



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"  
Campus de Botucatu



**ANA FLÁVIA GODOY**

**COMPORTAMENTO ALIMENTAR DE *Bemisia tabaci* BIÓTIPO B (HEMIPTERA:  
ALEYRODIDAE) EM GENÓTIPOS DE SOJA NA PRESENÇA E AUSÊNCIA DE  
SILÍCIO**

Botucatu

2017



**ANA FLÁVIA GODOY**

**COMPORTAMENTO ALIMENTAR DE *Bemisia tabaci* BIÓTIPO B (HEMIPTERA:  
ALEYRODIDAE) EM GENÓTIPOS DE SOJA NA PRESENÇA E AUSÊNCIA DE  
SILÍCIO**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrônomicas da UNESP – Campus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia (Proteção de Plantas)

Orientador: Prof. Dr. Edson L. L. Baldin

Botucatu

2017

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - DIRETORIA TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

Godoy, Ana Flávia, 1991-  
G588c      Comportamento alimentar de *Bemisia tabaci* biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae) em genótipos de soja na presença e ausência de silício / Ana Flávia Godoy. - Botucatu: [s.n.], 2017  
81 p. : il., grafs., tabs.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu, 2017  
Orientador: Edson Luiz Lopes Baldin  
Inclui bibliografia

1. Soja. 2. Mosca-branca. 3. Plantas - Resistência aos insetos. 4. Silício. I. Baldin, Edson Luiz Lopes. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Câmpus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônomicas. III. Título.

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte."

**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

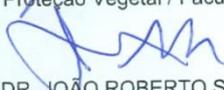
TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: COMPORTAMENTO ALIMENTAR DE *Bemisia tabaci* BIÓTIPO B  
(Hemiptera: Aleyrodidae) EM GENÓTIPOS DE SOJA NA PRESENÇA  
E AUSÊNCIA DE SILÍCIO

**AUTORA: ANA FLÁVIA GODOY**

**ORIENTADOR: EDSON LUIZ LOPES BALDIN**

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em AGRONOMIA  
(PROTEÇÃO DE PLANTAS), pela Comissão Examinadora:

  
Prof. Dr. EDSON LUIZ LOPES BALDIN  
Dep de Proteção Vegetal / Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu

  
PROF. DR. JOÃO ROBERTO SPOTTI LOPES  
Departamento de Entomologia, Fitopatologia e Zoologia Agrícola / ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA

  
DR. ANDRÉ LUIZ LOURENÇÃO  
Entomologia / INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS

Botucatu, 24 de fevereiro de 2017



À minha mãe Isabete, meu porto seguro,  
por todo amor, confiança, incentivo e exemplo de vida

*Ofereço*

À minha irmã Thaís, minha melhor amiga,  
por ser meu exemplo de pesquisadora e pela cumplicidade em  
todos os momentos

*Dedico*



## AGRADECIMENTOS

A Deus, por tudo que vivi e conquistei.

Ao Prof. Dr. **Edson Luiz Lopes Baldin**, pela orientação, compreensão, amizade e ensinamentos durante minha caminhada profissional.

Ao Prof. Dr. **Rogério Peres Soratto**, pelo fornecimento de material e orientação.

Ao Prof. Dr. **João Roberto Spotti Lopes** (Esalq-USP), pelo suporte para a montagem do sistema de EPG.

Ao Prof. Dr. **Alberto Fereres** (ICA- Instituto de Ciências Agrárias, Madrid, Espanha), pelo treinamento em EPG.

À **Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu**, em especial ao **Programa de Pós-Graduação em Agronomia- Proteção de Plantas**, pela oportunidade e suporte para a realização do mestrado.

Ao **Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq)** pela concessão da bolsa de estudos.

Aos **professores e funcionários do Departamento de Proteção Vegetal**, pela amizade, atenção e serviços prestados.

Aos **funcionários da biblioteca da UNESP/FCA** e às **funcionárias da Seção de Pós-Graduação da UNESP/FCA**, pela colaboração e amizade.

Ao **João Paulo Narita** e **Rodrigo de Oliveira Almeida**, pela amizade e auxílio nas análises de EPG.

À **Rafaela Morando**, pelas orientações, ajuda, e pelas mãos estendidas nos momentos de maior dificuldade.

À **Nádia, Mariane** e **Georgea (Joka)**, pela amizade e companheirismo principalmente na reta final deste trabalho.

Aos amigos do Laboratório de Resistência de Plantas a Insetos e Plantas Inseticidas (LARESPI), **Ivana, Vinicius, Thiago, Camila, Thais Braga, Paulo, Matheus (Leilão)**,

**Luiz (Pialo), Sara, Samuel (Barbela) e Thais Peres**, pelo convívio, momentos de descontração e auxílio em várias etapas da pesquisa.

À **Joara Secchi Candian**, grande amiga e companheira, por ter vivido cada momento bom ou ruim ao meu lado, me apoiando, aconselhando e ensinando.

À **Natalia de Medeiros Souza**, por todo o incentivo, toda palavra de apoio, carinho e amizade.

Aos meus amigos **Alessandra, Ana Carolina (Maiz), Brenda, Bruno, Caio, Diones, Larissa (Lhama), Lia (Japa), Livia (Porva), Luciane, Jayme (Magrão), Mateus (Migué), Mateus Campos, Renan (Lana)**, em especial ao grupo de capoeira “**Flexibilidade e Força**” e aos meus amigos do grupo “**Palmeiras UNESP BTU**”, que de alguma forma se fizeram presente na minha vida tornando esta jornada mais leve e divertida.

Às minhas tias **Ivanete e Ivanilde** e **primos** pelo carinho e apoio.

À minha mãe **Isabete** e minha irmã **Thaís**, pelo amor incondicional e apoio em todos os momentos. Vocês foram meu maior incentivo para vencer os desafios que apareceram em minha vida.

Ao meu amigo e anjo de quatro patas **Theodoro**, que me acompanha desde a graduação, sendo sempre fiel e companheiro.

Deixo meu agradecimento a todas as pessoas que me ajudaram a superar um pequeno problema de saúde com orações, indicações de profissionais, conversas e conselhos. Muito obrigada, terei vocês sempre em meu coração.

A todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

**Muito obrigada!**

*“Tente uma, duas, três vezes e se possível tente a quarta, a quinta e quantas vezes for necessário. Só não desista nas primeiras tentativas, a persistência é amiga da conquista. Se você quer chegar aonde a maioria não chega, faça o que a maioria não faz.”*

*Bill Gates*



## RESUMO

A soja, [*Glycine max* (L.) Merrill], é um dos cultivos mais importantes para o Brasil, com alta produtividade e intensa participação no mercado externo. Seus grãos representam importante fonte nutricional para o homem e seus derivados são usados para alimentação animal ou mesmo na fabricação de energia renovável, na forma de biodiesel. No entanto, a produção desta leguminosa pode ser comprometida pelo ataque de insetos-praga, como a mosca-branca, *Bemisia tabaci* (Gennadius) biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae). Atualmente, este inseto é apontado como importante praga para a cultura da soja, devido às crescentes infestações e dificuldade no controle. Seu manejo é feito principalmente através de aplicações sucessivas de inseticidas sintéticos, as quais favorecem à rápida seleção de indivíduos resistentes. Desta forma, torna-se importante avaliar alternativas menos agressivas, alinhadas ao manejo integrado de pragas (MIP), com destaque para o uso de cultivares resistentes e indutores de resistência, como o silício. O monitoramento da alimentação de insetos sugadores por meio da técnica de EPG (Electrical Penetration Graph) tem auxiliado na caracterização de categorias e fatores de resistência de plantas frente ao ataque de insetos. Assim, neste trabalho, avaliou-se o comportamento alimentar de *B. tabaci* biótipo B em genótipos resistentes e suscetíveis de soja na presença e ausência de silício, utilizando-se EPG. Na primeira etapa, foram avaliados quatro genótipos de soja portadores de diferentes categorias de resistência à mosca-branca (KS-4202, tolerância; IAC-19, antixenose; UX-2569-159, antibiose e PI-227687, suscetível). Paralelamente, caracterizou-se os tipos de tricomas presentes na superfície abaxial dos folíolos, a fim de estabelecer possíveis correlações com o comportamento alimentar da mosca-branca. Os resultados confirmaram a presença de fatores antixenóticos no genótipo IAC-19 (baixa duração de alimentação na fase floemática). A elevada densidade de tricomas no genótipo PI-227687 revelou-se como um fator antixenótico (atrasa o início das picadas de prova). KS-420 manifestou-se adequado à alimentação da mosca-branca, comportamento já esperado em materiais tolerantes. Em UX-2569-159 (antibiose previamente relatada) é provável que a resistência esteja mais relacionada à expressão de antixenose (elevado período de alimentação no floema). Na segunda etapa, avaliou-se o comportamento alimentar de *B. tabaci* biótipo B em dois genótipos de soja com diferentes níveis de suscetibilidade ao inseto (IAC-

19, portador de antixenose e Conquista, suscetível) na presença e ausência de silício. Os resultados obtidos confirmaram a presença de fatores antixenóticos no genótipo IAC-19 e sugerem que a utilização do mineral, via aplicação foliar, acentuou os fatores de antixenose existentes neste genótipo (aumento do tempo até a primeira picada e redução no tempo de alimentação em floema). Em Conquista, o silício interferiu no tempo até a primeira picada de prova, sugerindo incremento de barreiras físicas na epiderme.

**Palavras-chave:** [*Glycine max* (L.) (Merrill)]. Mosca-branca. Resistência de plantas a insetos. Silício. EPG.

## ABSTRACT

Soybean, [*Glycine max* (L.) Merrill], is one of the most important crops for Brazil, with high productivity and strong participation in the foreign market. Soybeans represent important nutritional source for humans and their derivatives are used in animal nutrition or even renewable energy production, as biofuel. However, production of this crop may be affected negatively by the attack of insect pests, such as the whitefly, *Bemisia tabaci* (Gennadius) biotype B (Hemiptera: Aleyrodidae). This insect is currently indicated as an important pest for the soybean crop, due to the increasing infestations and difficulty in control. Its management is mostly done with successive spraying of synthetic insecticides that promote rapid selection of resistant individuals. Thus, it is important to evaluate less aggressive alternatives, aligned with the integrated pest management (IPM), with emphasis on the use of resistant cultivars and resistance inducers, as silicon. Monitoring sucking insects feeding using the EPG technique (Electrical Penetration Graph) has been helping in the characterization of categories and resistance factors of plants against insect attacks. In this study, the feeding behavior of *B. tabaci* biotype B was assessed in resistant and susceptible genotypes of soybean in the presence and absence of silicon using EPG. In the first stage, four genotypes of soybean bearers of different categories of resistance against the whitefly were assessed (KS-4202, tolerance; IAC-19, antixenosis; UX-2569-159, antibiosis e PI-227687, susceptible). At the same time, the types of trichomes present on the abaxial surface of the leaflets were characterized, in order to establish possible correlations with the feeding behavior of the whitefly. The results confirm the presence of antixenotic factors in the genotype IAC-19 (low duration of feeding in the phloem phase). The high density of trichomes in the genotype PI-227687 was revealed as an antixenotic factor (delays the beginning of probing). KS-4202 was suitable for whitefly feeding, expected behavior in tolerant genotypes. In UX-2569-159 (antibiosis previously reported) resistance is likely more related to expression of antixenosis (high period of phloem feeding). In the second stage, the feeding behavior of *B. tabaci* biotype B was evaluated in two soybean genotypes with different levels of susceptibility to the insect (IAC-19, bearer of antixenosis and Conquista, susceptible) in the presence and absence of silicon. The results confirmed the presence of antixenotic factors in the genotype IAC-19 and suggest that the use of this mineral, through foliar

application, accentuated the existing antixenosis factors in this genotype (increased time until probing and reduction in time of phloem feeding). Silicon interfered on the time until probing in Conquista, suggesting increment of physical barriers on the epidermis.

Keywords: [*Glycine max* (L.) (Merrill)]. Whitefly. Plant resistance to insects. Silicon. EPG

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	17
<b>CAPÍTULO I - Comportamento alimentar de <i>Bemisia tabaci</i> biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae) em genótipos de soja expressando diferentes categorias de resistência</b> .....	24
1.1 INTRODUÇÃO.....	25
1.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	28
1.3 RESULTADOS.....	30
1.4 DISCUSSO.....	32
REFERÊNCIAS CITADAS.....	35
<b>CAPÍTULO II - Comportamento alimentar de <i>Bemisia tabaci</i> biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae) em genótipos de soja na presença ou ausência de silício</b> .....	50
2.1 INTRODUÇÃO.....	51
2.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	54
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	56
REFERÊNCIAS.....	59
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	72
<b>CONCLUSÕES</b> .....	74
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	75



## INTRODUÇÃO GERAL

A soja [*Glycine max* (L.) Merrill] tem como origem o continente asiático, mais especificamente a China. Sua cultura apresenta importância na nutrição humana por fornecer vitaminas do complexo B, zinco, potássio, dentre outros minerais. O processamento industrial dos grãos da soja e seus derivados proporcionam inúmeras utilizações, tais como: adubação verde, nutrição animal (silagem e farelo), produção de tintas, fibras, adesivos, tecidos e cosméticos, além da fabricação de energia renovável, na forma de biodiesel (ENDRES, 2001; PRADO, 2007).

Atualmente, o Brasil ocupa posição de destaque no cenário agrícola mundial, sendo considerado o segundo maior produtor de soja, ficando atrás apenas dos EUA (FAO, 2016). Os registros da safra 2015/16 revelam uma produção de aproximadamente 95,6 milhões de toneladas, ressaltando sua importância na economia brasileira (CONAB, 2016). Embora a cultura apresente grande potencial produtivo, alguns fatores limitam significativamente o aumento de produtividade da soja. Dentre eles, destaca-se o ataque de insetos-praga, que pode acontecer durante todo o ciclo da cultura, comprometendo assim o desenvolvimento das plantas, além de afetar o rendimento e a qualidade dos grãos produzidos.

Considerada uma das principais pragas para várias regiões produtoras de soja no país, a mosca-branca, *Bemisia tabaci* (Gennadius) biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae), interfere na produtividade e eleva os custos de produção (VIEIRA et al., 2011). Pertencente à ordem Hemiptera, subordem Sternorrhyncha e família Aleyrodidae (INBAR; GERLING, 2008), a mosca-branca é um inseto pequeno e seus adultos medem entre 1 e 2 mm de comprimento e 0,36 a 0,51 mm de largura, sendo as fêmeas maiores que os machos. O dorso possui coloração amarelo-pálido e as asas são de cor branca. (SOUZA; VENDRAMIM, 2001). O inseto possui aparelho bucal sugador, e como os outros membros da subordem Sternorrhyncha, o aparelho digestivo apresenta “câmara-filtro”, o que resulta na excreção do excesso de alimento sugado na forma de honeydew (GALLO et al., 2002).

*Bemisia tabaci* é considerado um inseto extremamente polífago e pode ocasionar danos diretos e indiretos às plantas. Os danos diretos estão relacionados com o hábito de ninfas e adultos em se alimentarem da seiva do floema e em injetar toxinas, gerando mudanças no desenvolvimento vegetativo e reprodutivo das plantas ou

mesmo a morte das mesmas (OLIVEIRA et al., 2001). Já os danos indiretos são causados devido à sua capacidade de transmitir mais de 200 tipos de vírus, constituindo os exclusivos transmissores de begomovírus (JONES, 2003; NAVAS-CASTILLO et al., 2011; POLSTON et al., 2014). Na cultura da soja, *B. tabaci* biótipo B age como vetora do vírus causador da necrose da haste (*Cowpea mild mottle virus* - CpMMV), pertencente ao gênero *Carlavirus* (ALMEIDA et al., 2005; MARUBAYASHI et al., 2010). Outro dano indireto importante é decorrente da intensa excreção de honeydew, que favorece o desenvolvimento de fumagina (*Capnodium* sp.), podendo comprometer a habilidade fotossintética das plantas (MUSA; REN, 2005; NARANJO; LEGG, 2010; CAMERON et al., 2013).

