



LUIZ CARLOS DE MELO JÚNIOR

**SILÍCIO COMO INDUTOR DE RESISTÊNCIA EM COUVE
FOLHA (*Brassica oleracea* L var. *acephala*) AO AFÍDEO *Li-
paphis pseudobrasicae* (Davis, 1914) (HEMIPTERA: APHIDI-
DAE)**

**TERESINA – PI
2022**

LUIZ CARLOS DE MELO JÚNIOR

**SILÍCIO COMO INDUTOR DE RESISTÊNCIA EM COUVE
FOLHA (*Brassica oleracea* L var. *acephala*) AO AFÍDEO *Li-
paphis pseudobrasicae* (Davis, 1914) (HEMIPTERA: APHIDI-
DAE)**

Tese apresentada à Universidade Federal do Piauí, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Agricultura Tropical, para obtenção do Título de Doutor em Ciências.

Orientador

Prof. Dr. Paulo Roberto Ramalho Silva

Coorientadora

Profa. Dra. Solange Maria de França

**TERESINA – PI
2022**

FICHA CATALOGRÁFICA
Universidade Federal do Piauí
Biblioteca Setorial CCA
Serviço de Representação da Informação

M528s Melo Junior, Luis Carlos de.
 Silício como indutor de resistência em couve folha (*Brassica oleracea L var. acephala*) ao afídeo *li-paphis pseudobrasicae* (Davis, 1914) (HEMIPTERA: APHIDI-DAE) / Luis Carlos de Melo Junior. - Teresina, 2022.
 71 f. : il.

 Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Piauí, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Agricultura Tropical, Teresina, 2022.

 “Orientador: Prof. Dr. Paulo Roberto Ramalho Silva .”

 1. Bioecologia. 2. SiO₂. 3. Tabela de Vida. 4. Oxido de Silício. Silva, Paulo Roberto Ramalho. II. Título.

CDD 557.8

Bibliotecário: Rafael Gomes de Sousa - CRB3/1163


LUIZ CARLOS DE MELO JÚNIOR

SILÍCIO COMO INDUTOR DE RESISTÊNCIA EM COUVE DE FOLHA (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*) AO AFÍDEO *Lipaphis pseudobrasicae* (Davis, 1914) (HEMIPTERA: APHIDIDAE).


Tese apresentada à Universidade Federal do Piauí, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, para obtenção do título de Doutor em Agronomia.

APROVADA em 29 de julho de 2022.

Comissão Julgadora:

Documento assinado digitalmente
 Douglas Rafael e Silva Barbosa
Data: 29/07/2022 13:38:44-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>


Prof. Dr. Douglas Rafael e Silva Barbosa – IFMA

Documento assinado digitalmente
 GILSON LAGES FORTES PORTELA
Data: 29/07/2022 15:56:02-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Prof. Dr. Gilson Lages Fortes Portela – IFPI

Documento assinado digitalmente
 MARIANA OLIVEIRA BREDA
Data: 22/09/2022 08:07:28-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Prof^a. Dr^a. Mariana Oliveira Breda – UFAL

Documento assinado digitalmente
 GABRIEL BARBOSA DA SILVA JUNIOR
Data: 29/07/2022 13:47:51-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Prof. Dr. Gabriel Barbosa da Silva Júnior – UFPI

Documento assinado digitalmente
 SOLANGE MARIA DE FRANÇA
Data: 19/09/2022 15:04:11-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Prof^a. Dr^a. Solange Maria de França – CCA/UFPI
(Coorientador)

Documento assinado digitalmente
 PAULO ROBERTO RAMALHO SILVA
Data: 27/09/2022 17:50:57-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Prof. Dr. Paulo Roberto Ramalho Silva – CCA/UFPI
(Orientador)

TERESINA-PI

Que os seres humanos se tolerem sem violência como exercício para aprenderem a perdoar e a amar no sentido máximo.

AGRADECIMENTOS

Ninguém consegue realizar nada sozinho, muito menos pesquisas...

A minha coorientadora, Dr^a. Solange Maria França, pela dedicação, seriedade e compromisso para com o presente trabalho.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí (IFPI), pelo investimento na qualificação dos seus profissionais.

A Universidade Federal do Piauí (UFPI) que, juntamente com professores e técnicos, depreendem grandes esforços para manter o programa de pós-graduação.

Aos meus filhos, Carlos Eduardo, Izadora, Bruno e Júlio, aos quais peço desculpas pelas ausências e impaciência nesses quatro anos.

Ao amigo zootecnista Alan Stênio da Silva Santos que se disponibilizou a me ajudar com os testes laboratoriais de lignina, apesar da pandemia em curso.

Ao meu grande amigo Gilson Lages Fortes Portela, pela ajuda na ideia, planejamento e execução dos experimentos.

Aos meus pais Luiz Carlos de Melo e Alice Caminha Lustosa de Melo, por me ensinarem sempre a jogar bem o jogo da vida, pelo apoio em todos os momentos da vida, principalmente nos mais difíceis, quando então valorizamos a quem realmente tem valor.

A minha querida avó Minerva, que desencarnou em 15/05/22, depois de muitos anos de sofrimento, com o seu sofrimento e mesmo sem interação com o mundo material devido ao Alzheimer, nos ensinou o verdadeiro sentido da resignação, da resiliência, da paciência e da humildade que devemos ter diante da vida.

Por fim, a minha querida esposa, companheira, amiga de todas as horas, Maria Cristiane Damasio Pereira Macambira. Obrigado pelos incentivos constantes, sempre com amor, carinho e paciência, sem os quais eu teria desistido no meio do caminho.

“...Então um lavrador disse: “Fala-nos do trabalho”. E ele respondeu dizendo: “Vós trabalhais para acompanhar o ritmo da terra, e da alma da terra. Quando trabalhais, sois uma flauta através da qual o murmúrio das horas se transforma em melodia. O trabalho é o amor feito visível, e se não podeis trabalhar com amor, mas somente com desgosto, melhor seria abandonar vosso trabalho pois se cozerdes o pão com indiferença, cozereis um pão amargo, que satisfaz somente a metade da fome do homem....”

Gibran Khalil Gibran

RESUMO GERAL

Couve folha (*Brassica oleracea* L var. *acephala*), é uma das principais brassicáceas plantadas no Brasil. Dentre as principais pragas da cultura no Brasil destacam-se os afídeos (Hemiptera: Aphididae): *Brevicoryne brassicae* (Linnaeus, 1758), *Myzus persicae* (Sulzer, 1776) e *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach, 1843). A ciência tem buscado reduzir o uso de químicos na agricultura, mas para tal são imprescindíveis o conhecimento dos parâmetros biológicos e populacionais das espécies no ambiente de ocorrência. Uma técnica que pode ser utilizada é a indução de resistência sistêmica de natureza abiótica em plantas, e entre os fatores abióticos que atuam como indutor de resistência nas plantas encontra-se a aplicação de silício (Si). Desse modo a presente pesquisa objetivou identificar as espécies de afídeos que atacam a couve folha nas hortas urbanas de Teresina-Piauí-Brasil e avaliar os efeitos da aplicação de silício, no controle dos mesmos. Realizou-se a captura das espécies de afídeos, confeccionou-se lâminas que foram encaminhadas para identificação sendo a única espécie encontrada *L. pseudobrassicae* Davis, 2014. Após a identificação estabeleceu-se uma criação estoque do afídeo para os estudos biológicos. Testamos ainda a eficácia da aplicação de óxido de silício 98% (SiO₂) na indução de resistência e consequente controle do afídeo na cultura de couve folha. Foram instalados dois ensaios, com aplicação de silício via foliar e via solo onde testaram-se 4 concentrações de SiO₂ (1; 1,5; 2 e 2,5 g/L) e a testemunha. Foram realizados testes sem chance de escolha (antibiose) e com chance de escolha (antixenose), taxa instantânea de crescimento, calculados os parâmetros biológicos (duração do período ninfal, do período reprodutivo, do ciclo biológico, viabilidade das ninfas, produção diária e total de ninfas por fêmea (fecundidade) e a mortalidade diária) e de crescimento populacional (taxa líquida de reprodução (R₀), taxa intrínseca de aumento (r_m), duração média de uma geração (T), razão finita de aumento (λ)), foram medidos também os teores de silício e lignina das folhas. *Lipaphis pseudobrassicae* Davis, 1914, apresentou um grande potencial de crescimento populacional com período ninfal de 5,87 ± 0,121 dias, ciclo biológico de 26,83 ± 0,724 dias e com fecundidade total de 91,58 ± 3,176 ninfas. Os resultados para os parâmetros populacionais foram 92,61 ± 3,212, 11,32 ± 0,167, 0,39 ± 0,00754 e 1,49 ± 0,0112 para R₀, T, r_m e λ, respectivamente. Desta forma *L. pseudobrassicae* Davis, 1914, demonstrou ser um afídeo com grande potencial para entrar em desequilíbrio populacional e provocar danos econômicos em *B. oleracea* L. var. *acephala*. O SiO₂ aplicado via foliar, reduziu a (r_m), a (λ), a (R₀) e a taxa instantânea de crescimento (r_i) de *L. pseudobrassicae* Davis, 1914, nas concentrações ≥ 1,5 g/L, nas condições estudadas. Quando aplicado via solo não produziu nenhum efeito nos parâmetros populacionais do afídeo. Os teores de silício e de lignina presentes nas folhas de *B. oleracea* var. *acephala* não foram afetados pelo aumento das concentrações de silício nas concentrações aplicadas independentemente da forma de aplicação, foliar ou no solo. O SiO₂ pode ser utilizado em programas de manejo de afídeos na concentração de 1,5 g/L.

Palavras-chave: Bioecologia, SiO₂, tabela de vida, oxido de silício.

ABSTRACT

Leaf kale (*Brassica oleracea* L var. *acephala*), is one of the main brassi-caceas planted in Brazil. Among the main pests of the crop in Brazil, the *Brevicoryne brassicae* (Linnaeus, 1758), *Myzus persicae* (Sulzer, 1776) e *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach, 1843) stand out and the species *Lipaphis pseudobrassicae* (Davis, 1914) does not appear in the literature as an important pest of brassicas. In Brazil, the main control method used to combat these pests is still the use of chemical control, which results in a high incidence of residues. Science has sought alternatives to the use of chemical control and one of these techniques is the implementation of an integrated pest management program, but for that, knowledge of the biological and population parameters of the species in the environment of occurrence is essential. A technique that can be used in MIP is the induction of systemic resistance of an abiotic nature in plants, and among the abiotic factors that act as an inducer of resistance in plants is the application of silicon (Si). Thus, the present research aimed to evaluate the effects of the application of silicon, which has been used in agriculture as a defense inducing agent in plants, in the control of *L. pseudobrassicae* in cabbage var. *acephala*. Aphid species were captured in urban gardens in the municipality of Teresina-Piauí, slides were made and sent for identification, the species found being *Lipaphis pseudobrassicae*. After identification, an aphid breeding was established for biological studies and calculation of population growth parameters. We also tested the effectiveness of the application of 98% silicon oxide (SiO₂) in the induction of resistance and consequent control of the aphid in the cabbage leaf crop. Two trials were installed in plants with application of silicon via foliar and via soil where 4 concentrations of silicon oxide (1, 1.5, 2, and 2.5 g/L) and the control were tested. No-choice (antibiosis) and free-choice (antixenosis) tests were performed, instantaneous growth rate and biological and population growth parameters were calculated, as well as the silicon and lignin contents of the leaves. *L. pseudobrassicae* showed a great potential for population growth with a nymphal period of 5.87 ± 0.121 days, a biological cycle of 26.83 ± 0.724 days with a total fecundity of 91.58 ± 3.176 nymphs. Thus, *L. pseudobrassicae* proved to be an aphid with great potential to enter into population imbalance and cause economic damage in *Brassica oleracea* L. var. *acephala*. The silicon oxide applied via foliar, reduced the intrinsic rate of population growth (r_m), the finite rate of population increase (λ), the net rate of reproduction (R_0) and the instantaneous rate of growth (r_i) of *Lipaphis pseudobrassicae* at concentrations ≥ 1.5 g/Liter, under the conditions studied. When applied via soil, it did not produce any effect on the aphid population parameters. The levels of silicon and lignin present in the leaves of *B. oleracea* var. *acephala* were not affected by the increase in silicon concentrations at the applied doses, regardless of the form of application, foliar or soil.

Keywords: Bioecology, agrisil, life table, silicon oxide.

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1. INTRODUÇÃO GERAL | 14 |
| 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 16 |
| 2.1 <i>Lipaphis pseudobrassicae</i> Davis, 1914, como hospedeiro de <i>Brassica oleracea</i> L var. <i>acephala</i> | 16 |
| 2.2 Tabela de Vida e ciclo biológico dos afídeos | 17 |
| 2.3 Indução de resistência de plantas aos insetos | 19 |
| 2.4 O Silício no sistema Solo-Planta | 20 |
| 2.5 O Silício como Indutor de resistência aos insetos sugadores de seiva (Ordem Hemiptera)..... | 21 |
| 3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 23 |
| CAPÍTULO 01 | 29 |
| Resumo | 29 |
| Abstract | 30 |
| 1 INTRODUÇÃO | 31 |
| 2 MATERIAL E MÉTODOS | 33 |
| 2.1 Captura, Identificação e Criação de <i>Lipaphis pseudobrassicae</i> Davis, 1914. | 33 |
| 2.2 Parâmetros biológicos de <i>Lipaphis pseudobrassicae</i> (Davis, 1914) em <i>Brassica oleracea</i> L. var. <i>acephala</i> | 34 |
| 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 36 |
| 4 CONCLUSÃO | 40 |
| 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 41 |
| CAPÍTULO 02 | 45 |
| Resumo | 45 |
| Abstract | 46 |
| LISTA DE TABELAS | 47 |
| LISTA DE FIGURAS | 48 |
| 1 INTRODUÇÃO | 49 |
| 2 MATERIAL E MÉTODOS | 51 |
| 2.1 Parâmetros de crescimento populacional de <i>L. pseudobrassicae</i> Davis, 1914, alimentando-se de <i>B. oleracea</i> L. var. <i>acephala</i> sob tratamento com fertilizante silicatado e duas formas de aplicação..... | 52 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 2.2 | Preferência alimentar de <i>L. pseudobrassicae</i> em teste com chance de escolha - antixenose | 53 |
| 2.3 | Taxa instantânea de crescimento populacional (r_i) de <i>L. pseudobrassicae</i> em <i>B. oleracea</i> sob aplicação de diferentes concentrações de Si | 54 |
| 2.4 | Teor de silício nas folhas | 56 |
| 2.5 | Teor de lignina nas folhas | 56 |
| 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO | 58 |
| 3.1 | Parâmetros de crescimento populacional de <i>L. pseudobrassicae</i> Davis, 1914, alimentando-se de <i>B. oleracea</i> L. var. acephala sob tratamento com óxido de silício aplicado via foliar em diferentes concentrações. | 58 |
| 3.2 | Parâmetros de crescimento populacional de <i>L. pseudobrassicae</i> Davis, 1914, alimentando-se de <i>B. L. var. acephala</i> sob tratamento com óxido de silício aplicado no solo em diferentes concentrações..... | 65 |
| 4 | CONCLUSÃO | 68 |
| 5 | REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA | 69 |

1. INTRODUÇÃO GERAL

A Couve folha (*Brassica oleracea* L var. *acephala*), tem sua origem na Europa, no Brasil é uma das principais brassicáceas plantadas e seu consumo é crescente devido a suas propriedades nutricionais e medicinais (TRANI; TIVELLI; BLAT, 2015). No último levantamento oficial, o Brasil produziu 161.986 t tendo como maior produtor o estado de São Paulo. O Piauí produziu, neste mesmo ano 312 t destacando-se como principais produtores os municípios de Corrente e Teresina com seu programa de hortas urbanas (IBGE, 2017).

Dentre as principais pragas da couve no Brasil destacam-se os afídeos e entre estes a espécie *Brevicoryne brassicae* L., 1758 (Hemiptera: Aphididae), *Myzus persicae* S. 1776 (Hemiptera: Aphididae) (SAMPAIO et al., 2017; TRANI; TIVELLI; BLAT, 2015; VALBON et al., 2015). O gênero *Lipaphis* aparece em estudos científicos como hospedeiro das brássicas (BLACKMAN; EASTOP, 2017; RANA, 2005), tendo sido a espécie *Lipaphis pseudobrassicae* Davis, 1914, registrada pela primeira vez no Brasil em 2006 no município de Seropédica-RJ, associado a couve folha (*B oleracea* L. var. *acephala*) (RESENDE et al., 2006) e apesar de ser citada em algumas publicações científicas associado as brássicas (SAMPAIO et al., 2017), não aparece na literatura técnica brasileira como praga das mesmas.

No Brasil, o aumento do uso indiscriminado de agroquímicos no combate às pragas tem sido uma prática constante entre os produtores de hortaliças e tem como consequência a alta incidência de resíduos nas mesmas (ANVISA, 2019) e a ciência vem pesquisando alternativas para redução do uso de agrotóxicos na agricultura e desenvolvendo métodos de manejo integrado de pragas, mas para o desenvolvimento e implantação destes sistemas de manejo são imprescindíveis o conhecimento de parâmetros biológicos das mesmas no ambiente de sua ocorrência, visto que os fatores ambientais interferem no ciclo biológico dos insetos (CARRANO-MOREIRA, 2014)

A indução de resistência sistêmica em plantas pode ser adquirida através de fatores bióticos ou abióticos e vem sendo utilizada no manejo integrado de pragas. Entre os fatores abióticos que atuam como indutor de resistência nas plantas um dos mais estudados é o silício (Si). O silício (Si) é o segundo mais abundante elemento constitutivo da crosta terrestre, superado apenas pelo oxigênio (EPSTEIN, 2001; RAIJ; CAMARGO, 1973) e não é encontrado na sua forma elementar na natureza devido ter alta reatividade com o oxigênio (O₂).

