and 4.4 nymphs per day, respectively) ($P \leq 0.05$). In contrast, when feeding on VITA 7 and MNCO4-795F-168 offspring production rates were 8.0 and 7.7 nymphs per day, respectively, indicating the suitability of these two plant lines as hosts. This shows that there is a significant influence of host plant type on cowpea aphid fecundity. As MNCO4-792F-129, MNCO4-762F-09, MNCO4-792F-123, and MNCO4-762F-03 all showed an adverse effect on *A. craccivora* reproductive performance, a level of resistance is indicated for these lines.

Portela (2018), when evaluating the daily fecundity of *A. craccivora* on *V. unguiculata* (5.73 to 6.97 nymphs per day) and fava bean (*Phaseolus lunatus*) (4.23 to 5.16 nymphs per day) plants treated with silicon for resistance induction, obtained fecundity rates close to or higher than those found in the current study (lines MNCO4-792F-129, MNCO4-762F-09, MNCO4-792F-123 and MNCO4-762F-03). De La Palva and Sepúlveda-Cano (2015) reported cowpea aphid daily fecundity as 3.69 nymphs per day, values similar to those obtained in the current research.

For total *A. craccivora* fecundity, the lowest values were found for aphids feeding on lines MNCO4-762F-03, MNCO4-762F-09, MNCO4-792F-123, MNCO4-792F-129, MNCO4-769F-30 and MNCO4-769F-46 (18.6; 18.7; 18.7; 29.7; 33.8 and 34.5 nymphs per female, respectively), differing significantly ($P \leq 0.05$) from other lines. Results for lines MNCO4-792F-123, MNCO4-762F-03 and MNCO4-762F-09 were close to those reported by Valente *et al.* (2014) for TVu 408, a genotype considered to be aphid-resistant, (15.47 nymphs per female). Portela (2018) reported total *A. craccivora* fecundity values on *Vigna unguiculata* plants, ranging from 75.95 to 90.07 nymphs per female and fava (*Phaseolus lunatus*) from 48.48 to 61.81 nymphs per female. Finally, for *Vicia faba* L. Laamari *et al.* (2008) obtained values of between 38.0 and 80.2 nymphs per female. These studies support the results of the current work, and indicate the adverse effects that the studied lines had on the biology of *A. craccivora*, and being either resistant or susceptible to infestation.

Com relação ao parâmetro fecundidade, considerado como melhor parâmetro biológico para indicar a qualidade da planta hospedeira sobre a reprodução de insetos sugadores (AWMACK; LEATHER, 2002), foi observado uma menor taxa sobre as linhagens MNCO4-792F-129, MNCO4-762F-09, MNCO4-792F-123 e MNCO4-762F-03 (3,0; 3,3; 3,4 e 4,4 ninfas por dia, respectivamente) ($P \leq 0,05$). Em contrapartida, ao se alimentarem de VITA 7 e MNCO4-795F-168, ocorreu a maior produção de descendentes (8,0 e 7,7 ninfas por dia, respectivamente), evidenciando a adequação dessas plantas como hospedeiras. Portanto, fica comprovada a influência do tipo de planta hospedeira para a fecundidade. Visto que em MNCO4-792F-129, MNCO4-762F-09, MNCO4-792F-123 e MNCO4-762F-03 ocorreu um efeito adverso no desempenho reprodutivo do *A. craccivora*, indica-se um nível de resistência.

Portela (2018), ao avaliar a fecundidade diária de *A. craccivora* em plantas de *V. unguiculata* (5,73 a 6,97 ninfas por dia) e fava (*Phaseolus lunatus*) (4,23 a 5,16 ninfas por dia) tratadas com silício para indução de resistência, obteve valores de fecundidade maior e próximos aos encontrados sobre as linhagens MNCO4-792F-129, MNCO4-762F-09, MNCO4-792F-123 e MNCO4-762F-03. Em trabalho realizado por De La Palva e Sepúlveda-Cano (2015), a fecundidade diária do pulgão-preto foi de 3,69 ninfas por dia, corroborando com os resultados obtidos nesta pesquisa.