Por apresentarem elevado potencial reprodutivo, alta capacidade de dispersão e danos, serem polípagas e mostrarem-se resistentes a diversos inseticidas (JONES, 2003; BERRY, 2004; MUSA; REN, 2005; OLIVEIRA et al., 2013) esses insetos têm despertado grande atenção dos produtores e de toda a comunidade científica. Sendo assim, pesquisas que visam disponibilizar alternativas eficientes e duradouras de controle de *B. tabaci* têm sido conduzidas em todo mundo (FARIA; WRAIGHT, 2001; HILJE et al., 2001; SHUN-XIANG et al., 2001; SOUZA; VENDRAMIM, 2001; LIMA; LARA, 2004; SILVA et al., 2012).

Estudos de caracterização de resistência com várias culturas de relevância econômica contra *B. tabaci* biótipo B têm sido efetuados com a finalidade de auxiliarem programas de melhoramento ou mesmo no intuito de indicar cultivares menos suscetíveis para plantio em determinadas áreas infestadas (BALDIN et al., 2005; SILVA, 2007; RODRIGUES et al., 2012; SILVA et al., 2012; TORRES et al., 2012; CRUZ et al., 2014).

Segundo Painter (1951), variedade resistente é aquela, que devido às características hereditárias, é capaz de apresentar maior capacidade de produção, comparativamente a outras variedades em igualdade de condições de infestação do inseto. Uma planta pode também ter sua capacidade defensiva contra patógenos e pragas adquirida após um estímulo apropriado, sendo essa considerada uma resistência induzida (LARA, 1991).

A resistência varietal apresenta-se como uma valiosa ferramenta para o Manejo Integrado de Pragas (MIP), trazendo indiscutíveis benefícios econômicos e ecológicos para a agricultura (SMITH; CLEMENT, 2012). Essa resistência se dá no âmbito da relação inseto-planta e, nesse processo, a planta comporta-se como um organismo

ativo, desenvolvendo fatores de proteção contra o ataque dos insetos. Esses fatores de resistência podem ser constitutivos ou indutivos. Os primeiros são permanentemente formados, enquanto que os últimos dependem de processos metabólicos da planta ou são eliciados a partir de fatores externos. Os fatores indutivos, que promovem a resistência induzida, estão ausentes ou presentes em baixas concentrações antes do ataque de artrópodes ou patógenos (fatores bióticos) ou da ocorrência de determinados fatores ambientais (fatores abióticos), sendo produzidos ou ativados justamente em resposta à presença dos referidos fatores (TORRES; GARCIA, 1996).

Para que ocorra esse processo é necessário a presença de um elicitor ou indutor, ou seja, agentes que estimulam respostas de defesa na planta, desde alterações celulares, fisiológicas e morfológicas até o acionamento da transcrição dos genes que codificam as respostas de defesa, sem alterar o genoma das plantas (DIXON et al., 1994). Como supracitado, o indutor pode ser biótico, bem como a herbivoria e a infecção por microrganismos patogênicos ou abiótico (agentes químicos), como o ácido salicílico, ácido poliacrílico e fito hormônios como auxina, citicina, ácido abscísico, etileno e elementos minerais como o silício (CHÉRIF et al., 1992a, CHÉRIF et al., 1992b, STEIN et al., 1993; CHÉRIF et al., 1994; DANGL, 1998).

O elemento secundário mais farto da crosta terrestre é o silício (RAIJ, 1991) e tem como principal fonte natural no solo o feldspato que, ao passar pelo processo de intemperização, libera o ácido silícico ( $H_4SiO_4$ ), que é a principal forma de absorção do silício pelas plantas (RAVEN, 1983; EXLEY, 1998). Ao ser absorvido pelas plantas, o silício sem nenhuma dificuldade é translocado no xilema, e tem disposição natural a se polimerizar. Na planta, se acumula nos tecidos de suporte do caule e nas folhas, sendo também encontrado em baixas quantidades nos grãos.

Cada espécie ou mesmo genótipo da mesma espécie de planta pode diferir na sua disposição de absorver o silício (NABLE et al., 1990). Sendo assim, as plantas são classificadas, devido ao acúmulo de silício, como *acumuladoras*: com um alto teor de silício, sendo a absorção relacionada à respiração aeróbica; *intermediárias*: apresentam uma quantidade moderada de Si e a concentração do mineral no meio é elevada; e *não acumuladoras*: diferenciam-se por um baixo teor do elemento, mesmo com elevados níveis de Si no meio, indicando um mecanismo de exclusão (MIYAKE; TAKAHASHI, 1985). A soja e as cucurbitáceas, por exemplo, encontram-se na

categoria das intermediárias, pois translocam o silício livremente das raízes até a parte aérea (LIMA FILHO et al., 1999).

De modo geral, tem sido observado crescimento na produtividade de culturas, tanto gramíneas como não gramíneas, com o aumento da disponibilidade de silício no solo (ELAWAD; GREEN 1979; PULZ et al., 2008; SORATTO et al., 2012; CRUSCIOL et al., 2013; FERRARI NETO, 2016). Na cultura da soja, a ausência de silício acarreta em sintomas típicos, como deformação nas folhas novas e a diminuição da fertilidade do grão de pólen (MIYAKE; TAKAHASHI, 1985).

A resistência de uma planta frente ao ataque de um inseto pode se revelar através de três categorias: antixenose, antibiose e tolerância (PAINTER, 1951). Na antixenose, o comportamento de colonização e alimentação do inseto é afetado negativamente pela presença de fatores químicos ou morfológicos das plantas (LARA, 1991). Para a cultura da soja, alguns genótipos já tiveram essa categoria de resistência caracterizada sobre *B. tabaci* biótipo B (VALLE; LOURENÇÃO, 2002; VALLE et al., 2012; SILVA et al., 2012; CRUZ; BALDIN, 2016a). A antibiose ocorre quando o inseto tem seu desempenho biológico afetado negativamente ao tentar se alimentar de um determinado genótipo (PAINTER, 1951). Elevados índices de mortalidade na fase jovem, reduções de peso, além de prolongamento de ciclo e baixa viabilidade estão entre os efeitos mais comuns dessa categoria (LARA, 1991; PANDA; KHUSH, 1995). Tolerância é descrita como a capacidade da planta em resistir ou recuperar-se de um dano causado por um inseto-praga, sem que a biologia ou o comportamento do mesmo sejam afetados (PAINTER, 1951; SMITH, 2005). As capacidades mais importantes são: o aumento na taxa de crescimento; após a liberação da dominância apical, ocorre maior número de ramificação ou perfilhamento; acréscimo na taxa de fotossíntese após o dano; armazenamento de altos níveis de carbono nas raízes para serem fornecidas para a parte aérea; após a ocorrência de danos apresenta maior aptidão de condução de carbono das raízes para as brotações e ampliação na produção de hormônios, de enzimas oxidativas e de compostos aleloquímicos (HENG-MOSS et al., 2004; FRANZEN et al., 2007; CRUZ et al., 2016b).

As causas da resistência de plantas, principalmente antixenóticas e antibióticas estão presentes entre as diferentes camadas de tecidos existentes entre a superfície da epiderme e o floema e influenciam o processo de alimentação de insetos sugadores, como a mosca-branca. Plantas que expressam antixenose podem apresentar diferentes fatores (modificações da epiderme, tricomas, etc) que inibem ou

impedem a alimentação do inseto sobre a planta, reduzindo o risco de serem atacadas por pulgões e moscas-brancas (SMITH, 2005).

Conforme descrito na literatura, plantas tratadas com silício podem desencadear mecanismos naturais de defesa, resultando em resistência mecânica (antixenose) ou resistência bioquímica (antibiose) (CHÉRIF et al., 1994; EPSTEIN, 1999). A resistência mecânica ocorre quando há acúmulo de silício, na forma de sílica amorfa ( $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ), na parede celular da planta. Este acúmulo de silício nos órgãos de transpiração gera o desenvolvimento de uma dupla camada de sílica cuticular, que, causa uma redução na transpiração, conseqüentemente diminui a exigência de água pelas plantas (KORNDÖRFER et al., 2004).

Embora não existam trabalhos que investigaram o efeito do silício aplicado em soja quanto ao comportamento alimentar de insetos sugadores, redução no tempo de alimentação e na porcentagem de indivíduos que se alimentou da seiva de floema já foram documentadas para *Schizaphis graminum* (Rond.) (Hemiptera: Aphididae) em trigo (GOUSSAIN et al., 2005; MORAES et al., 2013) e *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae) em batata (GOMES et al., 2008). Com lepidópteros, os efeitos da aplicação sobre imaturos já foi bem documentado. Num dos trabalhos, lagartas de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Nectuidae) alimentadas com folhas de plantas de milho tratadas com silicato de sódio, Goussain et al. (2002) observaram maior mortalidade e canibalismo de lagartas ao final do segundo instar, sendo possível verificar um grande dano na região incisora das mandíbulas das lagartas, o que pode ter ocorrido pela ação da barreira mecânica que foi formada com a deposição de silício na parede celular das folhas tratadas.

O silício também pode provocar uma resistência bioquímica nas plantas, como foi relatado por Fawer et al. (1998) que identificaram sequências de reações que iniciam mecanismos de defesa bioquímica na planta infectada como por exemplo, a produção de compostos fenólicos, quitinases, peroxidases e acúmulo de lignina, o que seria capaz de interferir no crescimento e desenvolvimento de insetos-praga. Conhecidos como moléculas de defesa das plantas a patógenos e insetos, os compostos fenólicos são responsáveis por ocasionar deterrência alimentar, a inibição da digestão e a toxicidade (TODD et al., 1971; APPEL, 1993). A lignina proporciona suporte mecânico para a planta, reduzindo o consumo das plantas pelos herbívoros. Devido à sua capacidade de ligação com a celulose e proteínas, a lignina pode provocar uma redução na digestibilidade dessas substâncias (TAIZ; ZEIGER, 2004).

Visto que a antixenose e a antibiose frequentemente se sobrepõem nos ensaios de resistência (SMITH, 2005), técnicas mais apuradas vêm sendo utilizadas com o objetivo de determinar o volume consumido de alimento por insetos sugadores, ou mesmo determinar a região de alimentação na planta. Sendo assim, a caracterização do comportamento alimentar dos insetos através de análises de EPG (Electrical Penetration Graph), pode ser bastante útil na identificação das categorias de resistência presentes (DIAZ-MONTANO et al., 2007; CROMPTON; ODE, 2010).

A técnica de EPG foi desenvolvida em 1964 (MCLEAN; KINSEY, 1964) modificada posteriormente em 1978 (TJALLINGII, 1978) e tem como objetivo amplificar os sinais elétricos provenientes da interação inseto-planta, permitindo o conhecimento de distintos aspectos do comportamento alimentar de insetos sugadores, por meio de diferentes padrões de ondas. O EPG é baseado em um circuito elétrico composto por uma caixa com uma fonte de voltagem conectada a um resistor e dois fios, um ligado à entrada (resistor) e o outro à saída (fonte de voltagem) da caixa, e este com dois eletrodos em sua extremidade, um ligando-se ao solo ou à planta e outro ligado no inseto. O eletrodo do inseto é fixado no dorso do mesmo, com auxílio de uma cola condutora de eletricidade (tintura de prata), um fino eletrodo de ouro (10 a 20  $\mu\text{m}$ ).

Quando o inseto insere os estiletes no tecido vegetal, o circuito é fechado, e uma variação de voltagem é obtida e gravada em um computador, sendo possível acompanhar as etapas ações realizadas (WALKER, 2000). Alterações na voltagem do sistema correspondente a componentes de resistência (R) e de força eletromotriz (emf) ocorrem por conta das atividades estiletas efetivadas. Os sinais elétricos gerados (ondas) são ampliados e registrados em um gráfico. Distintas formas de onda estão sendo apresentadas através de estudos de correlação entre a atividade do afídeo e ou a localização do estilete no tecido da planta. O EPG pode ser separado em dois momentos: o primeiro representa à prova (penetração do estilete) e o segundo a não-prova (np). No período de prova, possui três fases diferentes: caminhamento do estilete "C" (contendo a queda de potencial – pd), fase de xilema - onda G e a fase do floema - ondas E1 e E2 (TJALLINGII, 1988).

Esta técnica pode contribuir em tipos de estudos distintos, tais como a transmissão de vírus (PRADO; TJALLINGII, 1994; MARTIN et al., 1997; FERERES; COLLAR, 2001; TJALLINGII; PRADO, 2001), comportamento de insetos vetores e inseticidas (NISBET et al., 1993) e resistência de plantas (van HELDEN; TJALLINGII, 1993; JIANG et al., 2001; DIAZ-MONTANO et al., 2007; ZHU et al., 2011; TODD et al., 2016).

Assim, os objetivos gerais do presente trabalho foram caracterizar o comportamento alimentar de *Bemisia tabaci* biótipo B em genótipos de soja que expressam diferentes categorias de resistência na presença ou ausência de adubação com silício. Para alcançar esses objetivos a dissertação foi dividida em dois capítulos, sendo o primeiro intitulado “Comportamento alimentar de *Bemisia tabaci* biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae) em genótipos de soja expressando diferentes categorias de resistência” conforme as normas da revista Florida Entomologist; e o segundo intitulado “Comportamento alimentar de *Bemisia tabaci* biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae) em genótipos de soja na presença ou ausência de silício” redigido conforme as normas da revista: Neotropical Entomologist.

## CAPÍTULO I

### Comportamento alimentar de *Bemisia tabaci* biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae) em genótipos de soja expressando diferentes categorias de resistência

Revista: Florida Entomologist

#### Resumo

A mosca-branca, *Bemisia tabaci* (Gennadius) biótipo B, é considerada uma importante praga para a cultura da soja, devido às crescentes infestações e dificuldades associadas ao seu manejo. Diante do potencial de danos que esse inseto apresenta para a cultura da soja, torna-se necessário aprofundar os conhecimentos quanto à sua interação (colonização e alimentação) com essa leguminosa. Este trabalho teve como objetivo avaliar o comportamento alimentar de *B. tabaci* biótipo B, através de ensaios com EPG (Electrical Penetration Graph), em quatro genótipos de soja que expressam diferentes categorias de resistência frente ao ataque do inseto (KS-4202, tolerante; IAC-19, antixenose; UX-2569-159, antibiose e PI-227687, suscetível). Paralelamente às avaliações com EPG, caracterizou-se os tipos de tricomas presentes na superfície abaxial dos folíolos dos quatro genótipos, a fim de estabelecer possíveis correlações com o comportamento alimentar da mosca-branca. Os resultados obtidos confirmaram a presença de fatores antixenóticos no genótipo IAC-19 (baixa duração de alimentação na fase floemática). A elevada densidade de tricomas PI-227687 revelou-se como fator antixenótico, retardando o início da alimentação do inseto; porém, ao iniciar a penetração estiletar, o inseto conseguiu se alimentar por longos períodos. O genótipo KS-4202 revelou-se adequado à alimentação da mosca-branca, com destaque para as altas médias na fase de xilema (número de fases e duração). Para UX-2569-159 é provável que a resistência previamente relatada esteja mais relacionada à expressão de antixenose, uma vez que os indivíduos da mosca-branca conseguiram se alimentar por um longo período na fase floemática.