Os estudos com silício demonstram haver um aumento de resistência das plantas à herbivoria com indução de resistência, sejam eles folívoros, brocas ou alimentadores de floema e xilema. As evidências mostram que estas defesas podem ser de natureza física, com os depósitos de sílica amorfa, como de natureza química induzida através da produção de enzimas defensivas. (REYNOLDS; KEEPING; MEYER, 2009).

Dessa forma, objetivou-se com esta pesquisa identificar as espécies de afídeos que atacam a couve folha nas hortas urbanas de Teresina-Pi-Brasil e avaliar os efeitos do silício como indutor de resistência na couve-folha (*B. oleracea*) ao afídeo *L. pseudobrassicae* Davis, 1914.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 *Lipaphis pseudobrassicae* Davis, 1914, como hospedeiro de *Brassica oleracea* L var. *acephala*.

Os afídeos que se tornam pragas em culturas agrícolas são geralmente cosmopolitas, presentes tanto em regiões temperadas como tropicais (PAL; SING, 2013). São insetos de fácil adaptação aos mais diversos tipos de clima devido ao seu alto potencial biótico, podendo reproduzir tanto de forma sexuada em períodos muito frios como de forma partenogenética em clima quente (ILHARCO, 1992) apesar de alguns afídeos como *L. pseudobrassicae* Davis, 1914 e *M. persicae*, conseguirem sobreviver e se reproduzir de forma partenogenética em repolho chinês e espinafre mesmo em temperaturas abaixo de zero (VUONG; SONG; KIM, 2003).

O afídeo *L. pseudobrassicae* Davis, 1914, também conhecido como pulgão da mostarda é um afídeo cosmopolita, monófagos sendo uma das principais pragas da mostarda indiana (*Brassica juncea* L.) e de crucíferas na Europa e África (AHUJA et al., 2009, FENING et al., 2020), são citadas também como hospedeiro deste afídeo as brássicas: *Brassica napus*, *Brassica nigra*, *Brassica oleracea*, *Brassica pekinensis*, *Brassica Petsai* e *Brassica. rapa*, (AHUJA et al., 2009; BALDWIN et al., 2020; MARSARO JÚNIOR et al., 2021; NAFRÍA et al., 2016; RONQUIST; AHMAN, 1990; WEIBULL; MELIN, 1990).

No que diz respeito a taxonomia, Inicialmente *L. pseudobrassicae* Davis, 1914, foi confundido com *B. brassicae*, em 1914 Davis diferenciou as duas espécies e a denominou de *Aphis pseudobrassicae*, posteriormente em 1923 Takahashi verificou diferença no sífúnculo, que era um pouco clavado, e o transferiu para o gênero *Rhopalosiphum*, até que, em 1932 Börner e Schilder reconheceram que o *pseudobrassicae* deveria ser colocado no gênero *Lipaphis* sendo diferenciado de *L. erysimi* por análise cromossômica e em estudos morfológicos mais detalhados das espécies do gênero *Lipaphis*, então *L. pseudobrassicae* foi considerada diferente de *L. erysimi* pois apresentam oito ou nove e dez cromossomos respectivamente e tem sua provável origem no leste asiático. Hoje já é consenso que *L. erysimi* é restrita à Europa e que

registros com esse nome em outras partes do mundo devem ser atribuídos a *L. pseudobrassicae* Davis, 1914. (BLACKMAN; EASTOP, 2017; NAFRÍA, 2016). Em relação a *B. brassicae*, este tem a cauda em formato amplamente triangular, enquanto *L. pseudobrassicae* tem a cauda mais longa e em forma de língua, outro parâmetro fácil para observar e a relação do tamanho do III segmento antenal com o tamanho do sífúnculo. Para *B. brassicae* o III segmento antenal é 2,5 a 3,7 vezes mais longo que o sífúnculo e, para *L. pseudobrassicae* o III segmento antenal é 1,2 a 1,7 vezes o tamanho do sífúnculo (BLACKMAN; EASTOP, 2017).

2.2 Tabela de Vida e ciclo biológico dos afídeos

A informação mais importante que se extrai de uma tabela de vida é a taxa reprodutiva líquida (R_0), que representa o número médio de prole produzida, ou seja, o incremento que houve na população durante uma geração (BEGON; TOWNSEND; HAPER, 2007). Na tabela de vida podemos extrair três outros parâmetros importantes que são: 1) A capacidade inata de aumentar em número (r_m) que representa a máxima razão de aumento obtido por uma população em condições ótimas dos fatores, espaço, alimentação e influência intra específica. 2) Razão finita de aumento (λ) que representa o número de indivíduos adicionados à população por fêmea por unidade de tempo. 3) Duração média de uma geração (T). Durante os cálculos dos referidos parâmetros dois outros valores importantes são gerados: A) a taxa de sobrevivência (l_x) que representa a probabilidade do inseto nascido estar vivo na idade x e B) a fecundidade específica (m_x) que representa o número de descendentes produzidos por fêmea na idade “ x ” e que originarão fêmeas considerando a razão sexual, que no caso dos afídeos, em nossas condições é de 100% devido a reprodução peternogênica telítoca. Com esses dois valores (l_x e m_x) podemos determinar as curvas da população e se obter a taxa máxima de aumento (SILVEIRA NETO, 1976).

Um ciclo de vida de um afídeo, geralmente compreende as seguintes fases: nascimento que é a fase juvenil onde normalmente passa por quatro estágios de desenvolvimento até chegar na fase adulta, após ficar adulto pode haver ou não um período pré-reprodutivo antes de começar o período reprodutivo e por fim entra no

período pós reprodutivo finalizado com a morte (BEGON; TOWNSEND; HARPER, 2007) e podem se reproduzir de maneira sexuada ou partenogenética. Entre os fenômenos reprodutivos reconhecidos como adaptações especiais de sobrevivência da espécie está a grande taxa de fecundidade o que garante a manutenção de uma população mesmo em condições com baixa probabilidade sobrevivência individual. A partenogênese favorece o rápido crescimento de uma população porque cada membro que se reproduz dessa maneira pode ser uma fêmea reprodutiva (BLACKMAN; EASTOP, 2017; ILHARCO, 1992). Ao mudar sazonalmente para a partenogênese os pulgões estão respondendo de forma altamente adaptativa durante um período limitado de tempo, quando os recursos ambientais são suficientes para sustentar uma grande população. A reprodução partenogênica oferece vantagens sob condições que restringem a probabilidade de contatos entre os sexos (BLACKMAN; EASTOP, 2017; LAMONT, 1954). O tipo de reprodução dos pulgões depende das condições ambientais, nas condições tropicais de alta temperatura e dias longos a reprodução é predominantemente partenogênica telítoca, originando fêmeas. As condições ambientais e de nutrição também determinam o nascimento de insetos com asas (BLACKMAN; EASTOP, 2017; LIMA, 1938). O sucesso reprodutivo dos afídeos está na sua habilidade em explorar e colonizar ambientes e das suas estratégias reprodutivas (BLACKMAN; EASTOP, 2017), são insetos r-estrategista, ou seja, objetiva explorar nichos vazios e produzir a cada ciclo um elevado número de descendentes, mesmo que poucos destes sobrevivam até a idade adulta (BEGON; TOWNSEND; HARPER, 2007), são anolocíclicos (ciclo de vida incompleto), monoicos e colonizam a planta a partir dos rebentos e folhas jovens através de formas aladas vindas de plantas pré-infestadas (ILHARCO, 1992; SPEIGHT; HUNTER; WATT, 2008).

L. pseudobrassicae Davis, 1914, é uma espécie ainda pouco estudada, Agarwala, Kalpana e Raychoudhury (2009), estudaram alguns parâmetros morfológicos e biológicos dessa espécie em *Brassica campestris* e *B. juncea* e encontrou a taxa líquida de reprodução (R_0) de 45,20 e 59,87 respectivamente e a taxa intrínseca de crescimento populacional (r_m) de 0,28 para ambos os hospedeiros, esses resultados foram obtidos na temperatura de 20°C e fotoperíodo de 16h.

A temperatura, de maneira geral, influencia os parâmetros da tabela de esperança de vida e fertilidade dos afídeos (BEGON; TOWNSEND; HARPER, 2007; CIVIDANES; SANTOS CIVIDANES, 2010, GIRÃO FILHO et al., 2019). Para *L. erysimi* e *B. brassicae*, tendo como hospedeiro *B. oleracea*, a temperatura de desenvolvimento

ótimo encontrada para a espécie é de 25°C onde obtém a maior taxa líquida de reprodução (R_0) e maior razão finita de aumento populacional (λ) (GODOY; CIVIDANES, 2002; CIVIDANES; SOUZA, 2003)

2.3 Indução de resistência de plantas aos insetos

Os princípios e conceitos básicos no estudo da resistência de plantas aos insetos foram estabelecidos de forma pioneira por Painter em 1951, com a publicação do livro **Insect Resistance in Crop Plants**. Desde então o avanço na busca por material genético resistente tem tido crescimento exponencial (STENBERG, 2017; STENBERG; MUOLA, 2017).

A resistência pode se manifestar de três maneiras: antibiose, quando a planta apresenta toxinas, presença de inibidores de crescimento ou reprodução e impropriedades de nutrição, de modo que afetam a biologia do hospedeiro; a antixenose ou não preferência, quando ela é menos utilizada para alimentação; oviposição ou abrigo em comparação com outra em igualdade de condições e a tolerância que ocorre quando uma variedade é menos danificada do que as demais sob um mesmo nível de infestação do inseto, sem que haja efeito no comportamento ou na biologia deste (LARA, 1991). A interação biótica entre os insetos sugadores de seiva e as plantas é altamente especializada pois os mesmos não necessitam de uma dieta nutricional balanceada (aminoácidos, sais minerais, carboidratos e lipídios) para sobreviverem e conseguem minimizar as defesas da planta hospedeira (LAZZARI; ZONTA-DE-CARVALHO, 2013). Nas plantas, além dos compostos primários que participam do metabolismo, encontramos também os compostos secundários ou aleloquímicos. A função destes compostos é bastante discutida e estudada pela ciência, mas a teoria mais aceita é que tais compostos estão relacionados à defesa dos vegetais contra a predação ou mesmo com a competição com outras plantas (PINTO-ZEVALLOS et al., 2013).

A atuação, isoladamente ou associadas, dos mecanismos de defesa das plantas contra os insetos podem afetar diretamente o desenvolvimento do inseto em alguma fase do seu ciclo biológico (defesa direta) ou atuarem de maneira indireta atraindo hospedeiros. A defesa direta é intrínseca da própria planta e pode ser do tipo

constitutiva, quando está sempre presente não dependendo de fatores externos como a produção de metabólitos secundários tóxicos (ex. nicotina, furanocumarinas, inibidores de proteases, etc.) e ainda estruturas de proteção como espessamento da parede celular ou do tipo defesa direta induzida quando é desencadeada em resposta ao stress abiótico ou biótico, como por exemplo, o stress hídrico e a própria herbivoria (PINTO-ZEVALLOS et al., 2013, SILVA; PANIZZI, 2019). Entre os fatores abióticos que podem induzir a planta a uma resposta em forma de resistência aos insetos herbívoros, além dos já citados, a ecologia química vem estudando compostos voláteis que promovam respostas das plantas ao ataque de insetos herbívoros, sendo os mais estudados o ácido jasmônico e o ácido salicílico (PINTO-ZEVALLOS et al., 2013) além de compostos minerais como o Silício (Si) (DATNOFF; SNYDER; KORNDORFER, 2001) e organominerais (ALMEIDA et al., 2008).

2.4 O Silício no sistema Solo-Planta

O silício, sob a forma de Si(OH)_4 , possui fortes afinidades por compostos polihidroxílicos orgânicos, como os orto-difenóis, que participam da síntese da lignina nas plantas. Essa característica explica em parte sua tendência a se acumular nas paredes celulares na maturação ou durante um ataque de patógenos (JONES; HANDRECK, 1967). A entrada de Si nas células das raízes pode ocorrer via simplasto ou apoplasto, através da difusão ativa ou por canais de água ou ainda ocorrer por meio de proteínas de membranas específicas para o ácido monossilícico (RAVEN, 2001). Pelos critérios estabelecidos de essencialidade por Arnon e Stout em 1939, o silício não é considerado um elemento essencial para os vegetais superiores! porém muitas pesquisas tem demonstrado os benefícios do mesmo para as plantas tais como: aumento da taxa fotosintética e da resistência mecânica quando se acumula como sílica amorfa nas células, melhoria de processos metabólitos com aumento de resistência a pragas e doenças (COOKE; LEISHMAN, 2016; EPSTEIN, 1994; LIMA FILHO, 2009). Inicialmente, plantas agrícolas, de acordo com o teor de silício em seus tecidos, foram classificadas em três grandes grupos: aquelas possuem concentrações em peso seco na ordem de 0,1%, a maioria das dicotiledôneas, aquelas com teor de 1%, alguns gramínes como a aveia e o centeio, por fim aquelas com cerca de 5% ou

mais, por exemplo o arroz (JONES, HANDRECK, 1967). Posteriormente surgiu uma outra classificação que as separou também em três tipos: 1) As plantas acumuladoras, com teores de 10 a 15% de Si (ex. arroz - *Oryza sativa* e a cana-de-açúcar - *Saccharum officinarum*); 2) Não acumuladoras, com teores menores de 0,5% de Si, absorvem pouco Si, mesmo com altos níveis do mesmo na solução do solo, indicando um mecanismo de controle da absorção (ex. tomate- *Lycopersicon esculentum*), que acumula a maior parte do Si absorvido nas raízes; 3) Intermediárias, com teores de 1% a 5% que absorvem uma quantidade considerável de Si, quando o teor no meio é alta (ex. algumas cucurbitáceas como o pepino - *Cucumis sativus* e a soja - *Glycine max*), por exemplo, essas plantas translocam o Si livremente das raízes para a parte aérea (MIYAKE; TAKAHASHI, 1985).

Alguns estudos mais recentes mostram uma correlação negativa do teor de Si com o teor de carbono e de nitrogênio em plantas com raízes submersas, mostrando que essas plantas são capazes de substituir compostos de carbono por compostos de silício (SCHALLER et al., 2015) portanto, embora ainda faltem muitas informações para muitas famílias de plantas (KATZ, 2015), já se sabe que o conteúdo de Si nas plantas variam muito de quase 0% a mais de 10% do peso seco da planta entre famílias de plantas, ordens e filos além de ser influenciado também pelo ambiente no qual a planta se encontra (KATZ, 2019) além disso o Si é considerado o único elemento que quando absorvido em excesso pelas plantas não acarreta prejuízos no seu desenvolvimento (CAMARGO, 2016).

2.5 O Silício como Indutor de resistência aos insetos sugadores de seiva (Ordem Hemiptera)

A interrelação inseto-planta se modifica de acordo com as exigências de alimentação dos insetos, a morfologia do aparelho bucal além dos exudatos envolvidos nas reações das plantas em resposta ao ataque, em função disso o silício também possui diferentes efeitos conforme a espécie da planta, do inseto e também da forma de aplicação do mesmo na planta. As pesquisas envolvendo a ordem dos hemípteros, que possuem aparelho bucal do tipo sugador se alimentando no floema, nos mostram que o Si pode atuar como eliciadores de substâncias relacionadas à

defesa da planta (CORREA et al., 2005; KORNDORFER; GRISOTO; VENDRAMIM, 2011; REYNOLDS; KEEPING; MEYER, 2009), mais especificamente em relação aos afídeos (Aphididae) alguns estudos apontam que a aplicação de Si reduz a preferência, longevidade e produção de ninfas dos pulgões conferindo resistência às plantas de trigo - *Triticum* (BASAGLI et al., 2003), de sorgo - *Sorghum bicolor* (CARVALHO; MORAES; CARVALHO, 1999; COSTA; MORAES; ANTUNES, 2007; GOMES; MORAES; SANTOS, 2005), da batata inglesa (GOMES; MORAES, ASSIS, 2008), fava - *Phaseolus lunatus* (PORTELA et al., 2018) e em *Pinus Taeda* (CAMARGO et al., 2008).

Entre as hipóteses que explicam a resistência que o Si induz na planta à alimentação de insetos sugadores, a resistência física aumentada do tipo constitutiva, baseada em sílica amorfa sólida, tem sido considerada a principal (LANNING; LINKO, 1961; REYNOLDS; KEEPING; MEYER, 2009), porém as evidências mostram que o Si solúvel está envolvido em defesas químicas induzidas através da produção de enzimas defensivas ou possivelmente da liberação de voláteis de plantas (REYNOLDS; KEEPING; MEYER, 2009). Estudos realizados com aplicação de Si em trigo (*Triticum aestivum*) diminuíram a preferência e a taxa intrínseca de aumento populacional (r_i) de *Schizaphis graminum* (Hemiptera: Aphididae), aumentando significativamente o teor de enzimas envolvidas com defesa das plantas, a peroxidase (POD), polifenoloxidase (PPO) e fenilalanina amonia-liase (PAL) (GOMES et al., 2005). A peroxidase está envolvida no processo de lignificação e síntese de suberinas, que aumentam a dureza dos tecidos e na produção de quinonas e oxigênio ativo que possuem propriedades antibióticas (BOWLES, 1990; STOUT; WORKMAN; DUFFEY, 1994). A polifenoloxidase catalisa a oxidação de compostos fenólicos em quinonas que leva a uma redução na qualidade nutricional do alimento e diminuição da digestibilidade da proteína e enzima PAL aumenta a produção de compostos fenólicos que possuem propriedades antinutricionais, dissuasivas e tóxicas (REYNOLDS; KEEPING; MEYER, 2009).