Com relação à fecundidade total de *A. craccivora*, verificou-se os menores valores quando os afídeos se alimentaram das linhagens MNCO4-762F-03, MNCO4-762F-09, MNCO4-792F-123, MNCO4-792F-129, MNCO4-769F-30, e MNCO4-769F-46 (18,6; 18,7; 18,7; 29,7; 33,8 e 34,5 ninfas por fêmea), diferindo significativamente ($P \leq 0,05$) das demais linhagens. Os resultados encontrados para as linhagens MNCO4-792F-123, MNCO4-762F-03 e MNCO4-762F-09 foram próximos aos encontrados por Valente *et al.* (2014) sobre o genótipo considerado como resistente, TVu 408 (15,47 ninfas por fêmea). Já Portela (2018) encontrou valores de fecundidade total de *A. craccivora* em plantas de *Vigna unguiculata*, variando entre 75,95 a 90,07 ninfas por fêmea e em fava (*Phaseolus lunatus*) de 48,48 a 61,81 ninfas por fêmea. Por fim, Laamari *et al.* (2008) em *Vicia faba* L. obteve valores entre 38,0 a 80,2 ninfas por fêmea. Esses trabalhos corroboram com os resultados da presente pesquisa, demonstrando assim os efeitos adversos que as linhagens estudadas causaram na biologia de *A. craccivora*, se comportando como resistentes ou suscetíveis.

Following Mulamba and Mock (1978), the joint action of cowpea lines on *A. craccivora* reproductive biology was investigated via sum of ranks (Tables 2 and 3). The highest degree of plant resistance against the aphid was found in MNCO4-762F-09 and MNCO4-762F-03, the lines with the lowest sum of ranks (Σr) (8.0 and 9.0) (Table 3). Such results indicate these are the most promising among the studied lines, in terms of aphid resistance, considering the evaluated variables.

Ao avaliar a ação conjunta das linhagens sobre os aspectos biológicos do *A. craccivora*, mediante Mulamba e Mock (1978), através do somatório de postos (Tabelas 2 e 3), verificou-se que o maior grau de resistência da planta frente ao afídeo ocorreu sobre as linhagens MNCO4-762F-09 e MNCO4-762F-03, as quais apresentaram menor soma de postos (Σp) (8,0 e 9,0) (Tabela 3). Esse resultado evidencia o grau de resistência dessas linhagens, as mais promissoras entre as linhagens estudadas, ao se levar em consideração as variáveis avaliadas.

Table 3 – Daily fertility, total (mean + SE) and sum of ranks (Σr) for *Aphis craccivora* on different cowpea (*V. unguiculata*) lines

Tabela 3 – Fecundidade diária, total (média + EP) e soma de postos (Σp) de *Aphis craccivora* em diferentes linhagens de Feijão-caupi (*V. unguiculata*)

Treatments ⁽¹⁾	Daily fecundity	R ⁽²⁾	Total fecundity	R	Σr ⁽³⁾
MNCO4-762F-09	3.3 + 0.77a	2	18.6 + 1.76a	1	8.00*
MNCO4-762F-03	4.4 + 0.55a	3	18.6 + 1.33a	1	9.00
MNCO4-792F-129	3.0 + 0.43a	1	29.7 + 3.69a	2	25.0
MNCO4-769F-46	4.9 + 0.92a	5	34.5 + 5.64a	4	26.0
MNCO4-792F-123	3.4 + 0.79a	4	18.6 + 4.59a	1	19.0
MNCO4-769F-30	6.3 + 0.87b	6	33.8 + 5.77a	3	24.0
MNCO4-795F-168	7.7 + 1.10b	8	47.0 + 5.95b	5	28.0
MNCO4-782F-108	6.8 + 1.25b	7	54.4 + 6.17b	6	29.0
VITA 7	8.0 + 1.61b	9	61.6 + 3.72b	7	36.0
F. ⁽⁴⁾	4.149		7.503		
C. V. ⁽⁵⁾ %	54.49		37.38		

⁽¹⁾ Averages followed by the same letters in columns are not significantly different (Scott-Knott test, 5% probability). ⁽²⁾ Rank occupied in relation to observed variable. ⁽³⁾ Sum of all ranks (R) (Tables 2 and 3). ⁽⁴⁾ Snedecor's F-test. ⁽⁵⁾ C.V. (%) - Coefficient of variation in percentage * The smaller the sum of ranks, the greater the level of cowpea aphid resistance shown by the advanced lines.