Palavras-chave: [*Glycine max* (L.) (Merrill)]; EPG; mosca-branca; antixenose; antibiose; tolerância

## Abstract

The whitefly *Bemisia tabaci* (Gennadius) biotype B, is considered an important pest for the soybean crop, due to the increasing infestations and the difficulties associated with its management. Considering the potential damage that this insect presents to the soybean crop, it is necessary to deepen the knowledge about its interaction (colonization and feeding) with this legume. This study aimed to evaluate the feeding behavior of *Bemisia tabaci* biotype B through EPG (Electrical Penetration Graph) assays in four soybean genotypes that express different resistance categories against the insect attack (KS-4202, tolerant; IAC-19, antixenosis; UX-2569-159, antibiosis e PI-227687, susceptible). In parallel with the EPG evaluations, the types of trichomes present on the abaxial surface of the leaflets were characterized to establish possible correlations with the whitefly feeding behavior. The results confirmed the presence of antixenotic factors in the genotype 'IAC-19' (low duration of feeding in the phloem phase). The high density of trichomes in the genotype PI-227687 was revealed as an antixenotic factor delaying the initiation of insect feeding; however, after beginning stylet penetration, the insect was able to feed for long periods. The genotype 'KS-4202' 4202' was suitable for whitefly feeding, with emphasis on the high averages in the xylem phase (number of phases and duration). In 'UX-2569-159' it is likely that the previously reported resistance is more related to the expression of antixenosis, once whitefly individuals were able to feed for a long period in the phloem phase.

Key Words: [*Glycine max* (L.) (Merrill)]; whitefly, antixenosis, antibiosis, tolerance

## 1.1 Introdução

A mosca-branca, *Bemisia tabaci* (Gennadius) biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae) é considerada uma praga limitante para diversos cultivos agrícolas em todo mundo, incluindo hortaliças, ornamentais e grandes culturas (Byrne & Bellows Junior 1991; Stansley & Naranjo 2010). Seu ataque pode ocasionar danos diretos e indiretos às plantas, sendo que os danos diretos estão relacionados com o hábito de ninfas e adultos em se alimentarem da seiva do floema e de injetarem toxinas, provocando diversos tipos

de injúrias ou a morte das plantas atacadas (Oliveira et al. 2001). Danos indiretos são causados devido à sua aptidão de transmitir inúmeros tipos de vírus (Navas-Castillo et al. 2011; Polston et al. 2014), ou ainda, pela intensa excreção de honeydew, que favorece o desenvolvimento de fumagina (*Capnodium* sp.), podendo comprometer a habilidade fotossintética das plantas (Musa & Ren 2005; Naranjo & Legg 2010; Cameron et al. 2013).

Para a cultura da soja, *B. tabaci* biótipo B está associada à transmissão do vírus da necrose da haste (*Cowpea mild mottle virus* – CpMMV) (Almeida et al. 2005; Marubayashi et al. 2010), que compromete o potencial produtivo nas lavouras.

Fatores bioecológicos deste inseto, como alto potencial reprodutivo, tamanho reduzido, elevada capacidade de dispersão e colonização sobre inúmeros hospedeiros, além de elevado potencial danos e de resistência sobre diversos inseticidas (Jones 2003; Berry 2004; Musa & Ren 2005; Oliveira et al. 2013) vêm fazendo com que a praga receba grande atenção por parte dos produtores e comunidade científica. Sendo assim, pesquisas que visam disponibilizar alternativas eficientes e duradouras de controle de *B. tabaci* têm sido conduzidas em todo mundo (Faria & Wraight 2001; Hilje et al. 2001; Shun-Xiang et al. 2001; Souza & Vendramim 2001; Lima & Lara 2004; Silva et al. 2012), com destaque para o uso de genótipos resistentes.

Estudos de caracterização de resistência com várias culturas de relevância econômica contra *B. tabaci* biótipo B têm sido efetuados com a finalidade de auxiliarem programas de melhoramento ou mesmo no intuito de sugerir cultivares menos suscetíveis para plantio em determinadas áreas infestadas (Baldin et al. 2005; Coelho et al. 2009; Silva 2007; Rodrigues et al. 2012; Torres et al. 2012; Cruz et al. 2014).

Durante a seleção da planta hospedeira, a mosca-branca insere seus estiletes através da epiderme até atingir o floema, onde se alimenta e também adquire e/ou transmite vírus (Pollard 1955; Czosnek & Ghanim 2011). Esse caminhar estiletar, a mosca-branca pode localizar possíveis fatores de resistência da planta presentes nas diferentes camadas de tecido existentes entre a superfície e o floema.

Plantas que expressam antixenose podem apresentar diferentes fatores (modificações da epiderme, tricomas, etc) que inibem ou impedem a alimentação do inseto sobre a planta, reduzindo o risco de serem atacadas por pulgões e moscas-brancas (Smith 2005).

Uma vez que a antixenose e a antibiose frequentemente se sobrepõem nos ensaios de resistência (Smith & Clement 2012), técnicas mais apuradas para a determinação do volume consumido de alimento por um inseto sugador, ou mesmo sobre a região de alimentação na planta vêm sendo empregadas. Neste sentido, a caracterização do comportamento alimentar dos insetos através de análises de EPG (Electrical Penetration Graph), pode ser bastante útil na separação das categorias de resistências existentes (Jiang et al. 2001; Diaz-Montano et al. 2007; Crompton & Ode 2010).

Neste tipo de análise, o inseto e a planta, junto com uma fonte de voltagem e uma resistência formam um circuito elétrico, e cada atividade estiletar realizada pelo inseto gera alterações na voltagem do sistema devido aos elementos de resistência (R) e da força eletromotriz (emf). Esses sinais elétricos gerados (ondas) são ampliados e registrados em um gráfico. Sendo assim, as atividades estiletaras características como puncturas ou provas em células, salivação, ingestão, entre outras, podem ser relacionadas com formas de onda características, auxiliando nos estudos do comportamento alimentar do inseto (Tjallingii 1988).

Esse método tem sido utilizado para estudo de aleirodídeos e cigarrinhas em diversas áreas, tais como: transmissão de fitopatógenos (Prado & Tjallingii 1994; Collar & Fereres 1998), resistência de plantas a sugadores (Garzo et al. 2002; Alvarez et al. 2006), ação de inseticidas (Nisbet et al. 1993; Harrewijn & Kayser 1997) e avaliação de plantas transgênicas (Liu et al. 2005). Embora pesquisas sobre o comportamento alimentar de *B. tabaci* biótipo B tenham sido realizadas para a cultura do tomate (Jiang et al. 1999), pouco se sabe sobre seu comportamento em genótipos de soja, estimulando novas investigações.

Face à importância crescente do inseto para a cultura da soja no Brasil e da busca por métodos de controle alternativos ao manejo químico, este trabalho teve como objetivo caracterizar o comportamento alimentar de *B. tabaci* biótipo B em genótipos de soja portadores de antixenose (IAC-19), antibiose (UX-2569-159), tolerância (KS-4202) e suscetibilidade (PI-227687). Os resultados deverão ampliar o nível de entendimento das relações entre este inseto e a cultura da soja.

## 1.2 Material e Métodos

### CRIAÇÃO DE *Bemisia tabaci* BIÓTIPO B

Uma criação de *B. tabaci* biótipo B foi mantida em casa-de-vegetação (2,5 x 2,5 x 2 m), com teto coberto por vidro e sombrite (30%) e fechada lateralmente com vidros. Para a conservação dos insetos foram oferecidas plantas de couve-de-folhas (*Brassica oleracea* var. *acephala* L.) mantidas em vasos plásticos com capacidade para 2,5 L. As plantas foram diariamente irrigadas e substituídas periodicamente, conforme à necessidade, visando manter a qualidade nutricional do alimento e também o vigor das populações da mosca-branca. Antes e durante a experimentação, análises moleculares foram realizadas, visando a confirmação da identificação do inseto (Walsh et al. 1991; Simon et al. 1994; De Barro et al. 2003).

### MATERIAL VEGETAL

Foram avaliados quatro genótipos de soja portadores de diferentes mecanismos de resistência a *B. tabaci* (Tabela 1). Visando a obtenção de plantas de soja para os ensaios, os genótipos foram semeados em vasos (2L) contendo uma mistura de terra, areia e esterco de curral na proporção 1:1:1. O substrato foi adubado e teve o pH corrigido conforme recomendação para a cultura (Mascarenhas & Tanaka, 1997). Para os ensaios, plantas foram utilizadas no estágio fenológico V<sub>2</sub>-V<sub>3</sub> (Fehr & Cavines 1977).

### ENSAIOS COM EPG

Em laboratório (T= 25±2° C, U.R.= 70±10% e fotofase de 12 horas) foi utilizada a técnica do EPG (*Electrical Penetration Graph*), visando comparar o comportamento alimentar de *B. tabaci* biótipo B nos quatro genótipos de soja.

Antes do início dos ensaios, adultos da mosca-branca (24h de idade) foram transferidas das plantas de couve para plantas de soja, visando condicionar os insetos na soja por 48 horas. Posteriormente, as moscas-brancas adultas (72h de idade) foram

aconditionadas no interior de tubetes de vidro (3 cm de altura x 1 cm de diâmetro), os quais foram dispostos sobre recipientes com gelo. Então, sob microscópio estereoscópico, os insetos foram mantidos a 4º C durante 3-5 min, a fim de reduzir sua atividade e facilitar sua colagem (Jiang et al. 2001). Na sequência, os insetos foram conectados a um fio (eletrodo) de ouro ( $\approx 12 \mu\text{m}$  de diâmetro x 1-2 cm de comprimento), o qual foi fixado no pronoto com cola de prata à base de água. Um outro fio de cobre (2 mm de diâmetro x 10 cm de comprimento), que serviu como eletrodo para a planta, foi inserido no solo do vaso com a planta em teste. Ambos os eletrodos foram conectados a um amplificador de sinais (Giga-8 DC EPG), com resistência de 109  $\Omega$  e uma unidade de tensão ajustável (Diaz-Montano et al. 2007). Descrições mais detalhadas sobre a utilização desta técnica (Tjallingii 1988, 1990; Walker 2000) e adaptações para estudos com mosca-branca encontram-se documentados na literatura (Jiang et al. 1999, 2000; Rodríguez-López et al. 2011, 2012; Moreno-Delafuente et al. 2013).

Após o período de jejum de uma hora, os insetos foram acondicionados sobre a face abaxial de folíolos dos genótipos de soja totalmente desenvolvidos. O processo de monitoramento foi realizado dentro de uma gaiola de Faraday, sob iluminação natural (Tjallingii 2006). Os registros foram feitos ao mesmo tempo em plantas suscetíveis e também naquelas consideradas resistentes.

Foram avaliados os principais parâmetros do comportamento alimentar, tais como: tempo até a primeira prova, tempo até atingir a fase de alimentação, número de quedas de potencial, número de fases de caminhamento (onda C), duração das fases de caminhamento, número de fases no xilema, duração das fases do xilema, número de fases no floema, duração das fases no floema e duração das fases sem prova (Diaz-Montano et al. 2007). As formas de ondas do EPG foram registradas durante 15 horas por mosca-branca. Um total de 15 insetos por genótipo foi acompanhado e cada inseto foi avaliado em uma planta isoladamente, utilizando-se o software PROBE 3.0 (Windows) (Wageningen Agricultural University).

## CARACTERIZAÇÃO DE TRICOMAS

Sob as mesmas condições de cultivo descritas anteriormente, outras plantas dos quarto genótipos de soja (mesma idade) foram avaliadas quanto aos tricomas presentes na superfície abaxial dos folíolos, tendo como objetivo estabelecer correlações com o comportamento alimentar da mosca-branca. Folíolos do estrato médio das plantas foram utilizados e a densidade de tricomas determinada ao longo da contagem do número de estruturas presentes em 10 mm<sup>2</sup> da face abaxial dos folíolos, sob microscópio estereoscópico e aumento de 32x (Valle et al. 2002). O delineamento foi o inteiramente casualizado, com quatro tratamentos (genótipos) e dez repetições, sendo cada folíolo uma repetição.

Visando a aquisição de imagens mais detalhadas dos tricomas, amostras da região mediana do limbo foliar preparadas segundo a metodologia descrita por Robards (1978) e analisadas sob microscópio eletrônico de varredura FEI Quanta 200 (FEI, Carolina do Norte, NC, Estados Unidos da América). O comprimento dos tricomas foi determinado com o auxílio do software Scandium (ResAlta Research Technologies, Alternann S.A., São Paulo, SP, Brasil), acoplado ao sistema de captura de imagens do microscópio eletrônico de varredura.

## ANÁLISES ESTATÍSTICAS

A normalidade dos dados obtidos nos ensaios foi verificada através do teste de Shapiro-Wilk e a homogeneidade através do teste de Levene. Uma vez que os dados obtidos nas análises com EPG não apresentavam distribuição normal, foi utilizado o teste não paramétrico Kruskal-Wallis ( $\alpha = 0,05$ ) para a comparação das médias, utilizando-se o programa estatístico R (R Core Team, 2016). As médias referentes às análises de tricomas foram comparadas através do teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

## 1.3 Resultados

### ENSAIOS COM EPG

Foi verificada diferença significativa entre os genótipos de soja para diversos parâmetros de EPG do inseto (Tabela 2). Em PI-227687, o tempo gasto até a primeira picada de prova foi significativamente maior (49,11 min.), comparativamente aos demais materiais ( $X^2= 15,8$ ; gl= 3;  $P= 0,0012$ ). O genótipo UX-2569-159 apresentou o maior período (35,47 min.) até que o inseto iniciasse a fase de alimentação, ( $X^2= 2,01$ ; gl= 3;  $P= 0,0371$ ), diferindo de 'KS-4202'.

Os genótipos 'KS-4202' e UX-2569-159 apresentaram as maiores médias para o número de fases de caminhamento estiletar ( $X^2= 26,30$ ; gl= 3;  $P= 0,000008$ ) e fases em xilema ( $X^2= 15,80$ ; gl= 3;  $P= 0,0012$ ), comparativamente aos outros genótipos. O maior tempo de duração no xilema foi observado em 'KS-4202' ( $X^2= 4,94$ ; gl= 3;  $P= 0,0017$ ), enquanto que PI-227687 apresentou menor média para esse parâmetro. Quanto ao período de alimentação no floema, UX-2569-159 apresentou maior média (436,99 min), diferindo dos outros três materiais ( $X^2= 6,55$ ; gl= 3;  $P= 0,0475$ ). Não foram verificadas diferenças entre os tratamentos para os parâmetros: nº de queda de potencial, duração das fases de caminhamento, nº de fases no floema e duração das fases sem prova (Tabela 2). Independente do genótipo avaliado, o número de insetos que atingiu o xilema foi maior em relação ao verificado no floema, chegando a 100% dos indivíduos em PI-227687 (Fig. 1).

## CARACTERIZAÇÃO DE TRICOMAS

O genótipo PI-227687 apresentou o maior número de tricomas/10 mm<sup>2</sup> na face abaxial de seus folíolos (71,22), diferindo significativamente dos demais materiais ( $F= 18,57$ ; gl= 3;  $P= 0,0056$ ); UX-2569-159 revelou o menor número de estruturas (27,94) (Tabela 3). Os genótipos UX-2569-159, 'IAC-19' e 'KS-4202' apresentaram tricomas mais longos (entre 682,58 e 765,33 µm), diferindo significativamente ( $F= 11,45$ ; gl= 3;  $P= 0,0127$ ) de PI-227687 (356,12 µm). Os tricomas presentes nos genótipos PI-227687 e 'KS-4202' foram classificados como inclinados (Fig. 2), enquanto que os tricomas de 'IAC-19' e UX-2569-159 foram considerados eretos.

## 1.4 Discussão

Os resultados deste estudo com EPG sugerem que, fatores antixenóticos existentes nos diversos tecidos presentes entre a superfície dos folíolos de soja e os vasos do floema exercem importante papel na resistência dos genótipos frente ao ataque de *B. tabaci* biótipo B. Possíveis efeitos inibidores de alimentação a partir da epiderme foram verificados inclusive para o genótipo PI-227687, que apresentou o maior período até a primeira picada de prova da mosca-branca, sugerindo a presença de alguma barreira enfrentada pelo inseto durante o processo de reconhecimento da planta. Em estudos prévios (Valle & Lourenção 2002; Lima & Lara 2004; Silva et al. 2012), esse material se destacou como bastante atrativo, muito ovipositado e favorável ao desempenho biológico do inseto, razão pela qual o mesmo foi utilizado como padrão suscetível neste trabalho. Segundo aqueles autores, a suscetibilidade desse genótipo à *B. tabaci* biótipo B está associada à presença de um maior número de tricomas, comparativamente a outros materiais, fato também verificado nesta pesquisa (Tabela 3).