3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos, Brasília, 2019.

AGARWALA, B. K.; KALPANA, D. A. S.; RAYCHOUDHURY, P. Morphological, ecological and biological variations in the mustard aphid, *Lipaphis pseudobrassicae* (Kaltenbach) (Hemiptera: Aphididae) from different host plants. **Journal of Asia-Pacific Entomology**, v. 12, p. 169-173, 2009. doi:10.1016/j.aspen.2009.03.002.

AHUJA, D. B.; AHUJA, U. R.; KALYAN, R. K.; SHARMA, Y. K.; DHANDAPANI, A.; MEENA, P.C.; Evaluation of different management strategies for *Lipaphis pseudobrassicae* (Davis) on *Brassica juncea*, **International Journal of Pest Management**, v.55, n.1, p. 11-18, 2009. DOI: 10.1080/09670870802422580.

ALMEIDA, G. D. de; PRATISSOLI, D.; HOLTZ, A. M.; VICENTINI, V. B., Fertilizante Organomineral como Indutor de Resistência contra a Colonização da Mosca Branca no Feijoeiro. **Idesia Arica**, v. 26, n. 1, p. 29-32, 2008. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292008000100004>.

BALDWIN, J. M.; PAULA-MORAES, S. V.; MULVANEY, M. J.; MEAGHER, R. L. Occurrence of arthropod pests associated with *Brassica carinata* and impact of defoliation on yield. **GCB-Bioenergy**, v. 13, n.4, p. 570-581, 2020. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12801>.

BASAGLI, M. A. B.; MORAES, J. C.; CARVALHO, G. A.; ECOLE C. C.; GONÇALVES-GERVASIO, R. C. R. Effect of calcium silicate on the resistance of wheat plants to green-aphids *Schizaphis graminum* (Rond.) (Hemiptera: Aphididae). **Neotropical Entomology**, n. 32, p. 659-663, 2003, <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2003000400017>.

BEGON, M.; TOWNSEND, C. R.; HARPER, J. L. In: BEGON, M.; TOWNSEND, C. R.; HARPER, J. L. **Ecologia: de Indivíduos a ecossistemas**. cap. 4, p. 89-130, 4a edição. Artmed, 2007.

BLACKMAN, R. L.; EASTOP, V. Growth and Development. In: EMDEN, H. F. V.; HARRINGTON, R. **Aphids as Crop Pests**. 2. ed. Cambridgeshire: CAB International, v. 1. Cap. 1, p. 1-36, 2017.

BOWLES, D. J. Defense-related proteins in higher plants, **Annual Review of Biochemistry**, n. 59, p. 873-907, 1990, doi:10.1146/annurev.bi.59.070190.004301.

CAMARGO, J. M. M.; MORAES, J. C.; OLIVEIRA, E. B. de; IEDE, E. T., Resistência Induzida Ao Pulgão-Gigante-Do-Pinus (Hemiptera: Aphididae) em Plantas de *Pinus taeda* Adubadas com Silício. **Bragantia**, v. 67, n. 4 p. 927-932, 2008 <https://doi.org/10.1590/S0006-87052008000400015>.

CAMARGO, M. S. Efeito do silício na tolerância das plantas aos estresses bióticos e abióticos. **Informações Agrônomicas**, n. 155, p. 1-9, 2016.

CARRANO-MOREIRA, A. F. **Manejo Integrado de Pragas Florestais: Fundamentos ecológicos, conceitos e táticas de controle**. 1ª. ed. Rio de Janeiro: Technical Books, 314 p. 2014.

CARVALHO, S. P.; MORAES, J. C.; CARVALHO, J. G. Efeito do silício na resistência do sorgo (*Sorghum bicolor*) ao pulgão verde *Schizaphis graminum* (Rond.) (Homoptera: Aphididae). **Anais Sociedade Entomológica do Brasil**, n. 28, p. 505-510, 1999. <https://doi.org/10.1590/S0301-80591999000300017>.

CIVIDANES, F.J., Tabelas de Vida de Fertilidade de *Brevicoryne brassicae* (L.) (Hemiptera: Aphididae) em Condições de Campo, **Neotropical Entomology**, v. 31, n. 3, p. 419-426, 2002. <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2002000300011>.

CIVIDANES, F. J; SANTOS-CIVIDANES, T. M. Ocorrência de formas aladas de pulgões e sua relação com fatores meteorológicos e plantas hospedeiras, **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 1, p. 7-15, 2010.

CIVIDANES, F.J; SOUZA, V. P., Exigências Térmicas e Tabelas de Vida de Fertilidade de *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae) em Laboratório. **Neotropical Entomology**, v. 32, n. 3, p. 413-419, 2003. <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2003000300005>.

COOKE, J.; LEISHMAN, M. R. Consistent alleviation of abiotic stress with silicon addition: a meta-analysis. **Functional Ecology**, n. 30, p.1340–1357, 2016, doi: 10.1111 / 1365-2435.1271.

CORREA, R. S. B.; MORAES, J. C.; AUAD, A. M.; CARVALHO, G. A. Silicon and acibenzolar-S-methyl as resistance inducers in cucumber, against the whitefly *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) biotype B. **Neotropical Entomology**, Londrina, v.34 n.3 p.429– 433, 2005. <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2005000300011>.

COSTA, R. R.; MORAES, J. C.; ANTUNES, C. S. Resistência induzida em trigo ao pulgão *Schizaphis graminum* (Rondani, 1852) (Hemiptera: Aphididae) por silício e acibenzolar-s-methyl. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 2, p. 393-397, 2007, <https://doi.org/10.1590/S1413-70542007000200019>.

DATNOFF, F. E.; SNYDER, G. G.; KORNDORFER, G. H. **Silicon in Agriculture**. Studies in Plant Science. v.8, n.9, p.759-769, 2001, ISBN 0-444-50262-9.

EPSTEIN, E. **The anomaly of silicon in plant biology**. Proceedings of National Academy of Sciences of the United States of America, v.91, p.11-17, 1994.

EPSTEIN, E. Silicon in plants: Facts vs. concepts. In: DATNOFF, L. E.; SNYDER, G. H.; KORNDORFER, G. H. **Silicon in Agriculture**. Elsevier Science, cap. 01, p.01-14, 2001.

FAWE, A.; MENZIES, J. G.; CHÉRIF, M.; BÉLANGER, R. R., Silicon and Disease Resistance in Dicotyledons. In: DATNOFF, L. E.; SNYDER, G. H.; KORNDORFER, G. H. **Silicon in Agriculture**, cap. 9, p. 159-169, Elsevier Science, 2001.

FENING, K. O.; FORCHIBE, E. E.; WAMONJE, F. O.; ADAMA, I.; AFREH-NUAMAH, K.; CARR, J. P. First Report and Distribution of the Indian Mustard Aphid, *Lipaphis erysimi pseudobrassicae* (Hemiptera: Aphididae) on Cabbage (*Brassica oleracea* var *capitata*) in Ghana. **Journal of Economic Entomology**, v. 113, n. 3, p. 1362-1372, 2020. doi:10.1093/jee/toaa057.

GIRÃO FILHO, J. E.; PÁDUA, L. E. de M.; PORTELA, G. L. F.; SOUSA, F. de M.; SILVA, J. D. da C., Thermal requirements, life expectancy and fertility tables of *Aphis craccivora* (Hemiptera: Aphididae) in *Vigna unguiculata* (Fabales: Fabaceae) under laboratory conditions. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 86, p. 1-9, 2019. doi: 10.1590/1808-1657000142018.

GODOY, K. B.; CIVIDANES, F. J. Tabelas de Esperança de Vida e Fertilidade para *Lipaphis erysimi* (Kalt.) (Hemiptera: Aphididae) em Condições de Laboratório e Campo. **Neotropical Entomology**, v. 31, n. 1, p. 41-48, 2002, <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2002000100006>.

GOMES, F. B.; MORAES, J. C. de; SANTOS, C. D. Resistance induction in wheat plants by silicon and aphids. **Scientia Agricola**, v. 62, n. 6, p. 547-551, 2005, <https://doi.org/10.1590/S0103-90162005000600006>.

GOMES, F. B.; MORAES, J. C.; ASSIS, G. A., Silício e imidacloprid na colonização de plantas por *Myzus persicae* e no Desenvolvimento vegetativo de batata inglesa. **Ciência Rural**, v. 38, n. 5, p. 1209-1213, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782008000500001>.

ILHARCO, F. A. Biologia e Ciclos Biológicos. In: **Equilíbrio Biológico de Afídeos**. Lisboa: [s.n.], Cap. 4, p. 127-136, 1992.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. IBGE-SIDRA, 2017. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/couve/pi>. Acesso em: 28 jan. 2021.

JONES, L. H. P.; HANDRECK, K. A., Silica in Soils, Plants, and Animals. **Advances in Agronomy**, n. 19, p. 107-149, 1967. [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(08\)60734-8](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(08)60734-8)

KATZ, O. Silicon content is a plant functional trait: implications in a changing world. **Flora**, v. 254, p. 88-94, 2019, <https://doi.org/10.1016/j.flora.2018.08.007>

KORNDÖRFER, A. P.; GRISOTO, E.; VENDRAMIM, J. D. Induction of Insect Plant Resistance to the Spittlebug *Mahanarva fimbriolata* Stål (Hemiptera: Cercopidae) in Sugarcane by Silicon Application. **Entomologia Neotropical**, v. 40, n. 3 p. 387-392, 2011, <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2011000300013>.

LAMONT, C. C. The Population Consequences of Life History Phenomena. **The Quarterly Review of Biology**, v.29, n.2, p. 103-137, 1954.

LANNING, F. C.; LINKO, Y., Role of Silica in Plants, Absorption and Deposition of Silica by Four Varieties of Sorghum. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 9, n. 6, p. 463–465, 1961, <https://doi.org/10.1021/jf60118a014>.

LARA, F. M. **Princípios de Resistência de Plantas a Insetos**. 2ª. ed. São Paulo: Icone, v. 1, 1991.

LAZZARI, S. M.; ZONTA-DE-CARVALHO, R. C. Sugadores de Seiva (Aphidoidea). In: **Bioecologia e Nutrição de Insetos**. Base Para o Manejo Integrado de Pragas. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, cap. 19. 2ª edição, 2013 (e-book).

LIMA, A. M. C. Superfamília Aphidoidea. In: LIMA, C.; LIMA, A. M. C. **Insetos do Brasil**. Rio de Janeiro: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Cap. XXIII, p. 112-174, 1938.

LIMA FILHO, O. F.; LIMA, M. T. G.; TSAI, S. M. O silício na agricultura. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 87, Encarte Técnico, Piracicaba, p. 1-7, 1999.

LIMA FILHO, O. F. de. **História e uso do Silicato de Sódio na Agricultura**. 1ª ed., Embrapa, 2009.

LIMA FILHO, O. F. de; SILVA, W. M.; TSAI, S. M. Relationship between silicon content physical and chemical parameters of tropical savanna soils. In: **Silicon in Agriculture Conference**, p. 143. 2005.

MATICHENKOV, V. V., BOCHAMIKOVA, E. A. The relationship between silicon and soil physical and chemical properties. In: DATNOFF, L. E.; SNYDER, G. H.; KORN-DORFER, G. H. **Silicon in Agriculture**, cap. 13, p. 209-219, Elsevier Science, 2001

MARSARO JÚNIOR, A. L.; PEREIRA, P. R. V. S.; SCARPARO, A. P.; CARVALHO, R. C. Z. Flutuação Populacional de Afídeos na Cultura da Canola, em Passo Fundo – RS. **Revista Científica Intelletto**, v. 6, n. 1, p. 1-6, 2021. ISSN 2525-9075 on-line.

MIYAKE, Y.; TAKAHASHI, E. Effect of silicon on the growth of soybean plants in a solution culture. **Soil Science and Plant Nutrition**, v.31, p.625-636, 1985, <https://doi.org/10.1080/00380768.1985.10557470>.

NAFRÍA, J. M. N.; FUENTES-CONTRERAS, E.; COLMENERO, M. C.; PIERA, M. A.; ORTEGO, J.; DURANTE, M. P. M.; Catálogo de los Áfidos (Homoptera, Aphididae) de Chile, con Plantas Hospedadoras y Distribuciones Regional y Provincial. **Graellsia**, n. 72 v. 2, 2016. <http://dx.doi.org/10.3989/graellsia.2016.v72.167>.

PAL, M.; SING, R. Biology and Ecology of the Cabbage Aphid, *Brevicoryne brassicae* (linn.) (Homoptera: Aphididae): A review. **Journal of Aphidology**, v. 27, p. 59-78, 2013.

PINTO-ZEVALLOS, D. M.; MARTINS, C. B. C.; PELLEGRINO, A. C.; ZARBIN, P. H. G. Compostos Orgânicos Voláteis na Defesa Induzida das Plantas Contra Insetos Herbívoros. **Química Nova**, v. 36 n. 9, p. 1395-1405, 2013. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422013000900021>.

PORTELA, G. L. F.; SILVA, P. R. R.; GIRÃO FILHO, J. E.; PÁDUA, L. E. M.; MELO JUNIOR, L. C. de. Silicon as resistance inducer in to control aphid *Aphis craccivora* Kock, 1954 in *Phaseolus lunatus* lima beans. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 86, p. 1-5, 2019. DOI: 10.1590/1808-1657000512018.

RAIJ, B. V.; CAMARGO, O. A. Sílica Solúvel em Solos. **Revista Científica do Instituto Agrônomo do Estado de São Paulo**, v. 32. n. 11, 1973.

RAVEN, J. A. Silicon transport at the cell and tissue level. In: **Silicon Agriculture**. Ed. Elsevier, cap. 3, p. 41-55, 2001. [https://doi.org/10.1016/S0928-3420\(01\)80007-0](https://doi.org/10.1016/S0928-3420(01)80007-0)

RANA, J. S., Performance of *Lipaphis erysimi* (Homoptera: Aphididae) on different Brassica species in a tropical environment. **Journal of Pest Science**, v. 78, ed. 3, 2005. DOI:10.1007/s10340-005-0088-3.

RESENDE, A. L. S.; SILVA, E. E.; SILVA, V. B.; RIBEIRO, R. L. D.; GUERRA, J. G.M.; MENEZES, E. L. A.: Primeiro Registro de *Liphis pseudobrassicae* Davis (Hemiptera: Aphididae) e sua Associação com Insetos Predadores, Parasitóides e Formigas em Couve (Cruciferae) no Brasil: **Neotropical Entomology**, v. 35, p. 551-555, 2006.

REYNOLDS, O. L.; KEEPING, M. G.; MEYER, J. H. Silicon-augmented resistance of plants to herbivorous insects: a review. **Annals of Applied Biology**, Warwick, v. 155, n. 2, p. 171-186, 2009

RONQUIST, F.; AHMAN, I. Reproductive rate of the Indian mustard aphid (*Lipaphis erysimi pseudobrassicae*) on different Brassica oilseeds: comparisons with Swedish strains of mustard (*Lipaphis erysimi erysimi*) and cabbage aphid (*Brevicoryne brassicae*). **Annals of Applied Biology**, n. 166, p. 425-430, 1990.

SAMPAIO, M. V.; KORNDÖRFER, A. P.; PUJADE-VILLAR, J.; HUBAIDE, J. E. A.; FERREIRA, S. E.; ARANTES, S. O.; BORTOLETTO, D. M.; GUIMARÃES, C. M.; SÁNCHEZ-ESPIGARES J. A., CABALLERO-LÓPEZ, B. Brassica aphid (Hemiptera: Aphididae) populations are conditioned by climatic variables and parasitism level: a study case of Triângulo Mineiro, Brazil. **Bulletin of Entomological Research**, n.107, p. 410-418, 2017

SCHALLER, J., SHCOELYNCK, J., STRUYF, E., MEIRE, P., Silicon affects nutrient content and ratios of wetland plants. **Silicon** n. 8, p. 479, 2015. DOI 10.1007/s12633-015-9302-y.

SILVA, F. A. C.; PANIZZI, A. R. Interações Inseto-Planta. In: BALDIN, E. L. L.; VENDRAMIM, J. D.; LOURENÇÃO, A. L. **Resistência de Plantas a Insetos**. Fundamentos e Aplicações. 1ª ed, cap. 2, FEALQ, Piracicaba, SP, 2019.

SILVEIRA NETO, S. **Manual de Ecologia dos Insetos**. 1ª. ed. Piracicaba: Ceres. v. 1. 1976.

SPEIGHT, M. R.; HUNTER, M. D.; WATT, A. D. **Ecology of Insects Concepts and applications**. 2ª ed. 2008, ISBN: 978-1-4051-3114-8.

STENBERG, J. A. **A Conceptual Framework for Integrated Pest Management**. Trends Plant Science. v.22, n.9, p.759-769, 2017.

STENBERG, J. A.; MUOLA, A. How Should Plant Resistance to Herbivores Be Measured? **Frontiers in Plant Science**, 8:663, 2017 doi: 10.3389/fpls.2017.00663.