⁽¹⁾ Médias seguidas de letras iguais nas colunas não diferem pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. ⁽²⁾ Posto ocupado quanto à variável observada. ⁽³⁾ Soma de todos os postos (P) (Tabelas 2 e 3). ⁽⁴⁾ F - teste F de Snedecor. ⁽⁵⁾ C.V. (%) - Coeficiente de variação em porcentagem. *Quanto menor a soma de postos, mais favorável são as linhagens avançadas para a resistência frente ao pulgão-preto.

Another notable feature is the position of line MNCO4-792F-123, which sum of ranks placed as the 3rd most resistant lineage (Table 3). In this case, when between generation, intervals and life cycle durations were considered, this line was statistically equal to VITA 7, the susceptibility benchmark. This would allow the line to be classified as fully susceptible. However, this line also had 50% nymph mortality (Table 2) a low total fecundity value and one of the lowest daily fecundity values (Table 3), causing an overall decrease in insect reproductive potential. Therefore, line MNCO4-792F-123 should be considered as having some resistance, which is capable of circumstantially affecting the cowpea aphid biology. Thus, the line in question can be recommended for crop breeding programs, because, in addition to some resistance to *A. craccivora*, it has a semi-prostrate growth form, allowing it to be grown by small and medium cowpea producers in north and northeast of Brazil. Such resistance would help such farmers reduce their pest control costs.

The evaluated biological aspects of lines MNCO4-769F-30, MNCO4-795F-168 and MNCO4-782F-108 indicated they are strongly suited for development and reproduction of the insect, possessing no obvious resistance mechanisms its development and, consequently, the spread of its population. According to Panizzi and Parra (2009), susceptible plants can potentiate the maximum possible survival of produced nymphs and so allowing the greatest possible between-generation expansion in population both numerically and geographically. In practical terms this would likely result in greater crop damage, enhanced production losses and increased spending on plant health management, including a greater number of chemical insecticide applications to control the pest, due to its brief inter-generational cycle and high reproductive potential, so resulting in a greater number of generations per crop.

The results confirm that lines MNCO4-762F-03 and MNCO4-762F-09 can be considered highly cowpea aphid resistant, as they negatively affect its biology by inducing a high mortality rate, as well as reducing generation time and shorting reproductive life, life cycle, and daily and total fertility. Combined, this resulted in a lowered aphid infestation potential for these lines. Such information is extremely important when launching a new cultivar on the market. By using materials that have a some resistance or highly pest resistance, the chances of pest outbreaks can be diminished or suppressed, thus reducing the number of chemical control applications. This makes them a valuable tool for pest management programs.

Outro fato que chama atenção é a posição da linhagem MNCO4-792F-123, que após a classificação pela soma de postos figura como a 3ª linhagem mais resistente (Tabela 3). Nesse caso, quando se observaram os períodos de uma geração, período reprodutivo e ciclo de vida, a linhagem foi estatisticamente igual ao padrão de suscetibilidade VITA 7, o que poderia induzir a classificação desse material como suscetível. Entretanto, se levar em consideração que esta linhagem ocasionou 50% de mortalidade das ninfas (Tabela 2) e menor valor de fecundidade total e um dos menores valores de fecundidade diária (Tabela 3), ocasionando uma diminuição no potencial reprodutivo do inseto. Portanto, pode-se dizer que a linhagem MNCO4-792F-123 apresenta certa resistência, capaz de afetar circunstancialmente a biologia do pulgão-preto. Dessa forma, a linhagem em questão pode ser recomendada para os programas de melhoramento da cultura, pois, além de certa resistência ao *A. craccivora*, apresenta porte semiprostrado, que são cultivadas em grande parte por pequenos e médios produtores de feijão-caupi da região Norte e Nordeste do Brasil. O que os ajudariam na diminuição dos custos para controlar a praga.

Para as linhagens MNCO4-769F-30, MNCO4-795F-168 e MNCO4-782F-108, seus aspectos biológicos avaliados evidenciaram uma forte adequação das plantas ao desenvolvimento e reprodução do inseto, não oferecendo mecanismos de resistência ao seu desenvolvimento e, consequentemente, a disseminação de sua população. Segundo Panizzi e Parra (2009), em plantas preferidas, ou seja, suscetíveis, espera-se um potencial máximo de contribuição para as próximas gerações, aguardando uma produção máxima de sobrevivência dos indivíduos produzidos e uma reprodução dos adultos em grau máximo, promovendo um significativo incremento populacional, o que na prática implicaria em maiores danos causados à cultura, perdas na produção e aumento com gastos no manejo fitossanitário, como, por exemplo, o maior número de aplicações de inseticidas químicos para controlar a praga, em razão do seu curto período de uma geração e alto potencial reprodutivo, apresentando maior número de gerações por cultivo.