Além da densidade, o ângulo de inserção dos tricomas na superfície de plantas de soja pode também atuar como fator de resistência contra *B. tabaci* biótipo B em soja. Plantas com tricomas levemente inclinados ou paralelos em relação à superfície dos folíolos tendem a expressar maiores níveis de resistência a insetos sugadores (Lambert et al. 1995). Nossas imagens em microscopia eletrônica de varredura revelaram que PI-227687 e KS-4202 apresentam tricomas mais inclinados em relação aos outros dois materiais. No entanto, a densidade (maior em PI-227687) parece ter atuado de forma mais expressiva no retardo do início das picadas de alimentação pelo inseto, o que poderia ser considerado um fator antixenótico de resistência (Panda & Khush 1995; Smith 2005).

Para o pulgão *Aphis glycines* Matsumura, verificou-se que o período até a primeira picada foi maior na soja resistente PI-243540, em comparação com a suscetível Wyandot (Todd et al. 2016). Semelhantemente ao reportado no presente estudo, os autores relacionaram a maior pilosidade de PI-243540 o atraso no início da alimentação do

pulgão e ressaltaram que este fator pode também estimular o inseto a procurar um novo sítio de alimentação. No caso de PI-227687, verificou-se que apesar de ter ocorrido atraso no início do processo de alimentação, após o vencimento da barreira inicial (provavelmente tricomas), o inseto conseguiu alimentar-se de forma similar aos demais materiais. Isso pode ser constatado a partir das médias do número de fases em floema e do tempo de alimentação nesse vaso, que foram semelhantes àsquelas registradas para 'IAC-19' e 'KS-4202'.

O genótipo 'IAC-19', reconhecidamente portador de antixenose frente à mosca-branca (Valle & Lourenção 2002) apresentou menor número de fases no xilema em comparação com 'KS-4202' e UX-2569-159. De acordo com Spiller et al. (1990), quando o inseto ingere a seiva do xilema, ele tende a manter o equilíbrio hídrico. No entanto, esta seiva não fornece nutrientes adequados ao desenvolvimento do inseto sugador como é o caso da seiva do floema (Powell & Hardie 2002). Diaz-Montano et al (2007) estudaram o comportamento alimentar de *A. glycines* em quatro genótipos de soja resistentes e um suscetível e reportaram que em todos os materiais a fase de xilema é atingida antes da fase floemática. Os autores ressaltaram que, possivelmente, materiais resistentes afetam o comportamento do pulgão-da-soja após a ingestão da seiva de xilema, fazendo com que o mesmo não atinja o floema, ou que quando o faz permanece menor tempo alimentando-se nesse vaso. Isso poderia também explicar o fato de 'IAC-19' ter apresentado menor média de alimentação no floema, em comparação com UX-2569-159.

Embora ainda não existam trabalhos reportando o comportamento alimentar de *B. tabaci* biótipo B em genótipos de soja, em tomateiro verificou-se menor porcentagem de indivíduos atingindo a fase floemática, acompanhado de longos períodos sem prova no genótipo resistente Motelle, comparativamente ao material suscetível Moneymaker (Jiang et al. 2001). Os autores concluíram que a resistência no genótipo Motelle está provavelmente relacionada a fatores da epiderme e/ou mesófilo que inibem a alimentação do inseto a partir do momento que atingem a fase floemática. Neste trabalho, a maioria dos insetos (90 a 100%) atingiu a fase de xilema em todos os materiais; no entanto, a incidência de alimentação no floema foi significativamente menor (Fig.2). Na interação entre insetos sugadores e plantas hospedeiras, a composição do floema é um dos principais componentes a ser avaliado na expressão de resistência (Crompton & Ode

2010). Fatores de resistência do floema podem incluir coagulação de proteínas (Tjallingii 2006), acúmulo de lectinas (Down et al. 1996), inibidores de proteases ou presença de compostos secundários (Kehr 2006; Sylvie et al. 2010) ou mesmo deficiência nutricional (Smith 2005).

O genótipo 'KS-4202', caracterizado como tolerante à alimentação da mosca-branca (Cruz et al. 2016), apresentou as maiores médias para número de fases no xilema e também maior período de alimentação neste tipo de vaso em comparação aos demais, comportamento esperado em genótipos suscetíveis. Uma vez que a tolerância se manifesta através de uma resposta da planta, mediante ao ataque do inseto, sem ocasionar efeitos adversos sobre o seu comportamento e/ou biologia do inseto, é esperado que a alimentação do inseto em um material tolerante seja semelhante àquela verificada em um suscetível (Painter 1951; Lara 1991). Em trabalhos que investigaram o comportamento alimentar do pulgão-da-soja *A. glycines*, o genótipo 'KS-4202', também tolerante para aquele afídeo (Pierson et al. 2011; Prochaska et al. 2013; Marchi-Werle et al. 2014) foi igualmente suscetível e favorável à alimentação do inseto em comparação com genótipos que expressavam antixenose e antibiose (Diaz-Montano et al. 2007; Zhu et al. 2011).

UX-2569-159 foi incluído nos ensaios de EPG em função da moderada antixenose/antibiose verificada em outro estudo com a mesma mosca-branca (Cruz & Baldin 2016). Com base nos parâmetros verificados com este material (Tabela 2), verifica-se este genótipo exigiu maior tempo do inseto até que fosse atingida a fase de alimentação. Isto sugere a presença de algum fator antixenótico (epiderme/mesófilo) que dificulta o caminhar estiletar. No entanto, neste genótipo também foi constatado o maior período de alimentação no floema, o que sugere a ausência de compostos antibióticos na seiva deste vaso condutor. Conforme discutido por outros autores (Smith 2005; Diaz-Montano et al. 2007; Stout 2013; Todd et al. 2016), a distinção entre os mecanismos antibiose e antixenose requer a avaliação de diversos parâmetros biológicos e comportamentais, os quais muitas vezes se sobrepõem, dificultando a correta caracterização. Assim, é possível que fatores químicos e/ou morfológicos em genótipos resistentes afetem negativamente o comportamento do inseto, especialmente sua alimentação. Para UX-2569-159 é provável que os fatores antixenóticos contidos entre

os tecidos da epiderme e os vasos do floema sejam mais efetivos na expressão de resistência contra a mosca-branca e que a seiva do floema não exerça efeitos adversos sobre a alimentação do inseto.

Contudo, utilizando-se a técnica de EPG o trabalho mostrou que estudos detalhados sobre o comportamento alimentar podem auxiliar na determinação e caracterização da resistência da soja e outras planta ao ataque da mosca-branca. Assim, futuras pesquisas envolvendo análises histológicas e moleculares são ainda necessárias a fim de aprofundar o entendimento destes mecanismos de resistência de soja e suas interações com *B. tabaci* biótipo B.

## Agradecimentos

À CNPq, pela concessão de bolsa de mestrado (nº 130280/2015-1) concedida ao primeiro autor e pela bolsa de produtividade em pesquisa (nº 305649/2013-2), concedida ao segundo autor.

## Referências Citadas

- Almeida AMR, Piuga FF, Marim SRR, Kitajima EW, Gaspar JO, Oliveira TG, Moraes TG. 2005. Detection and partial characterization of a *Carlavirus* causing stem necrosis of soybean in Brazil. *Fitopatologia Brasileira* 2:191-194.
- Alvarez AE, Tjallingii WF, Garzo E, Vleeshouwers V, Dicke M, Vosman B. 2006. Location of resistance factors in the leaves of potato and wild tuber-bearing *Solanum* species to the aphid *Myzus persicae*. *Entomologia Experimentallis et Applicata* 121:145-157.
- Baldin ELL, Werle-Marchi L, Pannuti LER, Lourenção AL, Heng-Moss TM, Hunt TE. 2016. Evaluating categories of resistance in soybean genotypes from the United States and Brazil to *Aphis glycines* (Hemiptera: Aphididae). *Florida Entomologist* 99:487-495.

- Baldin ELL, Vendramim JD, Lourenção AL. 2005. Resistência de genótipos de tomateiro à mosca-branca *Bemisia tabaci* (Gennadius) biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae). *Neotropical Entomology* 34:435-441.
- Berry SD, Fondong VN, Rey C, Rogan D, Fauquet CM, Brown JK. 2004. Molecular evidence for five distinct *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) geographic haplotypes associated with cassava plants in Sub Saharan Africa. *Annals of the Entomological Society of America* 97:852-859.
- Byrne DN, Bellows Junior TS. 1991. Whitefly biology. *Annual Review of Entomology* 36:431-457.
- Cameron R, Lang EB, Annan IB, Portillo HE, Alvarez JM. 2013. Use of fluorescence, a novel technique to determine reduction in *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) nymph feeding when exposed to benevia and other insecticides. *Journal of Economic Entomology* 106:597-603.
- Coelho SAMP, Lourenção AL, Melo AMT, Schammas EA. 2009. Resistência de meloeiro a *Bemisia tabaci* biótipo B. *Bragantia* 68:1025-105.
- Collar JL, Fereres AC. 1998. Nonpersistent virus transmission efficiency is determined by aphid probing behavior during intracelular punctures. *Environmental Entomology* 27:583-591.
- Crompton DS, Ode PJ. 2010. Feeding behavior analysis of the soybean aphid (Hemiptera: Aphididae) on resistant soybean 'Dowling'. *Journal of Economic Entomology* 103:648-653.

- Cruz PL, Baldin ELL, Guimaraes LRP, Lima GPP, Heng-Moss T, Hunt TE. 2016. Tolerance of KS-4202 soybean to the attack of *Bemisia tabaci* biotype B (Hemiptera: Aleyrodidae). *Florida Entomologist* 99:1.
- Cruz PL, Baldin ELL. 2016. Performance of *Bemisia tabaci* Biotype B on Soybean Genotypes. *Neotropical Entomology* 30:1-6.
- Cruz PL, Baldin ELL, Castro MJP. 2014. Characterization of antibiosis to the silverleaf whitefly *Bemisia tabaci* biotype B (Hemiptera: Aleyrodidae) in cowpea entries. *Journal of Pest Science* 87:639-645.
- Czosnek H, Ghanim, M. 2011. *Bemisia tabaci*–Tomato yellow leaf curl virus interaction causing worldwide epidemics, pp 51-67. *In: The Whitefly, Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) Interaction with Geminivirus-Infected Host Plants. Springer Netherlands.
- De Barro PJ, Scott KD, Graham GC, Lange CL, Schutze MK. 2003. Isolation and characterization of microsatellite loci in *Bemisia tabaci*. *Mol Ecol Notes* 3:40–43.
- Diaz-Montano J; Reese JC, Louis J; Campbell LR, Schapaugh WT. 2007. Feeding behavior by the soybean aphid (Hemiptera: Aphididae) on resistant and susceptible soybean genotypes. *Journal of Economic Entomology* 100:984-989.
- Down, RE, Gatehouse AMR, Hamilton WDO, Gatehouse JA. 2001. Snowdrop lectin inhibits development and decreases fecundity of the glasshouse potato aphid (*Aulacorthum solani*) when administered in vitro and via transgenic plants both in laboratory and glasshouse trials. *Journal of Insect Physiology* 43:727-739.
- Faria M, Wraight SP. 2001. Biological control of *Bemisia tabaci* with fungi. *Crop protection* 20:767-778.

- Fehr WR, Caviness CE. 1977. Stages of soybean development. Iowa State University Cooperative Extension Service Special Report 80. Iowa State University, Ames, IA.
- Garzo E, Soria C, Gomez-Guillamon ML, Fereres A. 2002. Feeding behavior of *Aphis gossypii* resistant accessions of diferente melon genotypes (*Cucumis melo*). *Phytoparasitica* 30:129-140.
- Harrewijn P, Kayser H. 1997. Pymetrozine, a fast-acting and selective inhibitor of aphid feeding. *In situ* studies with eletronic monitoring of feeding behavior. *Pesticide Science* 49:130-140.
- Hilje L, Costa HS, Stansly PA. 2001. Cultural practices for managing *Bemisia tabaci* and associated viral diseases. *Crop Protection* 20:801-812.
- Jiang YX, Blas C, Barrios L, Fereres A. 2000. Correlation between whitefly (Homoptera: Aleyrodidae) feeding behavior and transmission of *Tomato yellow leaf curl virus*. *Annals of the Entomological Society of America* 93:573-579.
- Jiang YX, Lei H, Collar JL, Martin B, Muñoz M, Fereres A. 1999. Probing and feeding behavior of two distinct biotypes of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) on tomato plants. *Journal of Economic Entomology* 92:358-366.
- Jiang YX, Nombela G, Muniz M. 2001 Analysis by DC -EPG of the resistance to *Bemisia tabaci* on a Mi-tomato line. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 99:295-302.
- Jones DR. 2003. Plant viruses transmitted by whiteflies. *European Journal of Plant Pathology* 109:195-219.
- Kehr J. 2006. Phloem sap proteins: their identities and potential roles in the interaction between plants and phloem-feeding insects. *Journal Experimental Botany* 57:767-774.

- Lambert AL, McPherson RM, Espelie KE. 1995. Soybean host plant resistance mechanisms that alter abundance of whiteflies (Homoptera: Aleyrodidae). *Environmental Entomology* 24:1381-1386.
- Lara FM. 1991. Princípios de resistência de plantas a insetos. São Paulo, 336p.
- Lima ACS, Lara FM. 2004. Resistência de genótipos de soja à mosca branca *Bemisia tabaci* (Genn.) biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae). *Neotropical Entomology* 33:71-75.
- Liu X, Zhai BP, Zhang XX, Zong MJ. 2005. Impacto f transgenic cotton plants on a nontarget pest, *Aphis gossypii* Glover. *Ecological Entomology* 30:307-315.
- Marchi-Werle L, Heng-Moss, TM, Hunt TE, Baldin ELL, Baird LM. 2014. Characterization of peroxidase changes in tolerant and susceptible soybeans challenged by soybean aphid (Hemiptera: Aphididae). *Journal of Economic Entomology* 107:1985-1991.
- Marubayashi JM, Yuki VA, Wutke EB. 2010. Transmissão do *Cowpea mild mottle virus* pela mosca branca *Bemisia tabaci* biótipo B para plantas de feijão e soja. *Summa Phytopathol* 36:158-160.
- Mascarenhas HAA, Tanaka RT. 1997. Soja, pp. 202-203. *In*: Raij BVan, Cantarella H, Quaggio JA, Furlani AMC [eds.] *Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo*. 2. ed. rev., IAC, Campinas Brasil.
- Moreno-Delafuente A, Garzo E, Moreno A, Fereres A. 2013. A plant virus manipulates the behavior of its whitefly vector to enhance its transmission efficiency and spread. *Plos One* 8:1-10.