STOUT, M. J.; WORKMAN, J.; DUFFEY, S. S., Differential Induction of Tomato Foliar Proteins by Arthropod Herbivores, **Journal of Chemical Ecology**, v. 20, n. 10, p. 2575–2594, 1994, <https://doi.org/10.1007/BF02036193>.

TRANI, P. E.; TIVELLI, S. W.; BLAT, S. F. Couve de Folha: do Plantio a Pós-Colheita. **Boletim Técnico IAC**, n. 214, p. 03-20, 2015.

VALBON, W.R.; RONDELLI, V.M.; MACHADO, L.C.; FRANZIN, M.L.; in: **Pragas das brassicas**. cap.3, p 74-94. Colatina, ES, IFES, 2015. ISBN: 978-85-64937-07-9 (E-book).

VUONG, P. T.; SONG, Y.; KIM, J. Overwintering Two Aphid Species, *Lipaphis pseudobrassicae* and *Myzus persicae* (Homoptera: Aphididae), in Southern Greenhouse Area in Korea. **Journal of Asia-Pacific Entomology**, v. 6 n.1 p.63-67, 2003.

WEIBULL, J.; MELIN, G. Free amino acid content of phloem sap from Brassica plants in relation to performance of *Lipaphis erysimi* (Homoptera: Aphididae). **Annals of Applied Biology**, n. 116, p. 417-423, 1990.

CAPÍTULO 01

Parâmetros biológicos e tabela de vida de *Lipaphis pseudobrassicae* (Davis, 1914) (Hemiptera, Aphididae) em couve folha *Brassica oleracea* L. var. *acephala*

Resumo

A Couve folha (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*), é uma das principais brassicáceas plantadas no Brasil. Dentre as principais pragas da cultura no Brasil destacam-se os afídeos *Brevicoryne brassicae* e *Myzus persicae* não aparecendo na literatura acadêmica nacional *Lipaphis pseudobrassicae*. A ciência tem buscado alternativas para o controle dos afídeos e uma dessas técnicas pesquisadas é a implantação de programas de manejo integrado de pragas. Para a obtenção de sucesso em tais manejos são imprescindíveis o conhecimento dos parâmetros biológicos e populacionais da espécie em questão no ambiente de ocorrência, desse modo, a presente pesquisa foi implantada com a finalidade de estudar parâmetros bioecológicos dos afídeos que infestam as hortas urbanas de Teresina-pi. Para tanto realizou-se a captura dos mesmos, após a triagem confeccionou-se lâminas permanentes para identificação taxonômica. Estabeleceu-se a criação estoque do afídeo para realização de estudos biológicos e elaboração da tabela de vida. A única espécie coletada foi *L. pseudobrassicae*, o afídeo demonstrou possuir grande potencial biótico e de crescimento populacional na cultura de *B. oleracea* nas condições estudadas, com taxa Líquida de Reprodução (R_0) $92,61 \pm 3,212$, intervalo de tempo entre cada geração (T) $11,32 \pm 0,167$, inata capacidade de aumentar em número (r_m) $0,39 \pm 0,00754$ e razão finita de aumento (λ) $1,49 \pm 0,0112$. Os parâmetros bioecológicos encontrados foram: período ninfal $5,87 \pm 0,121$ dias, período pré-reprodutivo $1,10 \pm 0,057$ dias, período reprodutivo $16,48 \pm 0,521$ dias, período pós-reprodutivo $5,43 \pm 0,566$ dias, longevidade $20,96 \pm 0,727$ dias, ciclo biológico $26,83 \pm 0,724$ dias, fecundidade média diária $5,56 \pm 0,192$ e fecundidade total $91,58 \pm 3,176$.

Palavras-chave: Bioecologia, tabela de vida, afídeos, pulgão.

Abstract

Leaf kale (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*) is one of the main brassicaceas planted in Brazil. Among the main pests of the crop in Brazil, the aphids *Brevicoryne brassicae* and *Myzus persicae* stand out, not appearing in the national academic literature *Lipaphis pseudobrassicae*. Science has sought alternatives for the control of aphids and one of these researched techniques is the implementation of integrated pest management programs. To obtain success in such managements, knowledge of the biological and population parameters of the species in question in the environment of occurrence is essential, thus, the present research was implemented with the purpose of studying bioecological parameters of aphids that infest urban gardens from Teresina-pi. For this purpose, they were captured, after sorting, permanent slides were made for taxonomic identification. Aphid stock breeding was established to carry out biological studies and prepare a life table. The only species collected was *L. pseudobrassicae*, the aphid showed great biotic and population growth potential in the culture of *B. oleracea* under the conditions studied, with Net Reproduction Rate (R_0) 92.61 ± 3.212 , time interval between each generation -tion (T) 11.32 ± 0.167 , innate ability to increase in number (r_m) 0.39 ± 0.00754 and finite rate of increase (λ) 1.49 ± 0.0112 . The bioecological parameters found were: nymphal period 5.87 ± 0.121 days, pre-reproductive period 1.10 ± 0.057 days, reproductive period 16.48 ± 0.521 days, post-reproductive period 5.43 ± 0.566 days, longevity 20.96 ± 0.727 days, biological cycle 26.83 ± 0.724 days, mean daily fecundity 5.56 ± 0.192 and total fecundity 91.58 ± 3.176 .

Keywords: Bioecology, life table, aphids, aphids.

1 INTRODUÇÃO

A Couve folha (*Brassica oleracea* L var. *acephala*), é uma das principais brassicaceas plantadas no Brasil e seu consumo é crescente devido a suas propriedades nutricionais e medicinais (TRANI et al., 2015). As espécies de afídeos que se tornam pragas geralmente são cosmopolitas, presentes tanto em regiões temperadas como tropicais (PAL; SING, 2013). O afídeo *Lipaphis pseudobrassicae* Davis, 1914, foi registrado pela primeira vez no Brasil associado a couve folha (RESENDE et al., 2006). Esse afídeo aparece como importante praga da mostarda indiana (*Brassica juncea* L.) tendo também como hospedeiro plantas silvestres na Europa e África (AHUJA et al., 2009). Mas apesar de estar associado a diversas brássicas (RESENDE et al., 2006; AHUJA et al., 2009; SAMPAIO et al., 2017; MARSARO JÚNIOR et al., 2021), não existe a luz da literatura estudos bioecológicos dessa espécie de pulgão em brássicas.

Os parâmetros bioecológicos dos afídeos, como a taxas de desenvolvimento e os parâmetros reprodutivos, dependem de vários fatores abióticos e bióticos (ARSHAD et al., 2020; CONTI et al., 2010). Entre os fatores abióticos destacam-se a temperatura e a umidade relativa do ar. Quanto aos fatores bióticos inúmeros são os mesmos, envolvendo características fisiológicas e morfológicas intrínsecas do hospedeiro, as quais variam de acordo com a espécie ou mesmo a variedade, como o valor nutricional da seiva, produção de compostos secundários de defesa, pubescência, textura foliar, presença de tricomas, forma e cor das folhas, bem como fatores extrínsecos como a disponibilidade de água e nutrientes que podem variar em quantidade e qualidade (MIRMOHAMMADI et al., 2009). O conhecimento dos efeitos da planta hospedeira nos parâmetros reprodutivos dos insetos é essencial para se conhecer a dinâmica populacional e identificar a melhor forma de manejo dos mesmos nas lavouras agrícolas além de podermos medir o grau de resistência da planta a um determinado inseto herbívoro. A tabela de vida é uma das ferramentas de estudos da ecologia mais utilizadas para comparar o desempenho dos insetos em sua planta hospedeira. É muito útil na implementação de programas de manejo de pragas ecologicamente corretos, pois medem os efeitos combinados de muitos parâmetros biológicos, como sobrevivência, fecundidade, desenvolvimento e crescimento populacional, fornecendo

também informações básicas para diversos outros ramos da entomologia, como criação massal de insetos para uso em controle biológico. (ALI et al., 2021; ARSHAD et al., 2020).

Desta forma objetivou-se estudar os parâmetros reprodutivos, biológicos e populacionais de *L. pseudobrassicae* em couve folha (*B. oleracea*) utilizando para isso o método da tabela de vida e fertilidade.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido no Laboratório de Fitossanidade no Campus Socopo da Universidade Federal do Piauí-UFPI, Departamento de Fitotecnia do Centro de Ciências Agrárias – CCA. A pesquisa realizou-se em duas etapas, a primeira consistiu em capturar os afídeos nas hortas urbanas, identificar a nível de espécie e estabelecer uma criação no laboratório e a segunda em realizar os experimentos para obtenção dos dados biológicos e através destes confeccionar a tabela de vida. Teresina (Piauí - Brasil) possui um clima quente e úmido com temperatura média anual de 41,1 °C e precipitação média anual de 1.329,3 mm (INMET).

2.1 Captura, Identificação e Criação de *Lipaphis pseudobrassicae* Davis, 1914.

A primeira etapa da pesquisa foi a realização de visitas as hortas urbanas comunitárias de Teresina-pi para conhecimento da realidade da infestação dos afídeos. As coletas dos afídeos ocorreram no segundo semestre de 2020 (período mais quente do ano 30 °C \pm 2) em três hortas urbanas visitadas anteriormente nas seguintes localizações geográficas: Horta da “Piçarreira” (Lat. 5° 3’13.78” S, Long. 42°46’4.25” O), Horta do “Vale Quem Tem” (Lat. 5° 2’53.22” S, Long. 42°44’34.01” O) e Horta do “Dirceu” (Lat. 5° 6’27.22” S, Long. 42°45’10.99” O). Em cada horta foram coletadas folhas de couve-folha infestadas com pulgões. Foram estabelecidos 10 pontos aleatórios para coleta, caminhando-se em zigue-zague pelas hortas. Em cada ponto foi coletada uma folha infestada que foi acondicionada em saco de papel separada por ponto de coleta, depois foram levadas para o laboratório para triagem e identificação taxonômica. Após triagem dos afídeos coletados, os mesmos foram fixados em lâminas permanentes e encaminhados para a Dr^a. Regina Célia Zonta de Carvalho, do Centro de diagnóstico “Marcos Enrietti”, Laboratório de parasitologia vegetal – Entomologia da Universidade Federal do Paraná, para a confirmação da espécie.

A espécie encontrada nas hortas foi *L. pseudobrassicae* Davis, 1914. Após a confirmação da espécie, a criação inicial foi estabelecida segundo metodologia adaptada de Oliveira et al. (2010). Plantas de couve-folha (*B. oleracea* L. var. *acephala*) foram cultivadas em recipientes plásticos de 5 L, contendo substrato e mantidas em gaiolas cobertas com tela anti-afídica, com dimensões de 1,0 m². Quando as plantas se encontravam com 4 folhas definitivas, com auxílio de um pincel, foram infestadas com o afídeo. A cada 30 dias plantava-se 10 novos vasos que eram infestados ao devido tempo quando as plantas anteriores apresentavam sinais de deterioração.

2.2 Parâmetros biológicos de *Lipaphis pseudobrassicae* (Davis, 1914) em *Brassica oleracea* L. var. *acephala*.

Para o estudo dos parâmetros biológicos, discos foliares (N=100) com 5 cm de diâmetro de *B. oleracea* L. var. *acephala* foram lavados em água corrente e colocados em solução de hipoclorito de sódio a 1% por cinco minutos para a desinfestação, posteriormente realizadas duas lavagens em água destilada e então acondicionadas, com a face abaxial para cima, em placas de Petri plásticas de 8,5 cm de diâmetro, contendo uma lâmina de aproximadamente 5mm de agar-água a 1% para manutenção da turgidez. Foram acondicionados três adultos ápteros em cada placa. As placas eram vedadas com “tampas” que possuíam no centro uma abertura de 4 cm fechada com tecido voil. Após 24 horas, os adultos foram retirados e, das ninfas produzidas, duas em perfeito estado foram selecionadas para avaliação dos parâmetros biológicos (Adaptado de VALENTE et al., 2014). As avaliações foram realizadas diariamente com auxílio de microscópio estereoscópico.

Foram avaliados os seguintes parâmetros: duração do período ninfal, do período reprodutivo, do ciclo biológico, viabilidade das ninfas, produção diária e total de ninfas por fêmea (fecundidade) e a mortalidade diária. O critério para a constatação de mudança de instar foi a presença da exúvia, as quais eram retiradas diariamente após a contabilização. As placas foram mantidas em câmaras climatizadas reguladas a 25±1°C, 70±10% UR e fotofase de 12 horas.

Os dados dos parâmetros biológicos foram utilizados para construção da tabela de vida e fertilidade. Os parâmetros de crescimento populacional estimados foram o intervalo médio entre gerações (T); a taxa líquida de reprodução (R_0); a taxa intrínseca de crescimento (r_m); e a razão finita de aumento (λ), utilizando o método "Bootstrap " através do Software TWOSEX-MSChart (CHI et al., 2020).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Lipaphis pseudobrassicae foi a única espécie de afídeo coletada e identificada nas plantações de couve folha nas hortas urbanas em Teresina-pi (figura 1). Esse é o primeiro registro de *L. pseudobrassicae* no Piauí embora *Brevicoryne brassicae* e *Myzus persicae* sejam relatados como os principais afídeos das brássicas (VALBON et al., 2015; MOURA et al., 2019).



Figura 1 a. Lâmina permanente para identificação do pulgão. b. detalhe do sí-funculo. c. Detalhe da antena. d. detalhe rostro. (fonte. O autor)

O afídeo *L. pseudobrassicae* passou por 4 ínstaros, o que normalmente é observado para a maioria das espécies de afídeos (ILHARCO, 1992). A duração do período ninfal foi de 5,87 dias e período reprodutivo durou 16,48 dias (tabela 1). Em *B. campestris* e *B. jucea* na temperatura de 20 °C o período ninfal de *L. pseudobrassicae* foi de $7,0 \pm 0,211$ e $7,98 \pm 0,171$ e período reprodutivo de $9,60 \pm 1,392$ e $13,80$

$\pm 1,289$ respectivamente (AGARWALA; KALPANA; RAYCHOUDHURY, 2009), demonstrando que tanto o alimento quanto a temperatura são fatores que afetam desenvolvimento dos afídeos influenciando o ciclo biológico e afetando a longevidade, o tempo de desenvolvimento e a fecundidade. A espécie *L. erysimi*, também apresenta quatro instares, com duração do período reprodutivo de 34 dias na temperatura de 25 °C (GODOY; CIVIDANES, 2002) diferindo de *L. pseudobrassicae* que apresentou um período reprodutivo de duas vezes maior (Tabela 1). Os afídeos possuem uma característica em comum, são considerados “r” estrategistas com níveis de fecundidade alta o que faz aumentar suas populações rapidamente (ILHARCO, 1992). Alguns fatores provocam redução na fecundidade, reduzindo drasticamente o desenvolvimento da colônia favorecendo a sobrevivência do hospedeiro, fatores como a temperatura, a humidade, presença de substâncias deterrentes no hospedeiro. *L. erysimi*, tendo como hospedeiro a couve na temperatura de 25 C°, apresenta uma fecundidade média diária (FMD) de 2,5 ninfas/fêmea/dia e fecundidade total (FT) de 47,9 ninfas/fêmea (GODOY; CIVIDANES, 2002) bem inferior aos parâmetros de *L. pseudobrassicae* (tabela 1) demonstrando que *L. pseudobrassicae* compensou o menor período reprodutivo aumentando suas taxas reprodutivas.

Tabela 1 Parâmetros biológicos de *L. pseudobrassicae* Davis, 1914, alimentando-se em couve folha (*Brássica oleracea* L. var. *acephala*), em teste sem chance de escolha. Temp. 25°C, UR. 70±10% e fotofase 12h

| Parâmetros biológicos | Média ± EP |
|--------------------------------|---------------|
| Período ninfal (dias) | 5,87 ± 0,121 |
| Período pré-reprodutivo (dias) | 1,10 ± 0,057 |
| Período reprodutivo (dias) | 16,48 ± 0,521 |
| Período pós-reprodutivo (dias) | 5,43 ± 0,566 |
| Longevidade (dias) | 20,96 ± 0,727 |
| Ciclo biológico (dias) | 26,83 ± 0,724 |
| Fecundidade média diária (FMD) | 5,56 ± 0,192 |
| Fecundidade total (FT) | 91,58 ± 3,176 |

A fecundidade média diária (FMD) e fecundidade total (FT) são importantes parâmetros de avaliação populacional, pois influenciam diretamente a curva de fertilidade. O período reprodutivo de *L. pseudobrassicae*, em média, iniciou no 5º dia de vida e durou até sua morte aos 32 dias. O pico reprodutivo ocorreu entre o 10º e o 14º

dias e a taxa máxima de aumento ocorre no 14º dia de vida (figura 2), no qual houve a maior produção de ninfas/fêmea/dia.