Os resultados confirmam que as linhagens MNCO4-762F-03 e MNCO4-762F-09 podem ser consideradas como altamente resistentes ao pulgão-preto, em razão de afetarem de forma negativa sua biologia ao propiciar uma elevada taxa de mortalidade, assim como o período de uma geração e menor período reprodutivo, ciclo de vida, fecundidade diária e total. O que resultou num menor potencial de infestação do afídeo nas linhagens. Tal informação é extremamente importante na hora de se lançar uma nova cultivar no mercado. Ao se utilizar materiais que apresentem uma certa resistência ou seja altamente resistente a praga, as chances de surtos da praga podem ser retardadas ou suprimidas, reduzindo assim o número de aplicações com controle químico, tornando-se uma ferramenta valiosa para um programa de manejo de praga.

CONCLUSION

The lines MNCO4-762F-03 and MNCO4-762F-09 affect the biology of *A. craccivora*, and so are less appropriate as a host for this insect species.

CONCLUSÃO

As linhagens MNCO4-762F-03 e MNCO4-762F-09 afetaram a biologia do *A. craccivora*, sendo as menos adequadas como hospedeiras desses insetos.

CITED SCIENTIFIC LITERATURE

AKCA, I.; AYVAZ, T.; YAZICI, E.; SMITH, C. L.; CHI, H. Demography and Population Projection of *Aphis fabae* (Hemiptera: Aphididae): with Additional Comments on Life Table Research Criteria. **Journal of Economic Entomology**, v. 108, n. 4, p. 1466-1478, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1093/jee/tov187>

ANZABI, S. H. M.; EIVAZI, A.; ZARGARAN, M. R.; GASEMI-KAHRIZEH, A. Effect of seven canola genotypes on Cabbage Aphid *Brevicoryne brassicae* growth parameters. **Romanian Agricultural Research**, v. 31, p. 75-80, 2014.

AWMACK, C. S.; LEATHER, S. R. Host plant quality and fecundity in herbivorous insects. **Annual Review of Entomology**, v. 47, p. 817-844, 2002.

BANDEIRA, H. F. S.; LIMA, A. C.; STRUCKER, A.; TRASSATO, L. B.; DIONISIO, L. F. S. Preferência do pulgão-preto e da cigarrinha-verde em diferentes genótipos de feijão-caupi em Roraima. **Revista Agro@ambiente On-line**, v. 9, n. 1, p. 79-85, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v9i1.1998>

DE LA PAVA, N. S.; SEPÚLVEDA-CANO, P. A. Biology of black aphid (*Aphis craccivora*: Aphididae) on cowpea (*Vigna unguiculata*, Fabaceae). **Acta Biológica Colombiana**, v. 20, n. 3, p. 93-97, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.15446/abc.v20n3.43064>

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; ROCHA, M. M.; DAMASCENO E SILVA, K. J.; NOGUEIRA, M. S. R.; RODRIGUES, E. V. **Feijão-caupi no Brasil: produção, melhoramento genético, avanços e desafios**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2011. 84p.

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; RODRIGUES, J. E. L. F.; VIEIRA, P. F. M. J. A cultura: aspectos socioeconômicos. IN: DOVALE, J. C.; BERTINI, C. H. C. M.; BOREM, A. eds. **Feijão-caupi: do plantio a colheita**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2017. p. 9-34.

KISHABA, A. N.; CASTLE, S. J.; COUDRIET, D. L.; MCCREIGHT, J. D.; BOHN, G. W. Virus transmission by *Aphis gossypii* Glover to aphid-resistant and susceptible muskmelons. **Journal of the American Society Horticultural Science**, v. 117, p. 248-254, 1992. DOI: <http://dx.doi.org/10.21273/JASHS.117.2.248>

LAAMARI, M.; KHELFA, L.; COEUR D'ACIER, A. Resistance source to cowpea aphid (*Aphis craccivora* Koch) in broad bean (*Vicia faba* L.) Algerian landrace collection. **African Journal of Biotechnology**, v. 7, n. 14, p. 2486-2490, 2008. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ajb.v7i14.59055>

LARA, F. M. **Princípios de resistência de plantas a insetos**. Icone: São Paulo, Brasil, 1991. 336p.