- Musa PD, Ren S. 2005. Development and reproduction of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) on three bean species. *Insect Science* 12:25-30.
- Naranjo SE, Legg JP. 2010. Biology and ecology of *Bemisia tabaci*, 105-107 In: Stansly, PA, Naranjo SE [eds]. *Bemisia: bionomics and management of a global pest*. Springer, Dordrecht-Heidelberg-London-New York.
- Navas-Castillo J, Fiallo-Olivé E, Sánchez-Campos S. 2011. Emerging virus diseases transmitted by whiteflies. *Annual Review of Phytopathology* 49:219-248.
- Nisbet AJ, Woodford JAF, Strang RHC, Connolly JD. 1993. Systemic anti feedant effects of azadiracchtin on the Peach-Potato aphid *Mizus pecica*. *Entomologia Experimentallis et Applicata* 68:87-98.
- Oliveira CM, Auad AM, Mendes SM, Frizzas MR. 2013. Economic impact of exotic insect pests in Brazilian agriculture. *Journal of Applied Entomology* 137:1-15.
- Oliveira MRV, Henneberry TJ, Anderson P. 2001. History, current status, and collaborative research projects for *Bemisia tabaci*. *Crop Protection* 20:709-723.
- Painter RH. 1951. *Insect resistance in crop plants*. McMillan, New York, 520p.
- Panda N, Khush GS. 1995. *Host plant resistance to insects*. CABI, Wallingford, 431p.
- Pierson LM, Heng-Moss TM, Hunt TE, Reese JC. 2011. Physiological responses of resistant and susceptible reproductive stage soybean to soybean aphid (*Aphis glycines* Matsumura) feeding. *Arthropod-Plant Interact* 5:49-58.
- Pollard DG. 1955. Feeding Habits of the cotton whitefly, *Bemisia tabaci* Genn. (Homoptera: Aleyrodidae). *Annals of Applied Biology* 43:664-671.

- Polston JE, De Barro P, Boykin LM. 2014. Transmission specificities of plant viruses with the newly identified species of the *Bemisia tabaci* species complex. *Pest management Science* 70:1547-1552.
- Powell G, Hardie J. 2002. Xylem ingestion by winged aphids. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 104:103-108.
- Prado E, Tjallingii WF. 1994. Aphid activities during sieve element punctures. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 72:157–165.
- Prochaska TJ, Pierson LM, Baldin ELL, Hunt TE, Heng-Moss TM, Reese JC. 2013. Evolution of late vegetative and reproductive stage soybeans for resistance to soybean aphid (Hemiptera: Aphididae). *Journal of Economic Entomology* 106:1036-1044.
- R Core Team. 2016. A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. < <https://www.R-project.org/> >.
- Robards AW. 1978. An introduction to techniques for scanning electron microscopy of plant cells, pp. 343-403. *In*: Hall JL. [ed.]. *Electron microscopy and cytochemistry of plant cells*. New York: Elsevier.
- Rodrigues NEL, Boiça Júnior AL, Farias PRS. 2012. Antibiose e não preferência para oviposição de *Bemisia tabaci* (Genn.) biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae) por cultivares de *Vigna unguiculata* (L.) Walp. *Arquivos do Instituto Biológico* 79:25-31.
- Rodríguez-López MJ, Garzo E, Bonani JP, Fereres A, Fernández-Muñoz R, Moriones E. 2011. Whitefly resistance traits derived from the wild tomato *Solanum pimpinellifolium* affect the preference and feeding behavior of *Bemisia tabaci* and reduce the spread of *Tomato yellow leaf curl virus*. *Phytopathology* 101:1191-1201.

- Rodríguez-López MJ, Garzo E, Bonani JP, Fernández-Muñoz R, Moriones E, Fereres A. 2012. Acylsucrose-producing tomato plants forces *Bemisia tabaci* to shift its preferred settling and feeding site. *Plos One* 7:1-9.
- Shun-Xiang REN, Zhen-zhong WANG, Bao-li QIU, Yuan XIAO. 2001. The pest status of *Bemisia tabaci* in China and non-chemical control strategies. *Insect Science* 8:279-288.
- Silva JPGF, Baldin, ELL, Souza ES, Lourenção AL. 2012. Assessing *Bemisia tabaci* (Genn.) biotype B resistance in soybean genotypes: antixenosis and antibiosis. *Chilean Journal of Agricultural Research* 72:516-522.
- Silva MS. 2007. Resistência de genótipos de batata (*Solanum* spp.) a *Bemisia tabaci* biótipo B. Pós-Graduação do Instituto Agronômico de Campinas, <http://www.iac.sp.gov.br/areadoinstitutoposgraduacao/dissertacoes/pb1204405.pdf> (ultimo acesso: 16 Dez 2016)
- Simon C, Frati F, Beckenbach A, Crespi B, Liu H, Flook P. 1994. Evolution, weighting, and phylogenetic utility of mitochondrial gene-sequences and a compilation of conserved polymerase chain-reaction primers. *Annals of the Entomological Society of America* 87:651-701.
- Smith CM, Clement SL. 2012. Molecular bases of plant resistance to arthropods. *Annual Review Entomology* 57:309–328.
- Smith CM. 2005. Plant resistance to arthropods molecular and conventional approaches. Springer, Dordrecht, The Netherlands, 423p.

- Souza AP, Vendramim JD. 2001. Atividade inseticida de extratos aquosos de meliáceas sobre a mosca-branca *Bemisia tabaci* (Genn.) biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae). *Neotropical Entomology* 30:133-137.
- Spiller NJ, Koenders L, Tjallingii WF. 1990. Xylem ingestion by aphids-a strategy for maintaining water balance. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 55:101-104.
- Stansley PA, Naranjo SE, eds. 2010. *Bemisia: Bionomics and Management of a Global Pest*. Dordrecht, Heidelberg, London, New York: Springer.
- Stout, M.J. 2013. Reevaluating the conceptual framework for applied research on host-plant resistance. *Insect Science* 20:263-272.
- Sylvie D, Bonnemain JL, Girousse C, Kehr J. 2010. Phloem sap intricacy and interplay with aphid feeding. *Comptes rendus biologiques* 333:504- 515.
- Tjallingii W.F. 1990. Continuous recording of stylet penetration activities, pp. 89–99. *In* R. K. Campbell and Eikenbary, R.D. [eds], *Aphid-plant genotype interactions*. Elsevier, Amsterdam.
- Tjallingii WF. 2006. Salivary secretions by aphids interacting with proteins of phloem wound responses. *Journal of experimental botany* 57:739-745.
- Tjallingii WF. 1988. Electrical recording of stylet penetration activities. *In* A.K. Minks and P. Harrewijn [eds.], *Aphids: their biology, natural enemies and control*, Elsevier Publishers, Amsterdam, the Netherlands.
- Todd JC, Mian MAR, Backus EA, Finer JJ, Redinbaugh MG. 2016. Feeding behavior of soybean aphid (Hemiptera: Aphididae) biotype 2 on resistant and susceptible soybean. *Journal of Economic Entomology* 109:426-433.

- Torres LC, Souza B, Lourenção AL, Costa MB, Amaral BB, Carbonell SAM, Chiorato AF, Tanque RL. 2012. Resistência de genótipos de feijoeiro a *Bemisia tabaci* biótipo B. *Bragantia* 71:346-354.
- Valle GE, Lourenção AL. 2002. Resistência de genótipos de soja a *Bemisia tabaci* (Genn.) biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae). *Neotropical Entomology* 31:285-295.
- Valle GE, Lourenção AL, Pinheiro JB. 2012. Adult attractiveness and oviposition preference of *Bemisia tabaci* biotype B in soybean genotypes with different trichome density. *Journal of Pest Science* 85:431-442.
- Walker GP. 2000. A beginner's guide to electronic monitoring of homopteran probing behavior, pp. 1–40. *In* Walker, G.P.; Backus, E.A. [eds], Principles and applications of electronic monitoring and other techniques in the study of homopteran feeding behavior. Thomas Say Publications in Entomology, Entomological Society of America, Lanham, MD.
- Walsh PS, Metzger DA, Higuchi, R. 1991. Chelex-100 as a medium for simple extraction of DNA for PCR-based typing from forensic material. *Biotechniques* 4:506-513.
- Zhu L, Reese JC, Louis J, Campbell L, Chen MS. 2011. Electrical penetration graph analysis of the feeding behavior of soybean aphids on soybean cultivars with antibiosis. *Journal of economic entomology* 104:2068-2072.

**Tabela 1.** Genótipos de soja com respectivas genealogias/origens e históricos avaliados frente a *Bemisia tabaci* biótipo B.

Genótipos	Genealogia/Origem	Histórico de resistência
'KS-4202'	KS-4694 x C1842 / EUA	Tolerância (Cruz et al 2016b)
UX-2569-159	U06-607094 x UX-2324-34 / EUA	Antibiose (Baldin et al 2016)
'IAC-19'	D-72-9601-1 x IAC-8/ Brasil	Antixenose (Valle & Lourenção 2002; Valle & Lourenção 2012)
PI-227687	Japão	Suscetível (Silva et al 2012; Valle & Lourenção 2002)

**Tabela 2.** Comportamento alimentar (Médias  $\pm$  EP) de *B. tabaci* biótipo B durante 15 horas em quatro genótipos de soja portadores de diferentes categorias de resistência.

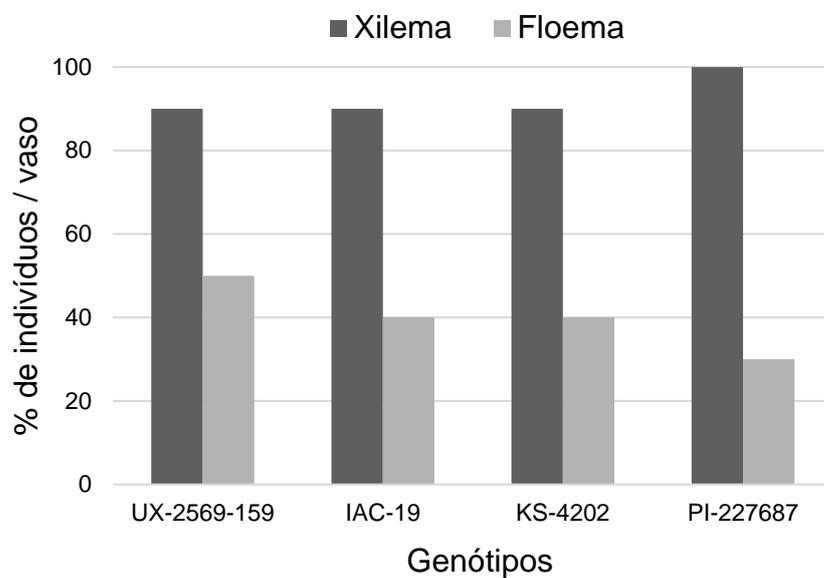
Parâmetros	Genótipo <sup>a</sup>				GL	P	X <sup>2</sup>
	PI-227687	'IAC-19'	'KS-4202'	UX-2569-159			
Tempo até a primeira prova <sup>b</sup>	49,11 $\pm$ 5,99 a	12,42 $\pm$ 5,90 b	12,60 $\pm$ 5,75 b	8,99 $\pm$ 5,15 b	3	0,0012	15,80
Tempo até atingir a fase de alimentação <sup>b</sup>	20,16 $\pm$ 5,33 ab	18,27 $\pm$ 15,43 ab	17,43 $\pm$ 5,54 b	35,47 $\pm$ 5,47 a	3	0,0163	5,14
Nº queda de potencial	15,10 $\pm$ 6,99 a	9,75 $\pm$ 3,23 a	10,00 $\pm$ 4,39 a	18,50 $\pm$ 5,29 a	3	0,6077	1,83
Nº fases de caminhamento	86,50 $\pm$ 5,96 c	86,20 $\pm$ 5,87 c	144,80 $\pm$ 5,20 a	123,90 $\pm$ 5,09 b	3	>0,001	26,30
Duração das fases de caminhamento <sup>b</sup>	203,60 $\pm$ 37,69 a	250,74 $\pm$ 41,25 a	234,36 $\pm$ 24,14 a	284,29 $\pm$ 49,55 a	3	0,5346	2,18
Nº fases no xilema	2,80 $\pm$ 0,81 b	3,66 $\pm$ 0,57 b	18,55 $\pm$ 5,65 a	9,00 $\pm$ 2,04 a	3	0,0012	15,80
Duração das fases no xilema <sup>b</sup>	60,54 $\pm$ 21,11 b	64,61 $\pm$ 11,68 ab	119,58 $\pm$ 26,55 a	105,66 $\pm$ 31,93 ab	3	0,0017	4,94
Nº fases no floema	10,66 $\pm$ 5,23 a	3,75 $\pm$ 2,75 a	5,50 $\pm$ 4,50 a	6,40 $\pm$ 5,15 a	3	0,6934	1,46
Duração das fases no floema <sup>b</sup>	146,27 $\pm$ 58,20 b	136,50 $\pm$ 47,80 b	155,87 $\pm$ 23,73 b	436,99 $\pm$ 115,43 a	3	0,0475	6,55
Duração das fases sem prova <sup>b</sup>	532,58 $\pm$ 48,04 a	503,39 $\pm$ 63,18 a	454,51 $\pm$ 44,13 a	393,32 $\pm$ 85,68 a	3	0,5297	2,21

<sup>a</sup> Médias seguidas de mesma letra, dentro da linha, não diferem entre si pelo teste de Kruskal-Wallis ( $P < 0,05$ ). <sup>b</sup> Valores expressos em minutos.

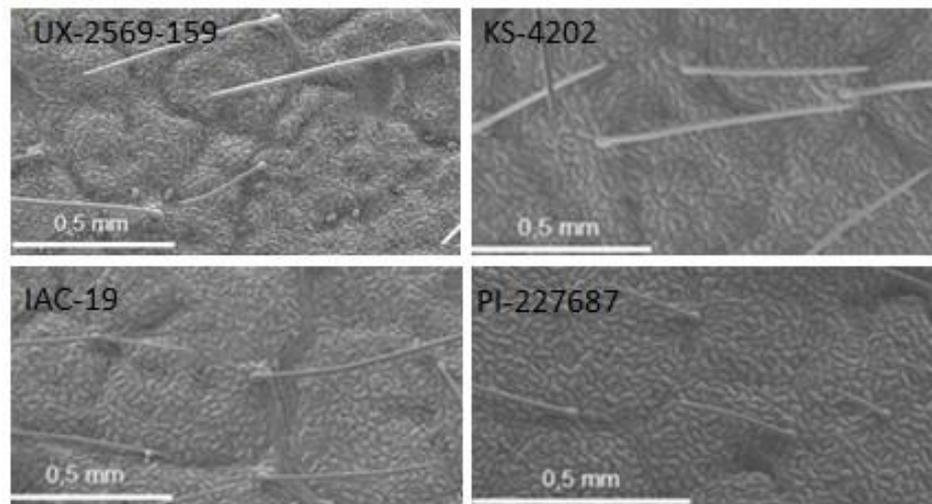
**Tabela 3.** Médias ( $\pm$ EP) de densidade, comprimento e inclinação de tricomas presentes na superfície abaxial de folíolos de quatro genótipos de soja<sup>a</sup>.

Genótipo	(Número de tricomas/10mm <sup>2</sup> ) <sup>a</sup>	Comprimento de tricomas ( $\mu$ m) <sup>a</sup>	Classificação quanto à inclinação
PI-227687	71,2 $\pm$ 2,88 a	356,1 $\pm$ 24,33 b	inclinado
'KS-4202'	32,2 $\pm$ 1,99 b	682,6 $\pm$ 44,18 a	inclinado
'IAC-19'	36,1 $\pm$ 2,16 b	710,1 $\pm$ 47,48 a	ereto
UX-2569-159	27,9 $\pm$ 2,09 c	765,3 $\pm$ 45,19 a	ereto
<i>P</i>	0,0056	0,0127	

<sup>a</sup>Médias seguidas de mesma letra, dentro da coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey ( $P < 0,05$ ).



**Fig. 1.** Porcentagem de adultos de *Bemisia tabaci* que atingiram os diferentes vasos condutores nos quatro genótipos de soja avaliados.



**Fig. 2.** Micrografia eletrônica de varredura (MEV) de tricomas na superfície abaxial de folíolos de quatro genótipos de soja avaliados.

## CAPÍTULO II

### Comportamento alimentar de *Bemisia tabaci* biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae) em cultivares de soja na presença ou ausência de silício.