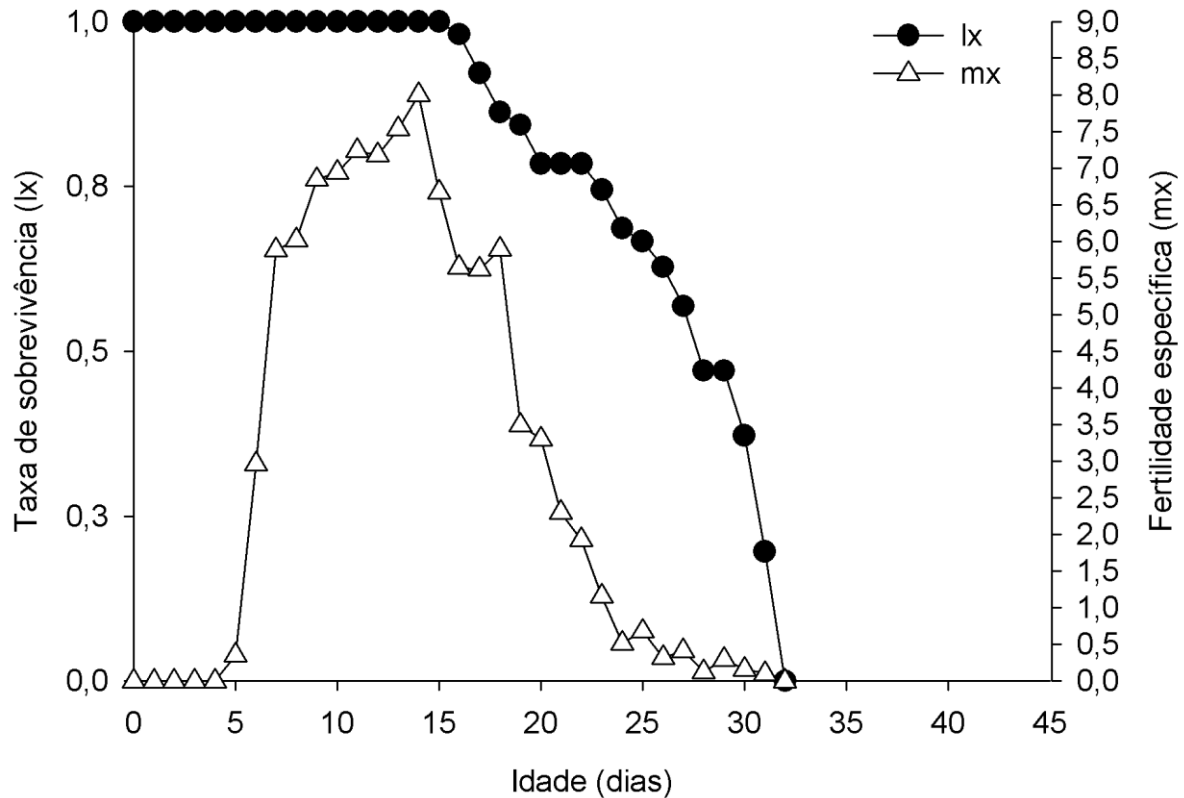


Figura 2 Taxa de sobrevivência (l_x) e número de descendente/fêmea/dia (m_x) de *Lipaphis pseudobrassicae* em folhas de couve.

Os parâmetros biológicos nos proporcionam uma ideia sobre o ciclo de vida do inseto, contudo a construção de uma tabela de vida com os dados biológicos coletados se torna mais útil, pois é a melhor ferramenta quando se deseja comparar o potencial de crescimento de duas ou mais populações (MAIA, 1997). A tabela de vida de *L. pseudobrassicae*, calculada a partir dos dados biológicos ($n=51$) apresentou $R_0 = 92,61$; $r_m = 0,39$; $\lambda = 1,49$ e $T = 11,32$ (tabela 2) demonstrando ter um maior potencial reprodutivo, apesar das condições pesquisadas não serem exatamente iguais, do que *L. erysimi*, que possui os seguintes parâmetros de vida: $R_0 = 38,29$, $r_m 0,28$, $\lambda 1,33$ e $T 12,81$ quando alimentando-se em couve folha, (GODOY; CIVIDANES, 2002).

Tabela 2 Parâmetros populacionais de *L. pseudobrassicae* Davis, 1914, alimentando-se em *B. oleracea* L. var. *acephala* em teste sem chance de escolha Temp. 25°C, UR. 70±10% e fotofase 12h.

| Parâmetros analisados | Média ± EP* |
|--|----------------|
| Taxa Líquida de Reprodução (R_o) | 92,61 ± 3,212 |
| Intervalo de Tempo entre cada geração (T) | 11,32 ± 0,167 |
| Inata capacidade de aumentar em número (r_m) | 0,39 ± 0,00754 |
| Razão finita de aumento (λ) | 1,49 ± 0,0112 |

* Erro padrão da média

Brevicoryne brassicae e *M. parsicae*, considerados os principais afídeos praga de *B. oleracea* L. var. *acephala*, na temperatura de 25 °C apresentam os seguintes parâmetros populacionais: 14,65 (R_o), 14,94 (T), 0,18 (r_m) e 1,19 (λ) e 26,33 (R_o), 14,59 (T), 0,22 (r_m) e 1,25 (λ), respectivamente (CIVIDANES, 2002; CIVIDANES; SOUZA, 2003). Para o afídeo *L. pseudobrassicae* observamos que, embora as condições dos experimentos não tenham sido exatamente idênticas, a amplitude da superioridade entre os valores alcançados nos leva a sugerir ou supor que o potencial biótico de *L. pseudobrassicae* é superior, podendo entrar em desequilíbrio populacional e provocar danos econômicos em *B. oleracea* com maior facilidade.

Os parâmetros populacionais elevados de *L. pseudobrassicae* explicam também o fato dessa espécie ter sido a única encontrada no levantamento, podendo ter provocado um deslocamento das demais espécies por competição interespecíficas, uma vez que ambas as espécies competem entre si em um mesmo nicho ecológico (BEGON; TOWNSEND; HAPER, 2007).

Fica evidenciado portanto que em *B. oleracea* nas condições pesquisadas, o afídeo *L. pseudobrassicae* possui maior duração da fase juvenil, menor duração da fase reprodutiva e maior fecundidade potencializando sua multiplicação e consequentemente alcançando maior número de gerações no ciclo do hospedeiro, do que *L. erysim*, *B. brassicae* e *M. parsicae*.

4 CONCLUSÃO

L. pseudobrassicae demonstrou ser um afídeo com grande potencial para entrar em desequilíbrio populacional podendo provocar danos econômicos em *Brassica oleracea* L. var. *acephala* nas condições pesquisadas.

B. oleracea L. var. *acephala* demonstrou ser um bom hospedeiro para *L. pseudobrassicae* nas condições estabelecidas pelo experimento.

L. pseudobrassicae pode ser considerado um afídeo importante associado a cultura da *Brassica oleracea* L. var. *acephala*, podendo causar danos superiores a *Lipaphis erysime*, *Brevicoryne brassicae* e *Myzus persicae*.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHUJA, D. B.; AHUJA, U. R.; KALYAN, R. K.; SHARMA, Y. K.; DHANDAPANI, A.; MEENA, P.C.; Evaluation of different management strategies for *Lipaphis pseudo-brassicae* (Davis) on *Brassica juncea*, **International Journal of Pest Management**, v.55, n.1, p. 11-18, 2009. DOI: 10.1080/09670870802422580.
- ALI, M. Y.; NASEEM, T.; ARSHAD, M.; ASHRAF, M.; RIZWAN, M.; TAHIR, M.; RIZWAN, M.; SAYED, S.; ULLAH, M. I.; KHAN, R. R.; AMIR, M. B.; PAN, M.; LIU, T.-X.; Host-Plant Variations Affect the Biotic Potential, Survival, and Population Projection of *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae). **Insects**, v. 12, 2021. <https://doi.org/10.3390/insects12050375>.
- ARSHAD, M.; ULLAH, M. I.; SHAHID, U.; TAHIR, M.; KHAN, M. I.; RIZWAN; M.; ABRAR, M.; NIAZ, M. M. Life table and demographic parameters of the coccinellid predatory species, *Hippodamia convergens* Guérin-Méneville (Coleoptera: Coccinellidae) when fed on two aphid species. **Egyptian Journal of Biological Pest Control**, v. 30, n. 79, 2020. <https://doi.org/10.1186/s41938-020-00280-7>.
- BEGON, M.; TOWNSEND, C. R.; HARPER, J. L. In: BEGON, M.; TOWNSEND, C. R.; HARPER, J. L. **Ecologia: de Indivíduos a ecossistemas**. cap. 19, p. 550-577, 4a edição. Artmed, 2007
- BLACKMAN, R. L.; EASTOP, V. Growth and Development. In: EMDEN, H. F. V.; HARRINGTON, R. **Aphids as Crop Pests**. 2. ed. Cambridgeshire: CAB International, v. 1, 2017. Cap. 1, p. 1-36.
- BROGLIO, S. M. F.; SANTOS, A. J. N.; DIAS-PINI, N. S.; VALENTE, E. C. N.; MICH-ELETTI, L. B. Utilização de substâncias naturais para o manejo de *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach, 1843) (Hemiptera: Aphididae) em cultivo orgânico de brócolis, *Brassica oleracea* var. *italica* (Brassicaceae), **Revista Brasileira de Agroecologia**, n. 9, v. 1, p. 232-239, 2014, ISSN: 1980-9735.
- CAMPOS, A. P.; BOIÇA JUNIOR, A. L.; RIBEIRO, Z. A.; ITO, L. A.; Atratividade de *Lipaphis erysimi* (Hemiptera: Aphididae) por cultivares de couve. **Horticultura Brasileira** v. 29, n. 2, 2011 ISSN: 497-S502.
- CHI, H.; YOU, M.; ATLIHAN, R.; SMITH, C. L.; KAVOUSI, A.; ÖZGÖKÇE, M. S.; GÜNCAN, A.; TUAN, S. J.; FU, J. W.; XU, Y.Y.; ZHENG, F. Q.; YE, B. H.; CHU, D.; YU, Y.; GHAREKHANI, G.; SASKA, P.; GOTOH, T.; SCHNEIDER, M. I.; BUSSA-

MAN, P.; GÖKÇE, A.; LIU, T. X., Age-Stage, two-sex life table: an introduction to theory, data analysis, and application. **Entomologia Generalis**, v. 40, p. 103-124, 2020, DOI: 10.1127/entomologia/2020/0936.

CIVIDANES, F.J. Tabelas de Vida de Fertilidade de *Brevicoryne brassicae* (L.) (Hemiptera: Aphididae) em Condições de Campo, **Neotropical Entomology**, v. 31, n. 3, p. 419-426, 2002. <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2002000300011>.

CIVIDANES, F. J.; SANTOS-CIVIDANES, T. M. Predicting the occurrence of alate aphids in Brassicaceae, **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 4, p. 505-510, 2012.

CIVIDANES, F. J.; SOUZA, V. P., Exigências Térmicas e Tabelas de Vida de Fertilidade de *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae) em Laboratório, **Neotropical Entomology**, v. 32, n. 3, p. 413-419, 2003. <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2003000300005>.

CONTI, B. F. de; BUENO V. H. P.; SAMPAIO, M. V.; SIDNEY, L. A.; Reproduction and fertility life table of three aphid species (Macrosiphini) at different temperatures. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 54, n. 4, p. 654-660, 2010.

FENING, K. O.; FORCHIBE, E. E.; WAMONJE, F. O.; ADAMA, I.; AFREH-NUAMAH, K.; CARR, J. P. First Report and Distribution of the Indian Mustard Aphid, *Lipaphis erysimi pseudobrassicae* (Hemiptera: Aphididae) on Cabbage (*Brassica oleracea* var capitata) in Ghana. **Journal of Economic Entomology**, v. 113, n. 3, p. 1362-1372, 2020. doi:10.1093/jee/toaa057.

GODOY, K. B.; CIVIDANES, F. J., Tabelas de Esperança de Vida e Fertilidade para *Lipaphis erysimi* (Kalt.) (Hemiptera: Aphididae) em Condições de Laboratório e Campo. **Neotropical Entomology**, v. 31, n. 1, p. 41-48, 2002, <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2002000100006>.

ILHARCO, F. A. Biologia e Ciclos Biológicos. In: **Equilíbrio Biológico de Afídeos**. Lisboa: [s.n.], 1992. Cap. 4, p. 127-136.

MAIA, A. D. H. N. Métodos Estatísticos para Comparação de Parâmetros Associados às Tabelas de Vida de Fertilidade. **Congresso Brasileiro de Entomologia**, Cruz das Almas, 1997.

MARSARO JÚNIOR, A. L.; PEREIRA, P. R. V. S.; SCARPARO, A. P.; CARVALHO, R. C. Z.; Flutuação Populacional de Afídeos na Cultura da Canola, em Passo Fundo – RS. **Revista Científica Intelletto**, v.6, n. 1, p. 1-6, 2021. ISSN 2525-9075 on-line.

MIRMOHAMMADI, S.; ALLAHYARI, H.; NEMATOLLAHI, M. R.; SABOORI, A. Effect of Host Plant on Biology and Life Table Parameters of *Brevicoryne brassicae* (Homoptera: Aphididae). **Entomological Society of America**, 2009. [https://doi.org/0013-8746/09/0450D0455\\$04.00/0](https://doi.org/0013-8746/09/0450D0455$04.00/0).

MOURA, A. P. de; GUIMARÃES, J. A.; SILVA, J. da; GUEDES, I. M. R.; LEAL, D. C. P. Recomendações técnicas para o manejo de pragas em brassicáceas com vistas à Produção Integrada de Hortaliças Folhosas, **Embrapa Hortaliças**, p. 32, 2019, ISSN 1415-2312.

NAFRÍA, J. M. N.; FUENTES-CONTRERAS, E.; COLMENERO, M. C.; PIERA, M. A.; ORTEGO, J.; DURANTE, M. P. M.; Catálogo de los Áfidos (Homoptera, Aphididae) de Chile, con Plantas Hospedadoras y Distribuciones Regional y Provincial. **Graellsia**, n. 72 v. 2, 2016. <http://dx.doi.org/10.3989/graellsia.2016.v72.167>.

PAL, M; SING, R; Biology and Ecology of the Cabbage Aphid, *Brevicoryne brassicae* (linn.) (Homoptera: Aphididae): **A review Journal of Aphidology**, v. 27, p. 59-78, 2013, ISSN 0970-3810.

PATEL, S.R.; AWASTHI, A.K.; TOMAR, R.K.S., Assessment of Yield Losses in Mustard (*Brassica Juncea* L.) due to Mustard Aphid (*Lipaphis Erysimi* Kalt.) Under Different Thermal Environments in Eastern Central India. **Applied Ecology and Environmental Research**, v. 2, n. 1, p. 1-15, 2004. ISSN 1589 1623.

QUEIROZ, O. S.; MORAES, E. G. F.; PICANÇO, M. C.; SILVA, G. A.; SOUZA, T. C.; SOARES, J. R. S.; Variação sazonal do ataque de *Lipaphis erysimi* no repolho. **Horticultura Brasileira**, v. 30, n. 2, 2012, ISSN:1088-1093.

RANA, J. S., Performance of *Lipaphis erysimi* (Homoptera: Aphididae) on different Brassica species in a tropical environment. **Journal of Pest Science**, v. 78, ed. 3, 2005. DOI:10.1007/s10340-005-0088-3.

RESENDE, A. L. S.; SILVA, E. E.; SILVA, V. B.; RIBEIRO, R. L. D.; GUERRA, J. G.M.; MENEZES, E. L. A.: Primeiro Registro de *Liphis pseudobrassicae* Davis (Homoptera: Aphididae) e sua Associação com Insetos Predadores, Parasitóides e Formigas em Couve (Cruciferae) no Brasil: **Neotropical Entomology**, v. 35, p. 551-555, 2006. <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2006000400019>.

SAMPAIO, M. V.; KORNDÖRFER, A. P.; PUJADE-VILLAR, J.; HUBAIDE, J. E. A.; FERREIRA, S. E.; ARANTES, S. O.; BORTOLETTO, D. M.; GUIMARÃES, C. M.; SÁNCHEZ-ESPIGARES J. A., CABALLERO-LÓPEZ, B. Brassica aphid (Homoptera: Aphididae) populations are conditioned by climatic variables and parasitism level: a study case of Triângulo Mineiro, Brazil. **Bulletin of Entomological Research**, n.107, p. 410-418, 2017

TRANI, P. E.; TIVELLI, S. W.; BLAT, S. F. Couve de Folha: do Plantio a Pós-Colheita. **Boletim Técnico IAC**, n. 214, p. 03-20, 2015.

VALBON, W. R.; RONDELLI, V. M.; MACHADO, L. C.; FRANZIN, M. L.; in: HOLTZ, A. M.; RONDELLI, V. M.; CELESTINO, F. N.; BESTETE, L. R.; CARVALHO, J. R. **Pragas das brassicas**. cap.3, p 74-94. Colatina, ES, IFES, 2015. ISBN: 978-85-64937-07-9 (E-book).

VALENTE, E. C. N.; TRINDADE, R. C. P; BROGLIO, S. M. F.; DUARTE, A. G.; RODRIGUES, V. de M.; LIMA, H. M. A.; BATISTA, N. S.; SANTOS, J. R. Aspéctos 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.

CAPÍTULO 02

Efeito do óxido de silício na indução de resistência em couve folha (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*) ao afídeo *Lipaphis pseudobrassicae* Davis, 1914.