LIMA, M. P. L.; OLIVEIRA, J. V.; BARROS, R.; TORRES, J.B. Alternation of cowpea genotypes affects the biology of *Callosobruchus maculatus* (fabr.) (Coleoptera: Bruchidae). **Scientia Agricola**, v. 61 n. 1, p. 27-31, 2004. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162004000100005>

LOURENÇO, V. R.; SOUSA, A. S.; FERREIRA, A. D. C. L.; BLEICHER, E.; BERTINI, C. H. M. Sources of black aphid resistance in the cowpea. **Revista Agro@ambiente On-line**, v. 12, n. 4, p. 328-338, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v12i4.5120>

McMENEMY, L. S.; MITCHELL, C.; JOHNSON, S. N. Biology of the European large raspberry aphid (*Amphorophora idaei*): its role in virus transmission and resistance breakdown in red raspberry. **Agricultural and Forest Entomology**, v. 11, p. 61-71, 2009.

MELVILLE, C. C.; LIMA, A. C. S.; MORAIS, E. G. F.; OLIVEIRA, N. T. Preferência do pulgão-preto, *Aphis craccivora* Koch (Hemiptera: Aphididae), a genótipos de feijão-caupi. **Revista Agro@ambiente On-line**, v. 10, n. 2, p. 153-160, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v10i2.3042>

- 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. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782007000600008>
- 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, p. 40-51, 1978.
- 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 Pest Science**, v. 83, p. 9-14, 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s10340-009-0262-0>
- OLIVEIRA, C. R. R.; FREIRE FILHO, F. R.; NOGUEIRA, M. S. R.; BARROS, G. B.; EIRAS, M.; RIBEIRO, V. Q.; LOPES, C. A. Reação de genótipos de feijão-caupi revela resistência às infecções pelo Cucumber mosaic virus, Cowpea aphid-borne mosaic virus e Cowpea severe mosaic vírus. **Bragantia**, v. 71, n. 1, p. 59-66, 2012.
- PANIZZI, A. R.; PARRA, J. R. P. **Bioecologia e nutrição de insetos – base para o manejo integrado de pragas**. Embrapa, Brasília, Brasil, 2009. 1169p.
- PORTELA, G. L. F. **Indutores de resistência ao pulgão *Aphis craccivora* Koch, 1854 em feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp. e fava *Phaseolus lunatus***. 2018. 66 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal do Piauí, Teresina.
- RUBIALES, D.; FONDEVILLA, S.; CHEN, W.; GENTZBITTEL, L.; HIGGINS, T. J.; CASTILLEJO, M. A.; SINGH, K. B.; RISPAIL, N. Achievements and challenges in legume breeding for pest and disease resistance. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 34, p. 195-236, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/07352689.2014.898445>
- SILVA, J. F.; BERTINI, C. H. C. M.; BLEICHER, E.; MORAES, J. G. L. Divergência genética de genótipos de feijão-de-corda quanto à resistência ao pulgão-preto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 7, p. 948-954, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2012000700011>
- 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. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2010001000006>
- SILVA, L. C.; NERE, D. R.; BLEICHER, E.; BARBOSA, A. V. C.; TAVARES, E. J. M. Demographic parameters of black aphid in cowpea cultivars. **Ciência Agrícola**, v. 16, n. 1, p. 69-76, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.28998/rca.v16i1.3782>
- SMITH, C. M.; CHUANG, W. Plant resistance to aphid feeding: behavioral, physiological, genetic and molecular cues regulate aphid host selection and feeding. **Pest Management Science**, v. 70, p. 528–540, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/ps.3689>
- TANGUY, S.; DEDRYVER, C-A. Reduced BYDV–PAV transmission by the grain aphid in a *Triticum monococcum* line. **European Journal of Plant Pathology**, v. 123, n. 3, p. 281–289, 2009. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s10658-008-9365-3>
- VALENTE, E. C. N.; TRINDADE, R. C. P.; BROGLIO, S. M. F.; DUARTE, A. G.; RODRIGUES, V. M.; LIMA, H. M. A.; BATISTA, N. S.; SANTOS, J. R. Aspectos biológicos de *Aphis craccivora* Koch (Hemiptera: Aphididae) em cultivares de feijão-caupi *Vigna unguiculata* (L.) Walp. **Ciência Agrícola**, v. 12, n. 1, p. 17-20, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.28998/rca.v12i1.1072>