**Revista:** Neotropical Entomology

#### Resumo

A mosca-branca, *Bemisia tabaci* (Gennadius) biótipo B atualmente destaca-se como uma importante praga para a cultura da soja em diversos países, incluindo o Brasil. O ataque do inseto provoca danos diretos e indiretos às plantas, comprometendo a produtividade e elevando os custos de produção. O controle químico ainda é o método mais empregado no controle do inseto nas lavouras. Contudo, medidas menos invasivas como o uso de genótipos resistentes e indutores de resistência, constituem-se como alternativas eficientes para os programas de Manejo Integrado de Pragas (MIP). A resistência varietal (constitutiva) regula naturalmente a população da praga, enquanto que o indutor (silício, por exemplo) pode elevar o nível de resistência de plantas suscetíveis ou ampliar essa característica em materiais resistentes. Assim, este trabalho teve como objetivo avaliar o comportamento alimentar de *B. tabaci* biótipo B através de ensaios de EPG (Electrical Penetration Graph) utilizando duas cultivares de soja com diferentes níveis de resistência frente ao ataque do inseto (IAC-19, portador de antixenose e Conquista, suscetível) na presença e ausência de silício. As plantas receberam aplicação foliar do nutriente aos 30 dias após a emergência (volume equivalente a 250 L de solução/há) até o ponto de escorrimento. Os resultados obtidos confirmaram a presença de fatores antixenóticos na cultivar 'IAC-19, o qual exigiu maior tempo até a primeira picada de prova e mostrou menores períodos de alimentação em xilema e floema. Esses resultados sugerem que a presença do mineral pode ter acentuado fatores antixenóticos previamente relatados nesta cultivar. Em Conquista, o silício interferiu no tempo até a primeira picada de prova, sugerindo modificações estruturais na epiderme.

**Palavras chave** Mosca-branca, [*Glycine max* (L.) (Merrill)], EPG, antixenose

## Abstract

The whitefly, *Bemisia tabaci* (Gennadius) biotype B currently stands out as an important pest to the soybean crop in many countries, including Brazil. The insect attack causes direct and indirect damages to the plants, decreasing productivity and raising production cost. Chemical control is still the most used method of the insect on the fields. However, less aggressive measures, such as the use of resistant genotypes and resistance inducers, are efficient alternatives for Integrated Pest Management (IPM) programs. Varietal resistance (constitutive) naturally regulates the pest population, whereas the inducer (silicon, for example) may increase resistance of susceptible plants or reinforce this characteristic in resistant genotypes. Thus, this study aimed to evaluate feeding behavior of *Bemisia tabaci* biotype B through EPG (Electrical Penetration Graph) assays using two genotypes of soybean with different levels of susceptibility against the insect attack (IAC-19, bearer of antixenosis and Conquista, susceptible) in the presence and absence of silicon. The plants received leaf spraying of the nutrient until dripping off 30 days after emergence (equivalent volume of 250L solution/ ha). The results confirmed the presence of antixenotic factors in the genotype IAC-19, which demanded longer time until the first probe and showed shorter xylem and phloem feeding periods. These results suggest that the present of the mineral may have accentuated antixenotic factors previously reported in this genotype. Silicon interfered on the time until probing in Conquista, suggesting structural modifications on the epidermis.

**1Keywords** Whitefly, [*Glycine max* (L.) (Merrill)], EPG, antixenosis

## 2.1 Introdução

A soja [*Glycine max* L. (Merrill)] é a leguminosa mais cultivada em todo o mundo e representa uma importante fonte de proteína e óleo, sendo amplamente usada na alimentação humana e animal (Endres 2001). O Brasil é o segundo maior produtor de soja do mundo, com cerca de 96 milhões de toneladas produzidas do grão na safra 2015/2016 (Conab 2016). Os ganhos no rendimento da cultura têm aumentado substancialmente ao longo dos anos e são atribuídos, principalmente, aos avanços no

melhoramento genético das cultivares, bem como nas novas tecnologias de cultivo (Koester *et al* 2014).

Apesar do elevado potencial da cultura, a produtividade da soja é frequentemente reduzida devido ao ataque de artrópodes-praga (Higley 1994). A cultura é seriamente prejudicada por inúmeras espécies de insetos, pertencentes a várias ordens, as quais danificam raízes, caule, ramos, folhas, vagens e grãos das plantas (Hunt e Baldin 2012).

A mosca-branca *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) biótipo B é considerada uma das mais devastadoras pragas da agricultura mundial e vem limitando a produtividade de inúmeras culturas de importância agrícola, tais como tomate, melão algodão, feijão, soja, feijão-caupi, além de várias espécies ornamentais (Oriani *et al* 2000, Valle & Lourenção 2002, Baldin *et al* 2005, Baldin & Beneduzzi 2010, Cruz *et al* 2012, Silva *et al* 2012, , Cruz *et al* 2014, , Prado *et al* 2015, Cruz & Baldin 2016). Os danos acarretados pelo ataque da mosca-branca podem ser diretos, quando decorrem da alimentação de ninfas e adultos através dos vasos condutores de seiva do floema e por meio da injeção de toxinas presentes na saliva, os quais provocam alterações no desenvolvimento vegetativo e reprodutivo das plantas (Inbar & Gerling 2008).

Já os danos indiretos ocorrem devido ao excesso de excrementos açucarados (*honeydew*), que favorecem o desenvolvimento de colônias de fungos (*Capnodium* sp.) e a formação de fumagina, comprometendo a capacidade fotossintética das plantas (Musa & Ren 2005, Naranjo & Legg 2010, Cameron *et al* 2013). Adicionalmente, *B. tabaci* biótipo B é um importante vetor de centenas de vírus que podem ser letais às plantas (Navas-Castillo *et al* 2011, Polston *et al* 2014). Na cultura da soja, essa mosca-branca está associada à transmissão do vírus da necrose da haste (*Cowpea mild mottle virus* – CpMMV), que causa enrolamento das folhas, intensa clorose, nanismo severo e redução na produção de grãos (Valle & Lourenção 2002, Almeida *et al* 2005, Marubayashi *et al* 2010).

O controle químico é o principal método utilizado pelos produtores para o manejo de *B. tabaci* biótipo B nas lavouras (Vieira *et al* 2011). No entanto, o uso abusivo de inseticidas sintéticos pode ocasionar sérios prejuízos ao meio ambiente e ao homem, além de eliminar organismos não-alvo e onerar os custos de produção (Toscano *et al* 2001; Vieira *et al* 2013). Em adição, aplicações desequilibradas de inseticidas

aceleram a seleção de populações resistentes do inseto a diferentes grupos químicos, fazendo com que essa tática não atinja a eficiência desejada (Silva *et al* 2009).

Neste contexto, é necessário analisar opções de controle mais sustentáveis e que se encaixem no Manejo Integrado de Pragas (MIP) nas lavouras, reduzindo assim, os possíveis impactos negativos sobre o agroecossistema. Diversos estudos vêm mostrando que o fornecimento de silício tem favorecido muitas espécies vegetais e, no caso de problemas fitossanitários, sua utilização induz a resistência das plantas ao ataque de insetos e patógenos (Camargo *et al* 2008, Epstein 1999, Gomes & Moraes 2009, Korndörfer *et al* 2011), além de incitar o crescimento e a produção vegetal (Pulz *et al* 2008, Soratto *et al* 2012, Crusciol *et al* 2013).

A atuação do silício como indutor de resistência em plantas pode ocorrer de formas distintas, podendo ser acumulado nas células epidérmicas, o que torna os tecidos mais rígidos ou pela produção de compostos de defesas, os quais apresentam efeitos deletérios a microrganismos e insetos-praga (Chérif *et al* 1994, Goussain *et al* 2002, Gomes *et al* 2005). Esses fatores podem afetar a colonização, o comportamento alimentar e a reprodução de artrópodes-praga (Correa *et al* 2005).

Até o presente momento não se encontram disponíveis trabalhos que avaliaram a influência da aplicação do silício sobre a alimentação de *B. tabaci* biótipo B em soja. No entanto, reduções no tempo de alimentação e na porcentagem de indivíduos que se alimentou da seiva de floema já foram documentadas para algumas espécies de afídeos, como *Schizaphis graminum* (Rond.) em trigo, e *Myzus persicae* (Sulzer) em batata (Goussain *et al* 2005, Gomes *et al* 2008, Moraes *et al* 2013).

Uma análise mais minuciosa sobre o comportamento de alimentação de insetos sugadores pode ser realizada por meio da observação do caminhar estiletar desde a perfuração da cutícula até os vasos do floema, mediante a utilização da técnica denominada EPG (Electrical Penetration Graph) (Tjallingii 1978). Esta técnica tem sido empregada em estudos que visam desvendar as etapas envolvidas na transmissão de vírus por vetores (Tjallingii & Prado 2001, Bonani *et al* 2010), interpretar mecanismos de resistência de plantas a afídeos e moscas-brancas (Pereira *et al* 2010, Yin *et al* 2010, Zhu *et al* 2011, Todd *et al* 2016), bem como aprofundar os conhecimentos sobre o comportamento de insetos em plantas na presença de inseticidas (Nisbet *et al* 1993). Acredita-se também que a técnica do EPG pode auxiliar

no entendimento sobre os possíveis efeitos do silício nos tecidos de soja e seus impactos sobre a alimentação da mosca-branca.

Assim, este trabalho teve como objetivo avaliar o comportamento de alimentação de *B. tabaci* biótipo B nas cultivares de soja Conquista (suscetível) e IAC-19 (resistente) na presença e ausência de aplicação (via foliar) de silício.

## 2.2 Material e Métodos

### *Criação de Bemisia tabaci biótipo B*

A primeira população de *B. tabaci* biótipo B foi adquirida junto ao IAC (Instituto Agrônomo de Campinas) e mantida em casa-de-vegetação (2,5 x 2,5 x 2 m), com teto coberto por vidro e sombrite (30%) e fechada lateralmente com vidros. Para a alimentação dos insetos foram fornecidas plantas de couve-de-folhas (*Brassica oleracea* var. *acephala* L.) cultivadas em vasos plásticos com capacidade para 2,5 L. As plantas foram diariamente irrigadas e substituídas periodicamente, conforme a necessidade, visando manter a qualidade nutricional do alimento e também o vigor das populações da mosca-branca. Periodicamente, análises moleculares foram realizadas, visando à confirmação da identificação do inseto (Walsh *et al* 1991, Simon *et al* 1994, De Barro *et al* 2003).

### *Tratamentos*

O experimento consistiu dos seguintes tratamentos: duas cultivares de soja (Conquista e 'IAC-19') e dois níveis de silício (com e sem aplicação foliar). A cultivar 'IAC-19' (D72-9601-1 x IAC-8) é reconhecidamente portadora de antixenose a *B. tabaci* biótipo B (Valle e Lourenção, 2002; Valle *et al* 2012), enquanto que Conquista (Lo76-4484<sup>2</sup> x Numbaíra) é suscetível (Silva *et al* 2012).

Para obtenção de plantas de soja para os ensaios, as cultivares foram semeadas em vasos (2L) contendo uma mistura de terra, areia e esterco de curral na proporção 1:1:1. O substrato foi adubado e teve o pH corrigido conforme recomendação para a cultura (Mascarenhas & Tanaka 1997). Para os ensaios, plantas foram utilizadas no estágio fenológico V<sub>3</sub>-V<sub>4</sub> (Fehr & Cavines 1977).

Como fonte de silício foi utilizado o produto Silamol em forma líquida, que é constituído de 0,8% de silício na forma de um concentrado solúvel de ácido silícico estabilizado, 48% de polietileno glicol 400 (PEG<sub>400</sub>), que forma H<sub>4</sub>SiO<sub>4</sub> (ácido

ortossilícico) e  $\text{H}_2\text{Si}_2\text{O}_5$  (ácido disilícico) na diluição (Bioquick Tecnologia Imp. e Exp. de Produtos Agropecuários Ltda) (Pilon *et al* 2013). A solução de silício foi preparada com água desionizada e 5 ml/L de Silamol. A concentração de Silamol utilizada baseou-se nas recomendações do fabricante. A aplicação foi realizada 30 dias após a emergência das plantas com um pulverizador manual alimentado a CO<sub>2</sub> ajustado a uma pressão constante. Um volume equivalente a 250 L de solução/ha (6 ml por planta) foi aplicado até o ponto de escorrimento.

### *Ensaio com EPG*

O estudo do comportamento alimentar da mosca-branca, *Bemisia tabaci* biótipo B, foi realizado no Laboratório de EPG, pertencente ao Departamento de Proteção Vegetal da UNESP/FCA (T= 25±2° C, U.R.= 70±10% e fotofase de 12 horas), utilizando-se um sistema Giga-8, sob corrente elétrica contínua (DC), de oito canais (Tjallingii 1978).

Antes do início dos ensaios, adultos da mosca-branca (24h de idade) foram transferidas das plantas de couve para plantas de soja, visando condicionar os insetos por 48h horas. Posteriormente, as moscas-brancas adultas (72h de idade) foram acondicionadas no interior de recipientes de vidro (3 cm de altura x 1 cm de diâmetro), os quais foram dispostos sobre recipientes com gelo. Então, sob microscópio estereoscópico (40 X), os insetos foram mantidos a 4° C durante 3-5 minutos, a fim de reduzir a atividade dos mesmos e facilitar sua colagem (Jiang *et al* 2001). Na sequência, os insetos foram conectados a um fio (eletrodo) de ouro (≈ 12 µm de diâmetro x 1-2 cm de comprimento), o qual foi fixado no pronoto com cola de prata à base de água. Um outro fio de cobre (2 mm de diâmetro x 10 cm de comprimento), que serviu como eletrodo para a planta, foi inserido no solo do vaso com a planta em teste. Ambos os eletrodos foram conectados a um amplificador de sinais (Giga-8 DC EPG), com resistência de 109 Ω e uma unidade de tensão ajustável (Diaz-Montano *et al* 2007). Descrições mais detalhadas sobre a utilização desta técnica (Tjallingii 1988, 1990, Walker 2000) e adaptações para estudos com mosca-branca encontram-se documentados na literatura (Jiang *et al* 1999, 2000, Rodríguez-López *et al* 2011, 2012, Moreno-Delafuente *et al* 2013).

Após o período de jejum de uma hora, os insetos foram acondicionados sobre a face abaxial de folíolos dos genótipos de soja totalmente desenvolvidos. O processo de monitoramento foi realizado dentro de uma gaiola de Faraday, sob iluminação

natural (Tjallingii 2006). Os registros foram feitos ao mesmo tempo em plantas suscetíveis e também naquelas consideradas resistentes.

Os principais parâmetros de alimentação avaliados foram: tempo até a primeira prova, tempo até atingir a fase de alimentação, número de quedas de potencial, número de fases de caminhamento, duração das fases de caminhamento, número de fases no xilema, duração das fases do xilema, número de fases no floema, duração das fases no floema, número de fases sem prova e número total de picadas (Diaz-Montano *et al* 2007). As ondas do EPG foram registradas durante 15 horas por mosca-branca. Um total de 15 insetos por tratamento foi acompanhado e cada inseto foi avaliado em uma planta isoladamente, utilizando-se o software PROBE 3.0 (Windows) (Wageningen Agricultural University).

### *Análise estatística*

A normalidade dos dados obtidos nas análises de EPG foi verificada através do teste de Shapiro-Wilk e a homogeneidade através do teste de Levene. Uma vez que os dados obtidos não apresentavam distribuição normal, foi utilizado o teste não paramétrico Kruskal-Wallis ( $\alpha = 0,05$ ) para a comparação das médias, utilizando o programa estatístico R (R Core Team 2016).

## **2.3 Resultados e Discussão**

Foi verificada diferença significativa entre os tratamentos para a maioria dos parâmetros de alimentação do inseto, com exceção para duração da fase de caminhamento, número de fases de xilema, número de fases do floema e duração das fases sem prova (Tabela 1). Isso indica que a aplicação de silício pode afetar o comportamento de *B. tabaci* biótipo B em soja.