Resumo

Entre os insetos associados a couve folha (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*) encontramos *Lipaphis pseudobrassicae* Davis, 1914. No Brasil, o principal método de controle utilizado no combate a esta praga ainda é o químico e tem como consequência a alta incidência de resíduos nas plantas. A ciência tem buscado alternativas ao uso do controle químico e uma dessas técnicas é a utilização do silício como indutor de resistência de plantas de couve. Os experimentos da presente pesquisa foram conduzidos com a finalidade de testar a eficácia da aplicação de Si na indução de resistência em *B. oleracea* e conseqüentemente no controle do afídeo *L. pseudobrassicae* na cultura. As plantas foram plantadas em depósitos de 5 L para a instalação de dois ensaios, com aplicação de silício via foliar e via solo. Foram testadas 4 concentrações de óxido de silício (1; 1,5; 2 e 2,5 g/L) e como controle a testemunha (0,0 g/L). Folhas foram retiradas das plantas de couve e levadas para o laboratório onde foram realizados testes sem chance de escolha (antibiose) e com chance de escolha (antixenose) além da taxa instantânea de crescimento que foi realizado diretamente na planta. Foram calculados os parâmetros biológicos (duração do período ninfal, do período reprodutivo, do ciclo biológico, viabilidade das ninfas, produção diária e total de ninfas por fêmea (fecundidade) e a mortalidade diária) e de crescimento populacional (taxa líquida de reprodução (R_0), taxa intrínseca de aumento (r_m), duração média de uma geração (T), razão finita de aumento (λ). Foi avaliado também os teores de silício e lignina das folhas. O Óxido de silício (SiO_2) aplicado via foliar em *B. oleracea* var. *acephala*, reduziu a taxa intrínseca de crescimento populacional (r_m), a razão finita de aumento populacional (λ), a taxa líquida de reprodução (R_0) e a taxa instantânea de crescimento (r_i) de *L. pseudobrassicae*, quando aplicado em concentrações $\geq 1,5$ g/L. A aplicação do silício no solo não afetou nenhum dos parâmetros. Não houve correlação entre o teor de lignina e o teor de silício nas folhas e os parâmetros populacionais.

Palavras-chave: Biecologia, silício, manejo, óxido de silício

Abstract

Among the insects associated with kale (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*) we can find *Lipaphis pseudobrassicae* Davis, 1914. In Brazil, the main control method used to combat this pest is still chemical, resulting in the high incidence of residues in plants. Science has sought alternatives to the use of chemical control and one of these techniques is the use of silicon as an inducer of resistance in cabbage plants. The experiments of the present research were carried out in order to test the effectiveness of the application of Si in the induction of resistance in *B. oleracea* and consequently in the control of the aphid *L. pseudobrassicae* in the culture. The plants were planted in 5 L tanks for the installation of two trials, with application of silicon via foliar and via soil. Four concentrations of silicon oxide were tested (1; 1.5; 2 and 2.5 g/L) and the witness (0.0 g/L) as a control. Leaves were removed from cabbage plants and taken to the laboratory where no choice (antibiosis) and free choice (antixenosis) tests were performed, in addition to the instantaneous growth rate that was performed directly on the plant. The biological parameters (duration of the nymphal period, the reproductive period, the biological cycle, nymph viability, daily and total production of nymphs per female (fertility) and daily mortality) and population growth (net rate of reproduction (R_0), intrinsic rate of increase (r_m), average duration of a generation (T), finite rate of increase (λ)) The silicon and lignin contents of the leaves were also evaluated. SiO_2 applied via foliar in *B. oleracea* var. *acephala*, reduced the intrinsic rate of population growth (r_m), the finite rate of population increase (λ), the net rate of reproduction (R_0) and the instantaneous rate of growth (r_i) of *L. pseudobrassicae*, when applied at concentrations ≥ 1.5 g/L. The application of silicon in the soil did not affect any of the parameters. There was no correlation between the lignin content and the silicon content in the leaves and population parameters.

Keywords: Biecology, silicon, management, silicon oxide

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** Parâmetros de crescimento populacional de *L. pseudobrassicae* Davis, 1914, em *B. oleracea* L. var *acephala* sob tratamento com diferentes concentrações de Si aplicado via foliar.59
- Tabela 2** Teores de silício e lignina em folhas de *B. oleracea* L var *acephala* sob tratamentos com diferentes concentrações de Si e duas formas de aplicação..... 60
- Tabela 3** Parâmetros de crescimento populacional de *L. pseudobrassicae* em *Brassica oleracea* sob tratamento com diferentes concentrações de óxido de silício aplicado no solo65
- Tabela 4** Taxa instantânea de crescimento (r_i) de *L. pseudobrassicae* em *B. oleracea* sob tratamentos com diferentes concentrações de Si e duas formas de aplicação. .67

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** Detalhe do plantio de campo no viveiro com as parcelas e os tratamentos.
.....52
- Figura 2** Plantas no laboratório para serem analisadas..... 555
- Figura 3.** Equação de regressão dos parâmetros de crescimento populacional de *L. pseudobrassicae* em função das concentrações das doses de Si aplicadas via foliar.
..... 611
- Figura 4** Taxa de sobrevivência (lx) e fecundidade específica (mx) de *L. pseudobrassicae* em folhas de couve folha (*B. oleracea*) tratadas com diferentes concentrações de Si aplicado via foliar. 633
- Figura 5** Preferência de adultos de *L. pseudobrassicae* Davis, 1914, por folhas *B. oleracea* L. var. *acephala* tratadas com diferentes concentrações de Si aplicado via foliar.**Erro! Indicador não definido.**4
- Figura 6** Preferência de adultos de *L. pseudobrassicae* por folhas de *B. oleracea* tratadas com diferentes concentrações de Si aplicado via solo.**Erro! Indicador não definido.**6

1 INTRODUÇÃO

Os afídeos são considerados pragas cosmopolitas presentes tanto em regiões temperadas como tropicais (PAL; SING, 2013). *Lipaphis pseudobrassicae* é um afídeo monófago hospedeiro das brássicas capaz de promover danos econômicos quando não controlado (AHUJA et al., 2009). A ciência vem pesquisando métodos de controle dos mesmos que utilizem menos agroquímicos, buscando desenvolver manejos ecológicos que consistem no uso de diversas técnicas com efeitos sinérgicos.

Uma das técnicas que pode ser utilizada nos manejos é a indução de resistência sistêmica em plantas. Quando uma planta é atacada ela se defende em maior ou menor grau dependendo de sua herança genética, mas essa resistência pode ser aumentada por indução química de natureza biótica ou abiótica (LIANG; SUN; ROMHELD, 2005; MÉTRAUX et al., 1990; RYALS et al., 1996).

Entre os fatores abióticos que atuam como indutor de resistência nas plantas encontra-se o silício (Si). Entre as hipóteses que explicam a resistência que o Si induz na planta à alimentação de insetos sugadores, o aumento da resistência física do tipo constitutiva, baseada em sílica amorfa sólida, tem sido considerada o principal fator (LANNING; LINKO, 1961; REYNOLDS; KEEPING; MEYER, 2009). Acredita-se que o Si exerça o fortalecimento da parede celular criando barreiras de proteção a penetração de agentes etiológicos, o Si possui também um papel ativo estimulando as defesas da planta estando envolvido em defesas químicas induzidas através da produção de enzimas defensivas ou possivelmente da liberação de voláteis de plantas (FAWE et al., 2001; LIANG; SUN; ROMHELD, 2005; REYNOLDS; KEEPING; MEYER, 2009; WANG et al., 2017).

As pesquisas envolvendo os hemípteros tem demonstrado que o Si pode atuar como eliciadores de substâncias relacionadas à defesa da planta (CORREA et al., 2005; KORNDORFER; GRISOTO; VENDRAMIM, 2011; REYNOLDS; KEEPING; MEYER, 2009; WANG et al., 2017), mais especificamente em relação aos afídeos (Aphididae) alguns estudos apontam que a aplicação de Si reduz a preferência, longevidade e produção de ninfas dos pulgões conferindo resistência às plantas de trigo - *Triticum* (BASAGLI et al., 2003), de sorgo - *Sorghum bicolor* (CARVALHO; MORAES; CARVALHO, 1999; GOMES; MORAES; SANTOS, 2005; COSTA; MORAES, 2006), da batata inglesa (GOMES; MORAES; ASSIS; 2008), fava -

Phaseolus lunatus (PORTELA et al., 2019) e em *Pinus Taeda* (CAMARGO et al., 2008).

Desta forma o objetivo desta pesquisa foi estudar a eficiência do óxido de silício (SiO_2) como indutor de resistência em *B. oleracea* L. var. *acephala* e o efeito no controle populacional do afídeo *L. pseudobrassicae*.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos ao Laboratório de Fitossanidade no Campus Socopo da Universidade Federal do Piauí-UFPI, Departamento de Fitotecnia do Centro de Ciências Agrárias – CCA e no Laboratório de Entomologia e Acarologia do Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia-IFPI, campus de José de Freitas-Pi.

O afídeo *L. pseudobrassicae* foi coletado nas hortas urbanas de Teresina-Pi e, uma vez identificados, iniciou-se uma criação de estoque em plantas de couve-folha (*B. oleracea*) previamente plantadas em vasos de 5 L e mantidas livres de infestações. Foram montados dois experimentos para avaliar o efeito da aplicação de óxido de silício (SiO_2), um com aplicação via foliar e outro com aplicação no solo. Como fonte de SiO_2 utilizou-se o produto comercial “Agrasil” que possui 98% de Si sendo indicado comercialmente como indutor de resistência em plantas. A recomendação no rótulo do produto é para aplicação via foliar na concentração de 1,5 g/L para as hortaliças em geral sem especificações de espécies.

Foram testadas 4 diferentes concentrações nas duas formas de aplicações. As concentrações testadas foram escolhidas a partir da recomendação comercial do fabricante do Agrasil. As concentrações utilizadas foram 0; 1; 1,5; 2 e 2,5 (g/L), aplicadas após a emergência em intervalos de 25 dias encerrando as aplicações 14 dias antes do início dos testes em laboratório.

A parcela experimental consistiu em vasos plásticos de 5 L cheios com substrato constituído de 50% terra vegetal e 50% de composto orgânico sem realização de adubações complementares e uma planta de couve-folha por vaso. Inicialmente foram plantadas 5 sementes, as quais foram sendo desbastadas sempre deixando as plantas mais vigorosas até o aparecimento de quatro folhas definitivas, quando então deixou-se somente uma planta por vaso. Cada experimento foi constituído por 5 tratamentos com 5 repetições. (Figura 1). O delineamento adotado foi inteiramente casualizado.



Figura 1 Detalhe do plantio de campo no viveiro com as parcelas e os tratamentos. Fonte: o autor.

2.1 Parâmetros de crescimento populacional de *L. pseudobrassicae* Davis, 1914, alimentando-se de *B. oleracea* L. var. *acephala* sob tratamento com fertilizante silicatado e duas formas de aplicação.

Discos de folhas ($n=8$) com 3,5 cm de diâmetro de *B oleracea* L. var. *acephala* foram cortados, de cada um dos cinco tratamentos, lavados em água corrente e colocados em solução de hipoclorito de sódio a 1% por cinco minutos para a desinfestação, posteriormente foram realizadas duas lavagens em água destilada e então fixadas, com a face abaxial para cima, em placas de Petri plásticas de 8,5 cm de diâmetro, contendo uma lâmina de aproximadamente 5mm de agar-água a 1% para manutenção da turgidez. Foram colocados então 3 fêmeas ápteras adultas em cada placa. As placas eram vedadas com “tampas” que possuíam no centro uma abertura de 4 cm fechada com tecido voil para evitar a condensação de água. Após 24 h, os adultos

foram retirados e, das ninfas produzidas, duas em perfeito estado e tamanhos semelhantes, foram selecionadas para avaliação dos parâmetros biológicos. As placas foram mantidas em câmaras climatizadas reguladas a $25\pm 1^{\circ}\text{C}$, $70\pm 10\%$ UR e fotofase de 12 horas. (Adaptado de VALENTE et al., 2014).

As avaliações aconteceram diariamente, sempre no mesmo horário, com auxílio de microscópio estereoscópico. Foram avaliados os seguintes parâmetros biológicos: duração do período ninfal, do período reprodutivo, do ciclo biológico, viabilidade das ninfas, produção diária e total de ninfas por fêmea (fecundidade) e a mortalidade diária. O critério para a constatação de mudança de instar foi a presença da exúvia, as quais eram retiradas diariamente após a contabilização.

Os parâmetros populacionais da tabela de vida e fertilidade (taxa líquida de reprodução (R_0), taxa intrínseca de aumento (r_m), duração média de uma geração (T), razão finita de aumento (λ), assim como os erros associados a estes e os testes pareados de comparação entre os tratamentos, foram todos estimados pelo método "Bootstrap" com 100.000 amostras utilizando-se o Software TWSEX-MSChart (CHI et al., 2020). As curvas de sobrevivência foram comparadas pelo método logrank através do software estatístico SAS (SAS INSTITUTE, 2001).

2.2 Preferência alimentar de *L. pseudobrassicae* em teste com chance de escolha - antixenose

Para os testes de livre escolha realizou-se testes pareados, onde discos de folhas de 3,5 cm de diâmetro, de cada um dos cinco tratamentos, foram cortados e lavados em água corrente e colocados em solução de hipoclorito de sódio a 1% por cinco minutos para a desinfestação, posteriormente foram realizadas duas lavagens em água destilada, então foram acondicionadas em placas de petri plásticas contendo ágar-água a 1%, aos pares a uma mesma distância do centro, onde foi posicionada uma tira de papel de filtro com 4 cm². Na tira de cada papel filtro foram liberadas seis fêmeas ápteras adultas do pulgão. Realizou-se testes pareados combinando cada um dos quatro tratamentos com a testemunha, sendo cinco repetições por combinação, totalizando 30 fêmeas (Adaptado de SALAS; LOPES; FERRERES, 2010). As placas foram colocadas em câmara BOD regulada com temperatura de $25\pm 2^{\circ}\text{C}$, umidade

relativa de 70% e fotofase de 12 h. Após 48 h da infestação foram computados os pulgões presentes em cada seção foliar desconsiderando as ninfas nascidas durante o teste. Realizou-se então a análise de frequência da escolha através do teste Qui-quadrado ($p \leq 0,05$) com o uso do software estatístico SAS (SAS INSTITUTE, 2001).

2.3 Taxa instantânea de crescimento populacional (r_i) de *L. pseudobrassicae* em *B. oleracea* sob aplicação de diferentes concentrações de Si

Esse experimento foi realizado na própria planta, sem destaque da folha. Mini gaiolas foram confeccionadas com tampas plásticas de 2 cm de diâmetro, nas quais foram realizados cortes circulares com 1,5 cm de diâmetro e vedados com tecido voil para favorecer a aeração e evitar condensação de água. O perímetro das placas foi acolchoado com espumas para melhor vedação, prevenção de fugas e não provocar ferimento nas folhas (figura 2). As minis gaiolas foram fixadas nas folhas com grampos sendo uma por planta/vaso. Cada mini gaiola foi povoada com uma fêmea adulta ápteras de *L. pseudobrassicae* de tamanho uniforme e idades próximas. No dia seguinte ao povoamento retirou-se as fêmeas adultas e as ninfas excedentes deixando-se apenas uma ninfa de um dia de idade, esse procedimento é importante pois uma ninfa já fixa se alimentando, não se locomove e evita fuga. Para a contagem do crescimento populacional utilizou-se microscópio estereoscópico, sendo as plantas transportadas ao laboratório. A contagem foi realizada 11 dias após a seleção da ninfa inicial, considerando-se que em testes anteriores a ninfa levou 5 dias para ficar adulta e iniciar a parição.

Para a avaliação do efeito do silício sobre o crescimento populacional foi estimada a r_i , de acordo com a equação: $r_i = \ln(N_f/N_o)/\Delta t$, onde: N_f é o número final de pulgões (ninfas e adultos) presentes em cada disco na avaliação final, aos 6 dias; N_o é o número inicial de pulgões e Δt é a variação do tempo (STARK; BANKS, 2003). O valor positivo de (r_i) indica crescimento populacional; (r_i) = 0 significa estabilidade populacional e valores negativos para (r_i) indica decréscimo populacional. Foram realizadas análises de regressão entre as concentrações de silício encontrado nas folhas e os valores de (r_i) com o uso do software estatístico SAS (SAS INSTITUTE, 2001).



Figura 2 Plantas no laboratório para serem analisadas. b. Contagem da população. c. Detalhe da fixação da mini gaiola na folha. d. Detalhe das peças utilizadas na contenção do pulgão na folha.

2.4 Teor de silício nas folhas

Após o término de todos os testes biológicos, 10 folhas de cada planta/tratamento foram retiradas, acondicionadas em sacos de papel e levadas a estufa para secagem a 60 °C por dois dias. Após a secagem as folhas foram moídas em cadinho, rendendo aproximadamente 10 g, e armazenadas em potes devidamente identificados por tratamentos e repetições. 1 g de cada amostra foi retirado desse total, armazenado em microtubo eppendorf e enviados para o laboratório de análises da Universidade Federal de Uberlândia – LAFER - Grupo de Pesquisa de Silício na Agricultura, para análise do teor de silício das folhas. Os teores de silício foram analisados conforme a disposição das plantas no viveiro com 5 tratamentos e 5 repetições e delineamento inteiramente casualizado e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade com o uso do software estatístico SAS (SAS INSTITUTE, 2001).

2.5 Teor de lignina nas folhas

A determinação do teor de lignina foi realizada no Laboratório de Nutrição Animal (LANA) pertencente ao departamento de Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Piauí. O teor de lignina nas folhas foi determinado pelo método de detergente ácido adaptado a partir do método proposto por Van Soest Robertson, 1985. A adaptação consistiu em se utilizar saquinhos confeccionados de tecido não tecido (TNT) com as dimensões de 9,5 x 6,5 cm, onde ficaram acondicionadas cada amostra de aproximadamente 5 g feitas em duplicatas para prevenir possíveis perdas. As amostras secas ao ar (ASA) foram pesadas e acondicionadas nos sacos de TNT devidamente pesados, então as amostras passaram por uma digestão na solução de fibra detergente ácido (FDA) e digestão em solução de fibra detergente neutro (FDN) e foram novamente pesadas para determinação da fibra bruta e da cinza por diferença de peso e depois seguiram para incineração do saco contendo a fibra bruta. Após a incineração foram novamente pesados para determinação do teor de cinza e por diferença se encontrou o teor de lignina (FARIAS et al., 2015). Os teores

de lignina foram analisados conforme a disposição das plantas no viveiro com 5 tratamentos e 5 repetições e delineamento inteiramente casualizado e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade com o uso do software estatístico SAS (SAS INSTITUTE, 2001).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Parâmetros de crescimento populacional de *L. pseudobrassicae* Davis, 1914, alimentando-se de *B. oleracea* L. var. *acephala* sob tratamento com óxido de silício aplicado via foliar em diferentes concentrações.

O óxido de silício (SiO_2) aplicado via foliar afetou a taxa intrínseca de crescimento populacional (r_m), razão finita de aumento populacional (λ) e a taxa líquida de reprodução (R_o), em relação ao tratamento, quando aplicado nas concentrações iguais ou maiores que 1,5 g/L (tabela 1), demonstrando que a aplicação de óxido de silício reduz o crescimento populacional. Os parâmetros r_m , λ e R_o comportaram de maneira semelhante, com a testemunha (0,0 g/L de Si) apresentando maiores médias significativas. Para o parâmetro, duração média de cada geração (T), a testemunha apresentou a menor média em relação a T1 (1,0 g/L) e T4 (2,5 g/L), porém a significância não se manteve para os tratamentos T2 e T3, esses dois tratamentos apresentaram valores intermediários entre a maior concentração e a testemunha. A maior concentração (T4) apresentou maior tempo médio para uma geração (tabela 1) demonstrando não haver uma resposta linear entre as concentrações de silício para o parâmetro (T). Tais resultados não se pode interpretar apenas com análise de bootstrap pareada e por se tratar de tratamentos quantitativos, dependentes entre si com doses crescentes, realizou-se análise de regressão para identificar a qual modelo de curva os dados se ajustam (figura 3).

Tabela 1 Parâmetros de crescimento populacional de *L. pseudobrassicae* Davis, 1914, em *B. oleracea* L. var *acephala* sob tratamento com diferentes concentrações de Si aplicado via foliar (Média \pm EP) 25 \pm 1°C, 70 \pm 10% U.R e 12h de fotofase.

| SiO ₂ (g/L) | r _m | λ | R _o | T |
|---------------------------|---------------------|---------------------|--------------------|---------------------|
| 0 | 0,40 \pm 0,012 a | 1,49 \pm 0,018 a | 89,5 \pm 10,20 a | 11,1 \pm 0,202 b |
| 1,0 | 0,38 \pm 0,013 ab | 1,46 \pm 0,020 ab | 90,0 \pm 6,82 a | 11,7 \pm 0,239 a |
| 1,5 | 0,35 \pm 0,016 b | 1,43 \pm 0,024 b | 64,7 \pm 11,57 b | 11,6 \pm 0,282 ab |
| 2,0 | 0,35 \pm 0,015 b | 1,42 \pm 0,021 b | 73,1 \pm 6,38 b | 11,4 \pm 0,309 ab |
| 2,5 | 0,35 \pm 0,010 b | 1,42 \pm 0,014 b | 72,12 \pm 5,88 b | 11,9 \pm 0,367 a |

As médias seguidas pela mesma letra, dentro da coluna, não diferem estatisticamente pelo bootstrap pareado a 5% de probabilidade ($P < 0,05$).

De forma geral, reduções que ocorreram nos parâmetros populacionais, apesar da significância estatística, são muito baixas, indicando que o emprego do SiO₂ como única forma de controle não é eficiente, no entanto pode ser utilizado dentro de um programa de manejo da população de afídeos.

O aumento da concentração de SiO₂ aplicado em folhas de couve provocou uma redução da taxa de crescimento populacional (r_m) e da razão finita de aumento populacional (λ) de *L. pseudobrassicae* e ambos se ajustaram ao modelo de regressão linear com significância estatística (figura 3, a e b). Gomes et al., (2005) obtiveram uma menor r_m do pulgão das gramíneas, *Schizaphis graminum* (Rondani) (Hemiptera: Aphididae) em plantas de trigo tratadas com silicato de cálcio e atribuíram a uma maior atividade de peroxidase (POX) e polifenoloxidase (PPO). Possivelmente a redução nos padrões populacionais aqui encontrados se deve a atividades enzimáticas anti-nutricionais da planta ou fitoalexinas, induzidas pelo silício e não por barreiras físicas uma vez que o teor de silício e de lignina encontrados não apresentaram diferenças estatísticas entre os tratamentos independentemente da concentração aplicada ou da forma de aplicação, foliar ou no solo (tabela 2).

O parâmetro e a taxa líquida de reprodução (R_o) e o tempo de duração média de uma geração (T) não se ajustaram a nenhum modelo de regressão.

Tabela 2 Teores de silício e lignina em folhas de *B. oleracea* L var acephala sob tratamentos com diferentes concentrações de Si e duas formas de aplicação

| SiO ₂ (g/L) | Silício (%) | | Lignina (%) | |
|---------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | Foliar | Solo | Foliar | Solo |
| 0 | 0,868 ± 0,064 a | 0,868 ± 0,064 a | 1,467 ± 0,316 a | 1,467 ± 0,316 a |
| 1,0 | 0,862 ± 0,068 a | 0,774 ± 0,089 a | 1,838 ± 0,329 a | 1,838 ± 0,326 a |
| 1,5 | 0,872 ± 0,064 a | 0,846 ± 0,067 a | 1,794 ± 0,326 a | 1,878 ± 0,268 a |
| 2,0 | 0,802 ± 0,060 a | 0,876 ± 0,062 a | 1,280 ± 0,407 a | 1,280 ± 0,407 a |
| 2,5 | 0,792 ± 0,053 a | 0,714 ± 0,068 a | 1,566 ± 0,159 a | 1,549 ± 0,340 a |

As médias seguidas pela mesma letra, dentro da coluna, não diferem estatisticamente pelo teste t a 5% de probabilidade ($P < 0,05$).

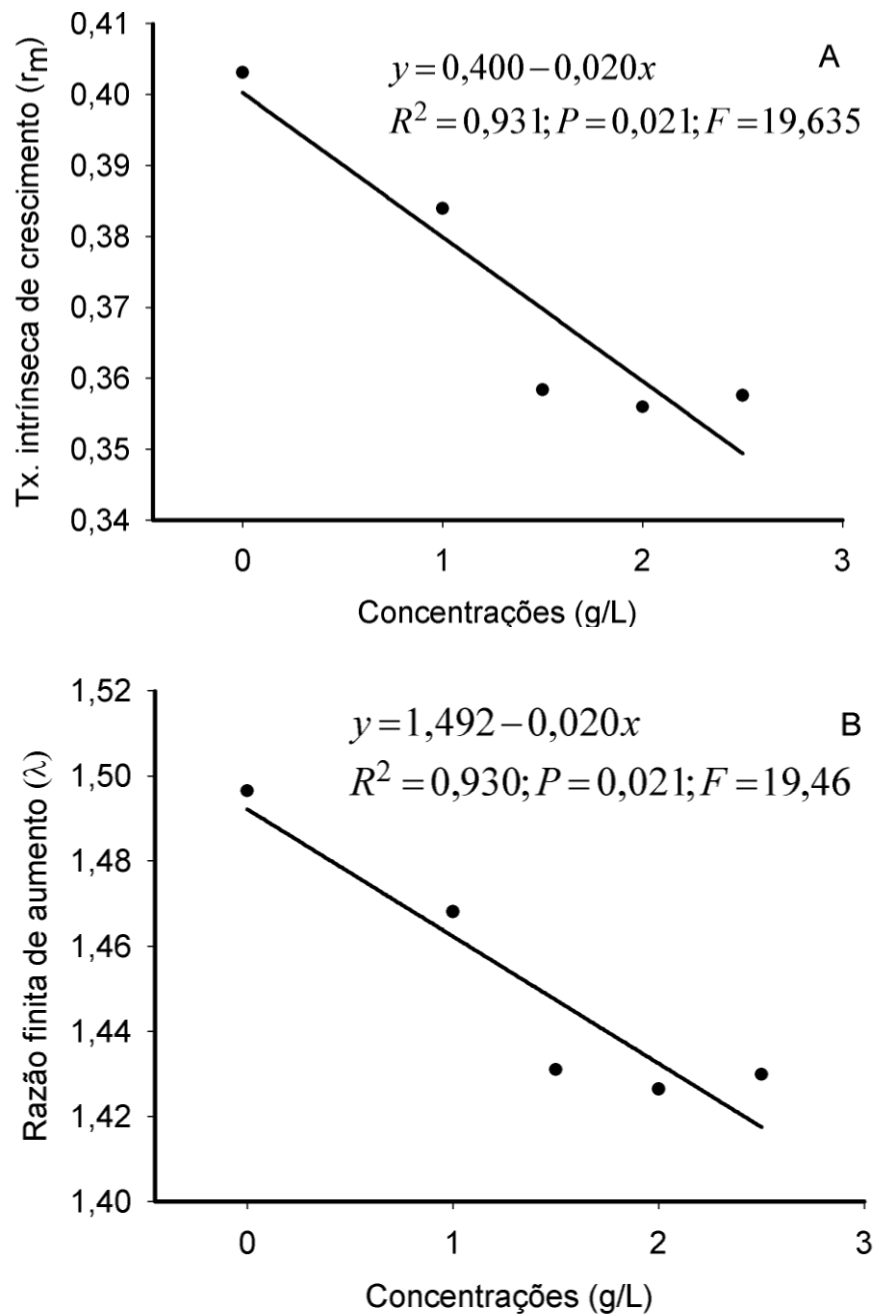


Figura 3. Equação de regressão dos parâmetros de crescimento populacional de *L. pseudobrassicae* em função das concentrações das doses de Si aplicadas via foliar.

As curvas de sobrevivência são parâmetros importantes de comparações estatísticas das variáveis biológicas. A aplicação de SiO_2 via foliar afetou a taxa de sobrevivência de *L. pseudobrassicae* aumentando o tempo de vida do afídeo. Na testemunha a taxa de sobrevivência (l_x) permaneceu em 100% até o 22º dia, quando começou a decair terminando ciclo no 32º dia e a fertilidade específica (m_x) atingiu seu ápice no 7º dia e se manteve até 14º dia quando começou a decair zerando no 27º dia e mantendo-se assim até o 32º dia, tendo 6 dias de duração o período pós-reprodutivo (figura 4 a), sendo a curva de sobrevivência, com longevidade média de 28,11 dias, estatisticamente inferior aos demais tratamentos (Figura 4, b, c, d, e).

Basagli et al. (2003) estudando o efeito da aplicação de silicato de sódio na resistência de plantas de trigo ao pulgão-verde *Schizaphis graminu*, obteve redução da fertilidade e da longevidade dos afídeos nas plantas tratadas com silício. Portela et al. (2019), utilizando ácido silícico para controle de *Aphis craccivora* em *Phaseolus lunatus*, também obtiveram redução na fertilidade do afídeo, porém sem alteração na longevidade. Já aplicação de silício via foliar na forma de silicato de cálcio diminuiu a população de mosca branca (*Bemisia tabaci*), que é outro hemíptera que se alimenta no floema das plantas como os afídeos, em pepino reduzindo a oviposição e aumentando duração do ciclo biológico (CORREA et al., 2005).

Em relação ao efeito do silício na longevidade, os dados da presente pesquisa contrastam com Basagli et al. (2003), mas corrobora com Correa et al. (2005) e portela et al. (2019), no entanto, por se tratar de hemípteros e hospedeiros de espécies diferentes, e diferentes fontes de silício, os efeitos também podem ser diferentes. A princípio pode parecer vantajoso o aumento do ciclo biológico de uma praga permanecendo mais tempo no ambiente e, portanto, tendo mais chance de reprodução, mas essa vantagem desaparece se a fertilidade total diminuir, o que aconteceu na presente pesquisa.

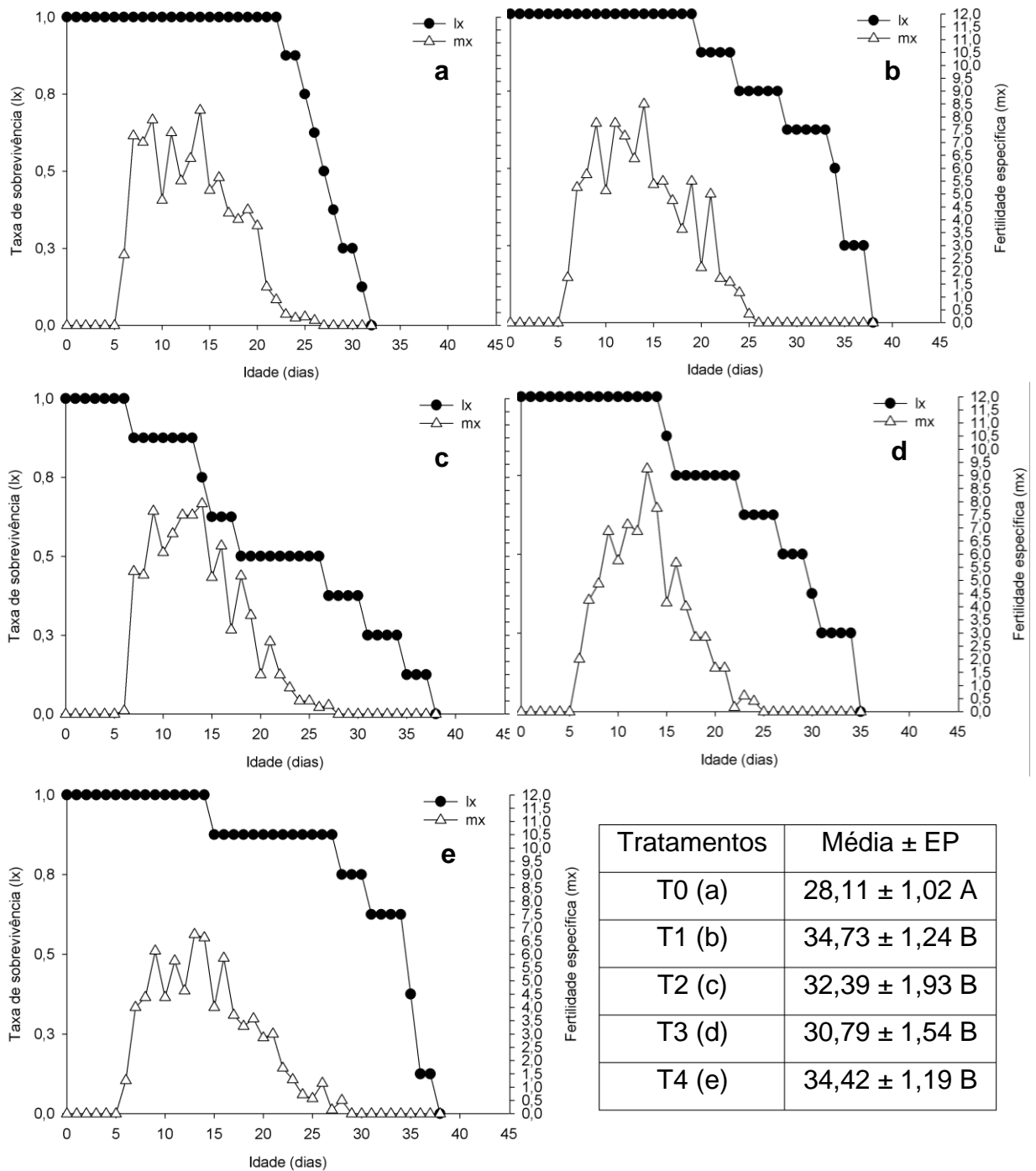


Figura 4 Taxa de sobrevivência (l_x) e fecundidade específica (m_x) de *L. pseudobrassicae* em folhas de couve folha (*B. oleracea*) tratadas com diferentes concentrações de Si aplicado via foliar (a. 0,0; b. 1,0; c. 1,5; d. 2,0 e. 2,5 g/L). As figuras seguidas por letras maiúsculas diferentes, diferem estatisticamente entre si pelo teste log-rank ($P < 0,05$) para a curva (l_x).

de descendente/fêmea/dia (m_x) de *Lipaphis pseudobrassicae* em folhas de

Não houve diferença estatística entre nenhum dos tratamentos para os testes de não-preferência (antixenose) (Figura 5). Os resultados são discordantes em relação aos apresentados Basagli et al., 2003, quando aplicou silicato de sódio em plantas de trigo infestadas com pulgão-verde e obtiveram preferência do afídeo por plantas não tratadas. Gomes et al. (2005) e Costa, Moraes e Antunes (2007) também obtiveram resistência por antixenose em plantas de trigo tratadas com silicato de cálcio e ácido silícico, respectivamente, aplicados via foliar, ao afídeo *S. graminum*. Plantas de pinus também tratadas com ácido silícico tiveram uma não-preferência pelo pulgão-gigante-do-pinus (*Cinara atlântica*) (CAMARGO et al., 2008). O trigo (*S. graminum*) é uma gramínea e como tal é uma acumuladora de silício, o pinus também responde a aplicação de Si aumentando a concentração nas folhas (CAMARGO et al., 2008). Em plantas acumuladoras o silício promove uma melhoria na atividade fotossintética e na dureza de folhas e colmos (MENDONÇA et al., 2013). A couve folha demonstrou ser uma planta não acumuladora, uma vez que os teores de silício na testemunha não diferiram dos tratamentos (Tabela 2) o que explica os resultados obtidos.