Quanto ao tempo até a primeira picada de prova, a média foi significativamente maior no tratamento IAC-19 + silício (95,97 minutos) em comparação com o tratamento com este mesmo genótipo sem adição do mineral (53,91 minutos) e com Conquista sem silício (16,40 minutos). O retardo para o início de alimentação sugere que o silício se acumula nos tecidos (matriz de parede celular e dentro de células), acentuando fatores antixenóticos na epiderme, o que pode interferir na penetração do estilete (Kaufman *et al* 1985, Goussain *et al* 2005).

Com relação ao tempo até a primeira fase de floema, 'Conquista' apresentou o maior período (760 minutos) até que o inseto iniciasse a fase de alimentação, diferindo do mesmo genótipo com aplicação de silício (Tabela 1). Acredita-se que esta maior média seja decorrente do longo período em que a mosca-branca se manteve alimentando-se no xilema desse tratamento (131,07 minutos). Esse dado corrobora os resultados de Diaz-Montano et al (2007), que avaliando o comportamento alimentar de *Aphis glycines* Matsumura (Hemiptera: Aphididae) em genótipos de soja resistentes e suscetível, verificaram que a fase de xilema é atingida antes da fase floemática. Entretanto, para cultivar IAC-19, independente da aplicação de silício, não houve alteração significativa de tempo até a primeira fase de alimentação.

O tratamento 'Conquista' + silício apresentou o maior número de quedas de potencial, diferindo dos tratamentos 'Conquista' e 'IAC-19' + silício (Tabela 1). Quanto ao número de fases caminhamento estiletar, o tratamento 'Conquista' (153,70 vezes) sem adição de silício apresentou a maior média em relação aos demais tratamentos (Tabela 1). Este dado pode estar relacionado com o fato desse tratamento ter recebido a primeira picada de alimentação mais cedo que os demais, uma vez que é suscetível ao inseto e provavelmente apresentar menores barreiras físicas e/ou morfológicas na epiderme. Sendo assim, devido à facilidade de início de penetração do estilete, o inseto penetrou mais vezes no mesófilo (caminhamento estiletar) em relação aos demais tratamentos. Ainda neste parâmetro, vale ressaltar que a presença do silício reduziu o caminhamento estiletar no tratamento 'Conquista', indicando a ação negativa do elemento na penetração do estilete para insetos sugadores. Chérif et al (1994) afirmam que a adição de silício torna os tecidos mais rígidos, podendo também aumentar a produção de compostos de defesas, os quais apresentam efeitos deletérios a microrganismos e insetos-praga. Esses fatores podem afetar o comportamento alimentar de artrópodes-praga (Correa et al 2005).

O genótipo 'IAC-19', reconhecidamente portador de antixenose frente à mosca-branca (Valle & Lourenção 2002, Silva 2012, Cruz et al/2016), independente da adição de sílica, apresentou menores períodos de alimentação em fase do xilema em comparação com Conquista na presença e ausência do silício (Tabela 1). De acordo com a literatura, quando o inseto ingere a seiva do xilema, ele tende a manter o equilíbrio hídrico, visto que esta seiva não fornece nutrientes adequados ao desenvolvimento do inseto sugador como é o caso da seiva do floema (Spiller et al

1990, Powell & Hardie 2002), razão pela qual materiais suscetíveis geralmente apresentam períodos de alimentação semelhantes nesse vaso. Entretanto, plantas resistentes podem conter toxinas na seiva do xilema, as quais interferem negativamente no comportamento alimentar do inseto (Diaz-Montano *et al* 2007).

O tratamento 'IAC-19' + silício apresentou menor duração no floema em comparação ao tratamento 'IAC-19' sem silício (Tabela 1). Esse resultado sugere que esse mineral combinado a compostos da seiva do floema pode promover a síntese de composto tóxicos, que inibem a alimentação do inseto. Com base nos dados da literatura, os mecanismos de defesa atribuídos ao silício não estão restritos apenas à formação de barreira mecânica e podem também envolver a liberação de compostos deletérios que comprometem a alimentação do inseto (Goussain *et al* 2005, Costa *et al* 2009, Kvedaras *et al* 2009, Moraes *et al* 2009). Para a cultivar Conquista, independente da aplicação de silício, não mudança expressiva no tempo de alimentação da mosca-branca.

Neste trabalho verificou-se que 90% dos insetos atingiram xilema em todos os tratamentos; no entanto, a incidência de alimentação no floema foi menor (Fig.1). A composição da seiva do floema é considerada um importante componente avaliado na expressão de resistência (Crompton & Ode 2010), uma vez que pode apresentar coagulamento de proteínas (Tjallingii 2006), lectinas (Down *et al* 1996), inibidores de proteases ou compostos secundários (Kehr 2006, Sylvie *et al* 2010) ou mesmo ser inadequada do ponto de vista nutricional (Smith 2005).

Quanto ao número total de picadas (Tabela 1), 'Conquista' sem silício apresentou maior média em relação ao 'IAC-19' sem silício. Esse resultado reforça a expressão de antixenose do material IAC-19 sobre a mosca-branca, conforme demonstrado em outros estudos (Valle & Lourenção 2002).

Os insetos respondem a vários estímulos de alimentação no processo de seleção da planta hospedeira. A ausência de tais estímulos, bem como a presença de compostos deterrentes contribuem para a expressão de antixenose (Panda & Khush 1995). A antixenose por alimentação é principalmente composta de tricomas glandulares e não glandulares, compostos químicos da superfície foliar, rigidez de tecidos e deficiência nutricional (Smith 2005).

De acordo com Kogan (1994), insetos fitófagos são sensíveis a mudanças nutricionais na planta hospedeira, as quais são geralmente resultantes da absorção

de nutrientes pelas folhas e raízes. Em nosso estudo, alguns parâmetros de alimentação em IAC-19 (tempo até a primeira picada e duração da fase de floema) foram significativamente modificadas a partir da aplicação de silício, indicando a potencialização dos efeitos antixenóticos na presença desse elemento.

Futuras pesquisas, envolvendo análises químicas, diferentes dosagens e fontes de silício e diferentes genótipos são ainda necessárias a fim de aprofundar os conhecimentos sobre a interação desse elemento com a cultura. Os resultados apresentados evidenciam a utilidade da técnica do EPG na caracterização de categorias de resistência de soja a *B. tabaci* biótipo B.

### **Agradecimentos**

À CNPq, pela concessão de bolsa de mestrado (nº 130280/2015-1) concedida ao primeiro autor e pela bolsa de produtividade em pesquisa (nº 305649/2013-2), concedida ao segundo autor.

### **Referências**

- Almeida AMR, Piuga FF, Marim SRR, Kitajima EW, Gaspar JO, Oliveira TG, Moraes TG (2005) Detection and partial characterization of a *Carlavirus* causing stem necrosis of soybean in Brazil. *Fitopatologia Brasileira* 2:191-194
- Baldin ELL, Beneduzzi RA (2010) Characterization of antibiosis and antixenosis to the whitefly silverleaf *Bemisia tabaci* biotype B (Hemiptera: Aleyrodidae) in several squash varieties. *Journal of Pest Science* 83:223-229
- Baldin ELL, Vendramim JD, Lourenção AL (2005) Resistência de genótipos de tomateiro à mosca-branca *Bemisia tabaci* (Gennadius) biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae). *Neotropical Entomolgy* 34:435-441
- Bonani JP, Fereres A, Garzo E, Miranda MP, Appezzato-Da Gloria B, Lopes JRS (2010) Characterization of electrical penetration graphs of the Asian citrus psyllid,

*Diaphorina citri*, in sweet orange seedlings. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 134:35-49

Camargo JMM, Moraes JC, Oliveira EB, Penteado SRC, Carvalho RCZ (2008) Efeito da aplicação do silício em plantas de *Pinus taeda* L., sobre a biologia e morfologia de *Cinara atlantica* (Wilson) (Hemiptera: Aphididae). *Ciência e Agrotecnologia* 32:1767-1774

Cameron R, Lang EB, Annan IB, Portillo HE, Alvarez JM (2013) Use of fluorescence, a novel technique to determine reduction in *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) nymph feeding when exposed to benevia and other insecticides. *Journal of Economic Entomology* 106:597-603

Chérif M, Asselin A, Bélanger RR (1994) Defense responses induced by soluble silicon in cucumber roots infected by *Phytophthora* spp. *Phytopathology* 84:236-242

Conab (2016) Companhia nacional de abastecimento: Perspectivas para a agropecuária. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/>>. Acesso em: 18 de dezembro 2016.

Correa RSB, Moraes JC, Auad AM, Carvalho GA (2005) Silicon and acibenzolar-s-methyl as resistance inducers in cucumber, against the whitefly *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) biotype B. *Neotropical Entomology* 43:429-433

Costa RR, Moraes JC, Costa RRD (2009) Interação silício-imidacloprid no comportamento biológico e alimentar de *Schizaphis graminum* (Rond.) (Hemiptera: Aphididae) em plantas de trigo. *Ciência e Agrotecnologia* 33:455-460

Crompton DS, Ode PJ (2010) Feeding behavior analysis of the soybean aphid (Hemiptera: Aphididae) on resistant soybean 'Dowling'. *Journal of Economic Entomology* 103:648-653

- Crusciol CAC, Soratto RP, Castro GSA, Costa CHM, Ferrari Neto J (2013) Aplicação foliar de ácido silícico estabilizado na soja, feijão e amendoim. *Revista Ciência Agronômica* 44:404-410
- Cruz PL, Baldin ELL (2016) Performance of *Bemisia tabaci* biotype B on Soybean Genotypes. *Neotropical Entomology* 30:1-6
- Cruz PL, Baldin ELL, Castro MDJPD, Fanela TLM, Silva PHSD (2012) Attractiveness of cowpea genotypes for *Bemisia tabaci* B-biotype oviposition. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 47:1563-1571
- Cruz PL, Baldin ELL, Castro MJP (2014) Characterization of antibiosis to the silverleaf whitefly *Bemisia tabaci* biotype B (Hemiptera: Aleyrodidae) in cowpea entries. *Journal of Pest Science* 87:639-645
- De Barro PJ, Scott KD, Graham GC, Lange CL, Schutze MK (2003) Isolation and characterization of microsatellite loci in *Bemisia tabaci*. *Mol Ecol Notes* 3:40-43
- Diaz-Montano J, Reese JC, Louis J, Campbell LR, Schapaugh WT (2007) Feeding behavior by the soybean aphid (Hemiptera: Aphididae) on resistant and susceptible soybean genotypes. *Journal of Economic Entomology* 100:984-989
- Down RE, Gatehouse AMR, Hamilton WDO, Gatehouse JA (1996) Snowdrop lectin inhibits development and decreases fecundity of the glasshouse potato aphid (*Aulacorthum solani*) when administered in vitro and via transgenic plants both in laboratory and glasshouse trials. *Journal of Insect Physiology* 42:1035–1045
- Endres JG (2001) Soy Protein Products: Characteristics, nutritional aspects, and utilization. Champaign, IL, p.53
- Epstein E (1999) Silicon. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 50:641-664

- Fehr WR, Caviness CE (1977) Stages of soybean development. Iowa State University Cooperative Extension Service Special Report 80. Iowa State University, Ames, IA
- Gomes FB, Moraes JC, Neri DKP (2009) Adubação com silício como fator de resistência a insetos-praga e promotor de produtividade em cultura de batata inglesa em sistema orgânico. *Ciência e Agrotecnologia* 33:18-23
- Gomes FB, Moraes JC, Santos CDD, Antunes CS (2008) Use of silicon as inductor of the resistance in potato to *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae). *Neotropical Entomology* 37:185-190
- Gomes FB, Moraes JCD, Santos CDD, Goussain MM (2005) Resistance induction in wheat plants by silicon and aphids. *Scientia Agrícola* 62:547-551
- Goussain MM (2002) Efeito da aplicação de silício em plantas de milho no desenvolvimento biológico da lagarta-do-cartucho *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). *Neotropical Entomology* 31:305-310
- Goussain MM, Moraes JC, Prado E (2005) Effect of silicon applied to wheat plants on the biology and probing behaviour of the greenbug *Schizaphis graminum* (Rond.) (Hemiptera: Aphididae). *Neotropical Entomology* 34:807-813
- Higley LG (1994) Insect injury to soybean. In: Higley LG, Boethel DJ (eds) Handbook of Soybean insect pests. Entomology Society of America: Landham, pp. 70-71
- Hunt TE, Baldin ELL (2012) Soybean insects: ecology and control. In: Cookson R (ed) Encyclopedia of pest management, New York, pp 1-4
- Inbar M, Gerling D (2008). Plant-mediated interactions between whiteflies, herbivores, and natural enemies. *Annual Review of Entomology* 53:431-8

- Jiang YX, Blas C, Barrios L, Fereres A (2000) Correlation between whitefly (Homoptera: Aleyrodidae) feeding behavior and transmission of *Tomato yellow leaf curl virus*. *Annals of the Entomological Society of America* 93:573-579
- Jiang YX, Lei H, Collar JL, Martin B, Muñoz M, Fereres A (1999) Probing and feeding behavior of two distinct biotypes of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) on tomato plants. *Journal of Economic Entomology* 92:358-366
- Jiang YX, Nombela G, Muniz M (2001) Analysis by DC -EPG of the resistance to *Bemisia tabaci* on a Mi-tomato line. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 99:295-302
- Kaufman PB, Dayanandan P, Franklin CI, Takeoka Y (1985). Structure and function of silica bodies in the epidermal system of grass shoots. *Annals of botany* 55:487-507
- Kehr, J (2006) Phloem sap proteins: their identities and potential roles in the interaction between plants and phloem-feeding insects. *Journal Experimental Botany* 57:767–774
- Koester RP, Skoneczka JA, Cary TR, Diers BW, Ainsworth EA (2014) Historical gains in soybean (*Glycine max* Merr.) seed yield are driven by linear increases in light interception, energy conversion, and partitioning efficiencies. *Journal of Experimental Botany* 65:3311–3321
- Kogan M (1975) Plant resistance in pest management. In: Metcalf RL, Luckmann WH (eds) *Introduction to insect pest management*. John Wiley & Sons, New York, pp 103-146
- Korndörfer AP, Grisoto E, Vendramim JD (2011) Induction of insect plant resistance to the spittlebug *Mahanarva fimbriolata* Stal (Hemiptera: Cercopidae) in sugarcane by silicon application. *Neotropical Entomology* 40:387-392

- Kvedaras OL, Byrne MJ, Coombes NE, Keeping MG (2009) Influence of plant silicon and sugarcane cultivar on mandibular wear in the stalk borer *Eldana saccharina*. *Agricultural and Forest Entomology* 11:301-306
- Marubayashi JM, Yuki VA, Wutke EB (2010) Transmissão do *Cowpea mild mottle virus* pela mosca branca *Bemisia tabaci* biótipo B para plantas de feijão e soja. *Summa Phytopathol* 36:158-160
- Mascarenhas HAA, Tanaka RT (1997) Soja. In: Raij, BVan, Cantarella H, Quaggio JA, Furlani AMC (eds.) *Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo*. Rev. e atual. Campinas: IAC (IAC-Boletim 100), pp 202-203
- Moraes JC, Ferreira RS, Costa RR (2009) Indutores de resistência à mosca-branca *Bemisia tabaci* biótipo B (Genn., 1889) (Hemiptera: Aleyrodidae) em soja. *Ciência e Agrotecnologia* 33:1260-1264
- Moraes JC, Goussain MM, Vilela M, Prado E (2013) Comportamento de prova do pulgão-verde *Schizaphis graminum* (Rond.) (Hemiptera: aphididae) em plantas de trigo tratadas com silício e dimetoato. *Bioscience Journal* 29:83-90
- Moreno-Delafuente A, Garzo E, Moreno A, Fereres A (2013) A plant virus manipulates the behavior of its whitefly vector to enhance its transmission efficiency and spread. *Plos One* 8:1-10
- Musa PD, Ren S (2005) Development and reproduction of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) on three bean species. *Insect Science* 12:25-30
- Naranjo SE, Legg JP (2010) Biology and ecology of *Bemisia tabaci*. In: Stansly, PA, Naranjo SE (eds) *Bemisia: bionomics and management of a global pest*. Springer, Dordrecht-Heidelberg-London-New York, pp. 105-107
- Navas-Castillo J, Fiallo-Olivé E, Sánchez-Campos S (2011) Emerging virus diseases transmitted by whiteflies. *Annual Review of Phytopathology* 49:219-248.