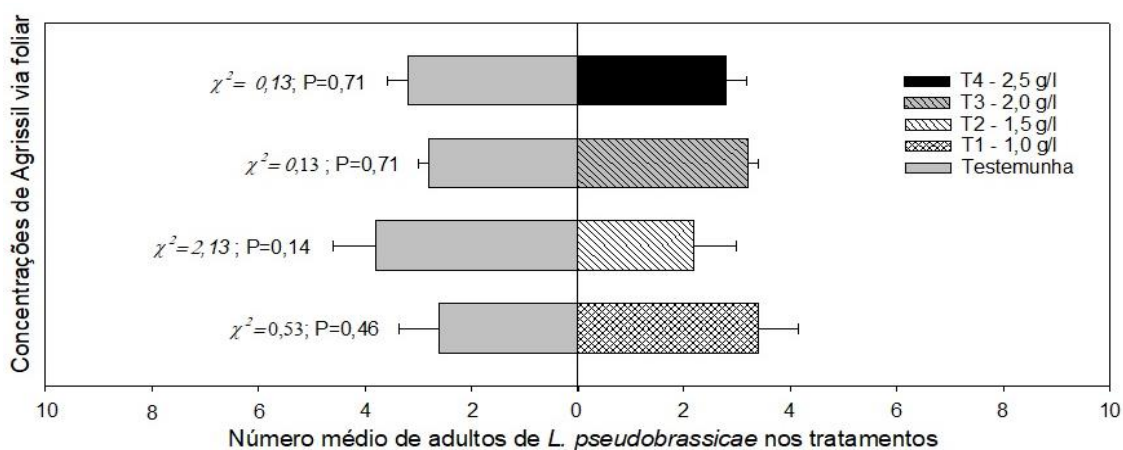


Figura 5 Preferência de adultos de *L. pseudobrassicae* Davis, 1914, (n=30) por folhas *B. oleracea* L. var. *acephala* tratadas com diferentes concentrações de Si aplicado via foliar após 48 horas. Significância através do teste de χ^2 ($P < 0,05$).

3.2 Parâmetros de crescimento populacional de *L. pseudobrassicae* Davis, 1914, alimentando-se de *B. L. var. acephala* sob tratamento com óxido de silício aplicado no solo em diferentes concentrações.

Quando aplicado no solo o SiO₂ não alterou nenhum dos parâmetros populacionais (Tabela 3), apesar de ter havido diferença significativa entre os tratamentos T2 e T3, todos os parâmetros se comportaram de maneira divergente com o aumento das concentrações e não se ajustaram a nenhum modelo de regressão. também não houve diferença estatística para as curvas de sobrevivência. O silício, quando aplicado no solo, não foi translocado para as folhas (tabela 2), não apresentando efeitos na população de *L. pseudobrassicae*. O couve-folha demonstrou ser uma planta não acumuladora (plantas com teores de Si de 1% a 5%) apresentando teor médio de Si em suas folhas de 0,837% (Tabela 2). Algumas plantas, como o tomateiro, retêm a maior parte do Si nas raízes translocando muito pouco para as folhas, são consideradas plantas não acumuladoras de Si, outras como o arroz, trigo e outras monocotiledôneas são consideradas acumuladoras e absorvem o silício livremente pelo fluxo de massa, um terceiro tipo intermediário como a soja e o pepino conseguem translocar o Si das raízes para o topo através de absorção ativa passiva e mesmo não sendo consideradas plantas acumuladoras de silício e se posicionam entre as plantas acumuladoras e as não-acumuladoras de Si (MIYAKE; TAKAHASHI, 1985, LANA et al., 2003).

Tabela 3 Parâmetros de crescimento populacional de *L. pseudobrassicae* em *Brassica oleracea* sob tratamento com diferentes concentrações de óxido de silício aplicado no solo (Média ± EP). 25± 1°C, 70±10% U.R e 12h de fotofase

| Agrisil (g/Litro) | r _m | Λ | R _o | T |
|----------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 0 | 0,40 ± 0,012 ab | 1,49 ± 0,018 ab | 89,5 ± 10,20 ab | 11,1 ± 0,202 ab |
| 1,0 | 0,40 ± 0,016 ab | 1,50 ± 0,024 ab | 95,1 ± 3,68 ab | 11,1 ± 0,432 ab |
| 1,5 | 0,37 ± 0,015 b | 1,45 ± 0,022 b | 78,2 ± 5,15 b | 11,6 ± 0,401 a |
| 2,0 | 0,41 ± 0,016 a | 1,52 ± 0,024 a | 82,8 ± 12,09 ab | 10,5 ± 0,323 b |
| 2,5 | 0,39 ± 0,012 ab | 1,48 ± 0,019 ab | 98,8 ± 3,80 a | 11,5 ± 0,325 ab |

As médias seguidas pela mesma letra, dentro da coluna, não diferem significativamente entre si pelo teste bootstrap pareado a 5% de probabilidade ($P < 0,05$).

Quando aplicado no solo, o óxido de silício não promoveu resistência do tipo antixenose não havendo preferência do afídeo por plantas não tratadas (Figura 6). O resultado é semelhante quando o silício foi aplicado via foliar, demonstrando que os efeitos do silício na redução populacional do afídeo se deve provavelmente a efeitos fisiológicos internos a planta com a produção de enzimas de defesa conforme Gomes et al. (2005), uma vez que os teores médios de silício nas folhas não se modificaram com forma de aplicação nem com o aumento da concentração de silício aplicado nas plantas (Tabela 2).

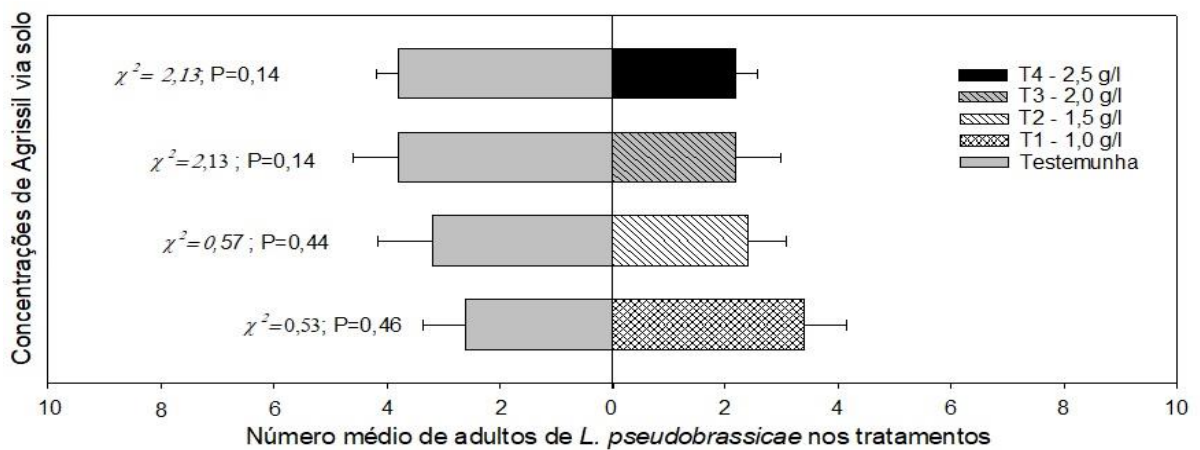


Figura 6 Preferência de adultos de *L. pseudobrassicæ* (n=30) por folhas de *B. oleracea* tratadas com diferentes concentrações de Si aplicado via solo após 48 horas. Significância através do teste de χ^2 ($P < 0,05$).

A aplicação de óxido de silício via foliar influenciou a taxa instantânea de crescimento (r_i). As plantas sem aplicação de silício (testemunha) apresentaram maior taxa de crescimento do afídeo, sendo estatisticamente superior a todas as concentrações aplicadas (tabela 4), confirmando os resultados dos parâmetros populacionais em laboratório, quando a aplicação de Si foliar reduziu a taxa intrínseca de crescimento populacional (r_m) (Tabela 1). Quando aplicado no solo, o óxido de silício não alterou a taxa de crescimento instantâneo do afídeo demonstrando novamente que o silício, para ter efeito sobre a população do inseto, precisa ser absorvido e translocado para a parte aérea pela planta.

Tabela 4 Taxa instantânea de crescimento (ri) de *L. pseudobrassicae* em *B. oleracea* sob tratamentos com diferentes concentrações de Si e duas formas de aplicação.

| Concentração (g/Litro) | Via Foliar | Via Solo |
|---------------------------|-----------------|-----------------|
| 0 | 0,549 ± 0,034 a | 0,549 ± 0,034 a |
| 1,0 | 0,402 ± 0,058 b | 0,572 ± 0,021 a |
| 1,5 | 0,358 ± 0,066 b | 0,520 ± 0,016 a |
| 2,0 | 0,393 ± 0,081 b | 0,508 ± 0,085 a |
| 2,5 | 0,390 ± 0,009 b | 0,540 ± 0,013 a |

As médias seguidas de mesma letra dentro da coluna não diferem entre si pelo teste t a 5% ($P < 0,05$)

4 CONCLUSÃO

O Óxido de silício (SiO_2) aplicado via foliar em *B. oleracea* var. *acephala*, reduziu a taxa intrínseca de crescimento populacional (r_m), a razão finita de aumento populacional (λ), a taxa líquida de reprodução (R_0) e a taxa instantânea de crescimento (r_i) de *L. pseudobrassicae*, quando aplicado em concentrações $\geq 1,5$ g/L nas condições estudadas, podendo ser utilizado num programa de manejo do inseto.

Óxido de silício, quando aplicado via solo em *Brassica oleracea* var. *acephala*, não produziu nenhum efeito nos parâmetros populacionais de *Lipaphis pseudobrassicae*.

5 REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

AHUJA, D. B.; AHUJA, U. R.; KALYAN, R. K.; SHARMA, Y. K.; DHANDAPANI, A.; MEENA, P.C.; Evaluation of different management strategies for *Lipaphis pseudobrassicae* (Davis) on *Brassica juncea*, **International Journal of Pest Management**, v.55, n.1, p. 11-18, 2009. DOI: 10.1080/09670870802422580.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos, Brasília, 2019.

BASAGLI, M. A. B.; MORAES, J. C.; CARVALHO, G. A.; ECOLE, C. C.; GONÇALVES-GERVASIO, R. C. R. Effect of calcium silicate on the resistance of wheat plants to green-aphids *Schizaphis graminum* (Rond.) (Hemiptera: Aphididae). **Neotropical Entomology**, n. 32, p. 659-663, 2003, <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2003000400017>.

CAMARGO, J. M. M.; MORAES, J. C.; OLIVEIRA, E. B. de; IEDE, E. T. Resistência Induzida Ao Pulgão-Gigante-Do-Pinus (Hemiptera: Aphididae) em Plantas de *Pinus Taeda* Adubadas com Silício. **Bragantia**, v. 67, n. 4 p. 927-932, 2008 <https://doi.org/10.1590/S0006-87052008000400015>.

CARVALHO, S. P.; MORAES, J. C.; CARVALHO, J. G. Efeito do silício na resistência do sorgo (*Sorghum bicolor*) ao pulgão verde *Schizaphis graminum* (Rond.) (Homoptera: Aphididae). **Anais Sociedade Entomológica do Brasil**, n. 28, p. 505-510, 1999. <https://doi.org/10.1590/S0301-80591999000300017>.

CORREA, R. S. B.; MORAES, J. C.; AUAD, A. M.; CARVALHO, G. A. Silicon and acibenzolar-S-methyl as resistance inducers in cucumber, against the whitefly *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) biotype B. **Neotropical Entomology**, Londrina, v.34 n.3 p.429– 433, 2005.

COSTA, R. R.; MORAES, J. C., Efeitos do Ácido Silícico e do Acibenzolar-S-Methyl sobre *Schizaphis graminum* (Rondani) (Hemiptera: Aphididae) em Plantas de Trigo. **Neotropical Entomology**, v. 35, n. 3, p. 834-839, 2006.

COSTA, R. R.; MORAES, J. C.; ANTUNES, C. S., Resistência induzida em trigo ao pulgão *Schizaphis graminum* (Rondani, 1852) (hemiptera: aphididae) por silício e acibenzolar-s-methyl. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 2, p. 393-397, 2007, <https://doi.org/10.1590/S1413-70542007000200019>.

CHI, H.; YOU, M.; ATLIHAN, R.; SMITH, C. L.; KAVOUSI, A.; ÖZGÖKÇE, M. S.; GÜNCAN, A.; TUAN, S. J.; FU, J. W.; XU, Y. Y.; ZHENG, F. Q.; YE, B. H.; CHU, D.;

YU, Y.; GHAREKHANI, G.; SASKA, P.; GOTOH, T.; SCHNEIDER, M. I.; BUSSAMAN, P.; GÖKÇE, A.; LIU, T. X. Age-Stage, two-sex life table: an introduction to theory, data analysis, and application. **Entomologia Generalis**, v. 40, p. 103-124, 2020, DOI: 10.1127/entomologia/2020/0936.

FARIAS, J. S.; QUEIROZ, L. O.; SANTOS, G. R. A.; FAGUNDES, J. L. F.; SILVA, M. A. Avaliação de Tecidos e Equipamentos Alternativos na Análise de Fibra em Detergente Neutro e Fibra em Detergente Ácido. **Periódicos Brasileiros em Medicina Veterinária e Zootecnia. Boletim da Indústria Animal**, Nova Edessa, v72, n. 3, p 229-233, 2015. <http://dx.doi.org/10.17523/bia.v72n3p229>.

FAWE, A.; MENZIES, J. G.; CHÉRIF, M.; BÉLANGER, R. R. Silicon and Disease Resistance in Dicotyledons, in: **Silicon in Agriculture**, cap. 9, p. 159-169, Elsevier Science, 2001, [https://doi.org/10.1016/S0928-3420\(01\)80023-9](https://doi.org/10.1016/S0928-3420(01)80023-9).

GOMES, F. B.; MORAES, J. C. de; SANTOS, C. D., Resistance induction in wheat plants by silicon and aphids. **Scientia Agricola**, v. 62, n. 6, p. 547-551, 2005, <https://doi.org/10.1590/S0103-90162005000600006>.

GOMES, F. B.; MORAES, J. C. de; ASSIS, G. A., Silício e imidacloprid na colonização de plantas por *Myzus persicae* e no desenvolvimento vegetativo de batata inglesa. **Ciência Rural**, v. 38, n. 5, p. 1209-1213, 2008.

KORNDORFER, A. P.; GRISOTO, E.; VENDRAMIM, J. D. Induction of Insect Plant Resistance to the Spittlebug *Mahanarva fimbriolata* Stål (Hemiptera: Cercopidae) in Sugarcane by Silicon Application. **Neotropical Entomology**, v. 40, n. 3, p. 387-392, 2011. <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2011000300013>.

LANA, R. M. Q.; KORNDORFER, G. H.; ZANÃO JÚNIOR, L. A.; SILVA, F. da; LANA, A. M. Q., Efeito do Silicato de Calcio Sobre a Produtividade e Acumulação de Silício no Tomateiro, **Bioscience journal**, v. 19, n. 2, 2003, ISSN 1981-3163.

LANNING, F. C.; LINKO, Y., Role of Silica in Plants, Absorption and Deposition of Silica by Four Varieties of Sorghum. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 9, n. 6, p. 463–465, 1961, <https://doi.org/10.1021/jf60118a014>.

LIANG, Y. C.; SUN, W. C.; SI, J.; ROMHELD, V, Effects of foliar- and root-applied silicon on the enhancement of induced resistance to powdery mildew in *Cucumis sativus*. **Plant Pathology**, n.54, p. 678-685, 2005, Doi: 10.1111/j.1365-3059.2005.01246.x.

PAL, M; SING, R; Biology and Ecology of the Cabbage Aphid, *Brevicoryne brassicae* (linn.) (Homoptera: Aphididae): **A review Journal of Aphidology**, v. 27, p. 59-78, 2013, ISSN 0970-3810.

PORTELA, G. L. F.; SILVA, P. R. R.; GIRÃO FILHO, J. E.; PÁDUA, L. E. de M.; MELO JÚNIOR, L. C. de, Silicon as resistance inducer in to control black aphid *Aphis craccivora* Koch, 1854 in *Phaseolus lunatus* lima beans. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 86, p. 1-5, 2019.

REYNOLDS, O. L.; KEEPING, M. G.; MEYER, J. H. Silicon-augmented resistance of plants to herbivorous insects: a review. **Annals of Applied Biology**, Warwick, v. 155, n. 2, p. 171-186, 2009

RYALS, J. A.; NEUENSCHWANDER, U. H.; WILLITS, M. G.; MOLINA, A.; STEINER, H. Y.; HUNT, M. D., Systemic Acquired Resistance. **The Plant Cell**, v. 8 p. 1809-1819, 1996.

SALAS. F. J. S.; LOPES. J. R. S.; FERRERES. A. Resistência de Cultivares de Batata a *Myzus persicae* (Sulz.) (Hemiptera: Aphididae). **Neotropical Entomology**. Paraná. v. 39. n. 6. p. 1008-10015, 2010.

SAS. **SAS Software**. Version 8.02. Cary, North Carolina: SAS Institute Inc., 2001.

VALENTE, E. C. N.; TRINDADE, R. C. P; BROGLIO, S. M. F.; DUARTE, A. G.; RODRIGUES, V. de M.; LIMA, H. M. A.; BATISTA, N. S.; SANTOS, J. R. Aspéctos 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.

WANG, M; GAO, L; DONG, S; SUN, Y; SHEN, Q; GUO, S, Role of silicon on plant pathogen interactions. **Frontiers in Plant Science**, v. 8, 2017, <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00701>.