- Nisbet AJ, Woodford JAF, Strang RHC, Connolly JD (1993) Systemic anti feedant effects of azadiracchtin on the Peach-Potato aphid *Mizus pecica*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 68:87-98
- Oriani MAG de, Lara FM (2000) Oviposition preference of *Bemisia tabaci* (Genn.) biotype B (Homoptera: Aleyrodidae) for bean genotypes containing arcelin in the seeds. *Anais da Sociedade Entomologica do Brasil* 29: 565-572
- Panda N, Khush GS (1995) Host plant resistance to insects. CABI, Wallingford, 431p
- Pereira RRC, Moraes JC, Prado E, Dacosta RR (2010) Resistance inducing agents on the biology and probing behaviour of the greenbug in wheat. *Scientia Agricola* 67:430-434
- Pilon C, Soratto RP, Moreno LA (2013) Effects of soil and foliar application of soluble silicon on mineral nutrition, gas exchange, and growth of potato plants. *Crop Science* 53:1605-1614
- Polston JE, De Barro P, Boykin LM (2014) Transmission specificities of plant viruses with the newly identified species of the *Bemisia tabaci* species complex. *Pest management Science* 70:1547-1552
- Powell G, Hardie J (2002) Xylem ingestion by winged aphids. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 104:103–108
- Prado JC, Peñaflor MFGV, Cia E, Vieira SS, Silva KI, Carlini-Garcia LA, Lourenção AL (2015) Resistance of cotton genotypes with different leaf colour and trichome density to *Bemisia tabaci* biotype B. *Journal of Applied Entomology* 140:405-413
- Pulz AL (2008) Influencia de silicato e calcário na nutrição, produtividade e qualidade de batata sob deficiência hídrica. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 32:1651-1659

- R Core Team (2016) A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. < <https://www.R-project.org/> >
- Rodríguez-López MJ, Garzo E, Bonani JP, Fereres A, Fernández-Muñoz R, Moriones E (2011) Whitefly resistance traits derived from the wild tomato *Solanum pimpinellifolium* affect the preference and feeding behavior of *Bemisia tabaci* and reduce the spread of *Tomato yellow leaf curl virus*. *Phytopathology* 101:1191-1201
- Rodríguez-López MJ, Garzo E, Bonani JP, Fernández-Muñoz R, Moriones E, Fereres A (2012) Acylsucrose-producing tomato plants forces *Bemisia tabaci* to shift its preferred settling and feeding site. *Plos One* 7:1-9
- Silva JPGF, Baldin, ELL, Souza ES, Lourenção AL (2012) Assessing *Bemisia tabaci* (Genn.) biotype B resistance in soybean genotypes: antixenosis and antibiosis. *Chilean Journal of Agricultural Research* 72:516-522
- Silva LD, Omoto C, Bleicher E, Dourado PM (2009). Monitoramento da suscetibilidade a inseticidas em populações de *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) no Brasil. *Neotropical Entomology* 38:116-125
- Simon C, Frati F, Beckenbach A, Crespi B, Liu H, Flook P (1994) Evolution, weighting, and phylogenetic utility of mitochondrial gene-sequences and a compilation of conserved polymerase chain-reaction primers. *Ann Entomol Soc Am* 87:651-701
- Smith CM (2005) Plant resistance to arthropods molecular and conventional approaches. Springer, Dordrecht, The Netherlands, 423p
- Soratto, RP, Crusciol, CAC, Castro GSA, Costa CHMD, Ferrari Neto J (2012) Leaf application of silicic acid to white oat and wheat. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 36:1538-1544

- Spiller NJ, Koenders L, Tjallingii WF (1990) Xylem ingestion by aphids – a strategy for maintaining water balance. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 55:101-104
- Sylvie D, Bonnemain JL, Girousse C, Kehr J (2010) Phloem sap intricacy and interplay with aphid feeding. *Comptes rendus biologiques* 333:504-515
- Thompson WMO (2011) Introduction: whiteflies, geminiviruses and recent events. In: *The Whitefly, Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) Interaction with Geminivirus-Infected Host Plants. Springer Netherlands, p. 1-13
- Tjallingii W.F. (1990) Continuous recording of stylet penetration activities. In: Campbell RK, Eikenbary, R.D (eds) *Aphid-plant genotype interactions*. Elsevier, Amsterdam. pp. 89–99
- Tjallingii WF (1978) Electronic recording of penetration behaviour by aphids. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 24:521-430
- Tjallingii WF (1988) Electrical recording of stylet penetration activities. In: Minks AK, Harrewijn P (eds). *Aphids, their biology, natural enemies and control* pp.95–108
- Tjallingii WF (2006) Salivary secretions by aphids interacting with proteins of phloem wound responses. *Journal of experimental botany* 57:739-745
- Tjallingii WF, Prado E (2001) Analysis of circulative transmission by electrical penetration graphs. In: Harris, K.F.; Smith, O.P.; Duffus, J.E. (eds) *Virus-insect-plant interactions*. Academic Press, London
- Todd JC, Mian MAR, Backus EA, Finer JJ, Redinbaugh MG (2016) Feeding behavior of soybean aphid (Hemiptera: Aphididae) biotype 2 on resistant and susceptible soybean. *J. Econ. Entomol.* 109:426-433
- Toscano NC, Prabhaker N, Castle SJ, Henneberry TJ (2001) Interregional differences in baseline toxicity of *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae) to the two insect

growth regulators, buprofezin and pyriproxyfen. *Journal of Economic Entomology* 94:1538-1546

Valle GE, Lourenção AL (2002) Resistência de genótipos de soja a *Bemisia tabaci* (Genn.) biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae). *Neotropical Entomology* 31:285-295

Valle GE, Lourenção AL, Pinheiro JB (2012) Adult attractiveness and oviposition preference of *Bemisia tabaci* biotype B in soybean genotypes with different trichome density. *Journal of Pest Science* 85:431-442

Vieira SS, Bueno AF, Bueno RCOF, Boff MIC, Gobbi AL (2013) Different timing of whitefly control and soybean yield. *Ciência Rural* 43:247-253

Vieira SS, Bueno AF, Bueno RCOF, Hoffman-Campo CB (2011) Resistance of soybean genotypes to *Bemisia tabaci* (Genn.) biotype B (Hemiptera: Aleyrodidae). *Neotropical Entomology* 40:117-122

Walker GP. (2000). A beginner's guide to electronic monitoring of homopteran probing behavior. In Walker GP, Backus EA. (eds) Principles and applications of electronic monitoring and other techniques in the study of homopteran feeding behavior. Thomas Say Publications in Entomology, Entomological Society of America, Lanham, pp 1–40

Walsh PS, Metzger DA, Higuchi R (1991) Chelex-100 as a medium for simple extraction of DNA for PCR-based typing from forensic material. *Biotechniques* 4:506-513

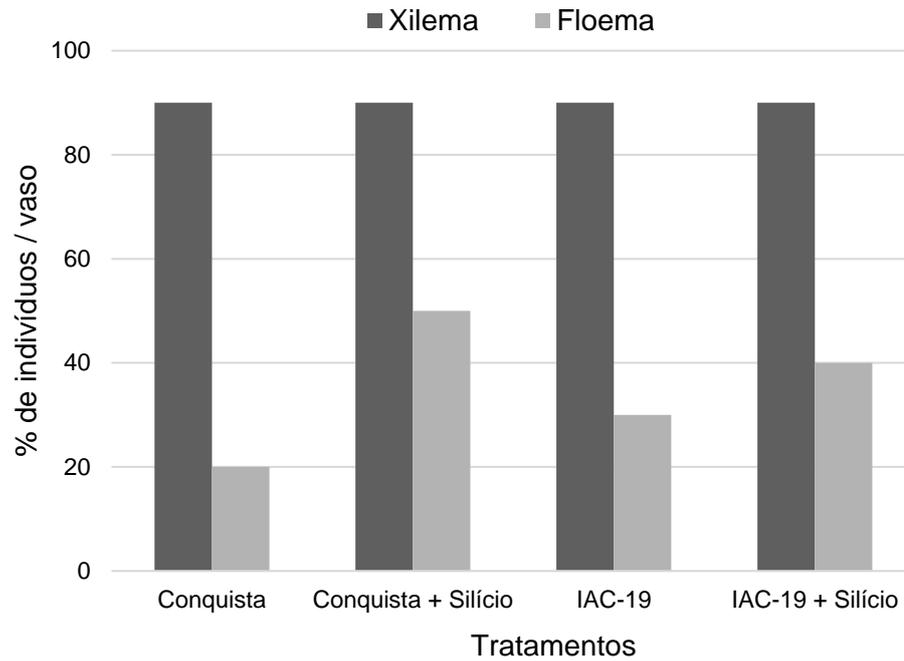
Yin HD, Wang XY, Huang KXCH, Wang RJ, Yan FM, Xu CR (2010) Impacts of transgenic Bt cotton on the stylet penetration behaviors of *Bemisia tabaci* biotype B: Evidence from laboratory experiments. *Insect Science* 17:344-352

Zhu L, Reese JC, Louis J, Campbell L, Chen MS (2011) Electrical penetration graph analysis of the feeding behavior of soybean aphids on soybean cultivars with antibiosis. *Journal of economic entomology* 104:2068-2072

**Tabela 1** Comportamento alimentar (Médias  $\pm$  EP) de *Bemisia tabaci* biótipo B durante 15 horas (900 min.) em duas cultivares de soja com e sem aplicação de silício.

Parâmetros	Tratamentos <sup>a</sup>				GL	P	X <sup>2</sup>
	Conquista	Conquista + Silício	'IAC-19'	'IAC-19' + Silício			
Tempo até a primeira picada <sup>b</sup>	16,40 $\pm$ 5,65 c	61,48 $\pm$ 13,74 ab	53,91 $\pm$ 17,67 b	95,97 $\pm$ 16,84 a	3	0,001	14,98
Tempo até atingir a fase de alimentação <sup>b</sup>	760,01 $\pm$ 32,89 a	552,72 $\pm$ 54,20 b	641,07 $\pm$ 55,90 ab	662,78 $\pm$ 53,07 ab	3	0,007	6,773
Nº queda de potencial	5,88 $\pm$ 2,34 b	28,71 $\pm$ 6,52 a	16,01 $\pm$ 4,50 ab	10,14 $\pm$ 2,90 b	3	0,014	10,552
Nº fases de caminamento	153,70 $\pm$ 15,21 a	98,62 $\pm$ 10,37 b	85,33 $\pm$ 13,71 b	86,83 $\pm$ 16,34 b	3	0,025	4,023
Duração das fases de caminamento <sup>b</sup>	260,74 $\pm$ 33,16 a	285,49 $\pm$ 22,09 a	304,52 $\pm$ 30,76 a	256,27 $\pm$ 10,50 a	3	0,091	6,443
Nº fases no xilema	8,78 $\pm$ 1,95 a	4,22 $\pm$ 1,09 a	4,23 $\pm$ 0,94 a	5,78 $\pm$ 1,91 a	3	0,252	4,022
Duração das fases no xilema <sup>b</sup>	131,07 $\pm$ 25,58 a	117,98 $\pm$ 21,46 ab	66,62 $\pm$ 19,54 bc	59,38 $\pm$ 21,18 c	3	0,033	8,801
Nº fases no floema	9,21 $\pm$ 4,11 a	4,80 $\pm$ 0,86 a	4,02 $\pm$ 2,08 a	4,25 $\pm$ 1,60 a	3	0,521	2,242
Duração das fases no floema <sup>b</sup>	83,58 $\pm$ 1,37 ab	92,27 $\pm$ 16,74 ab	156,02 $\pm$ 19,90 a	64,01 $\pm$ 12,75 b	3	0,009	6,464
Duração das fases sem prova <sup>b</sup>	488,18 $\pm$ 27,80 a	446,02 $\pm$ 27,59 a	434,80 $\pm$ 31,62 a	440,92 $\pm$ 29,33 a	3	0,534	2,223
Nº total de provas	10,78 $\pm$ 1,57 a	6,89 $\pm$ 1,49 ab	4,80 $\pm$ 0,99 b	7,67 $\pm$ 1,67 ab	3	0,042	7,962

<sup>a</sup>Médias seguidas de mesma letra,, dentro da linha, não diferem entre si pelo teste de Kruskal-Wallis (P<0,05). <sup>b</sup> Valores expressos em minutos.



**Fig 1** Porcentagem de adultos de *Bemisia tabaci* biótipo B que atingiram os diferentes vasos condutores em duas cultivares de soja com e sem aplicação de silício.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de genótipos resistentes apresenta-se como importante estratégia a ser inserida em programas de manejo de *Bemisia tabaci* biótipo B na cultura da soja. Características particulares dessa estratégia permitem que seja adotada em conjunto com outras medidas do MIP. Estudos sobre o comportamento alimentar de insetos sugadores por meio de técnicas mais apuradas, como o EPG, auxiliam na caracterização de categorias de resistência das plantas e permitem aprofundar os conhecimentos quanto à interação soja x mosca-branca.

Os resultados obtidos neste estudo comprovaram a antixenose na cultivar IAC-19 (curto período de alimentação em floema). Em PI-227687, material considerado suscetível à colonização da mosca-branca, a elevada densidade de tricomas pode ter sido um fator antixenótico (retardando o início da alimentação do inseto); porém, ao iniciar a penetração estiletar, o inseto conseguiu se alimentar por longos períodos. Embora essa característica (pilosidade) estimule a oviposição e infestação da mosca-branca, em algumas espécies vegetais, o papel dos tricomas em soja ainda merece maiores estudos. A cultivar 'KS-4202' revelou-se adequada à alimentação da mosca-branca, com destaque para as altas médias na fase de xilema (número de fases e duração). Esse comportamento já era esperado, em função da presença de tolerância nesse material. Em UX-2569-159, anteriormente relatado como portador de antibiose, é possível que sua resistência esteja também relacionada à expressão de antixenose (longo período de alimentação na fase floemática) ou que os fatores antibióticos não estejam predominantemente presentes no floema.

Os resultados do presente estudo também apontam o silício como um promissor indutor de resistência visando o manejo de mosca-branca em lavouras de soja. Na cultivar IAC-19, alguns parâmetros de alimentação foram significativamente modificados a partir da aplicação do elemento, indicando a potencialização dos efeitos antixenóticos do silício. Em 'Conquista', na presença de silício, verificou-se significativo atraso no início de alimentação, sugerindo que o nutriente se acumula nos tecidos (matriz de parede celular e dentro de células), criando fatores antixenóticos na epiderme, o que pode interferir na penetração do estilete.

Em trabalhos futuros, sugere-se a realização de análises químicas das plantas após a aplicação do elemento, além do uso de diferentes dosagens e fontes de silício,

visando aprofundar os conhecimentos sobre as possibilidades de uso desse elemento como indutor de resistência para *B. tabaci* biótipo B em soja.

## CONCLUSÕES

- A técnica do EPG é uma importante ferramenta na caracterização de categorias de resistência (constitutiva ou indutiva) de soja frente à mosca-branca;
- Os parâmetros de alimentação da mosca-branca confirmam a expressão de antixenose em 'IAC-19';
- A cultivar 'KS-4202' revelou-se adequado à alimentação de mosca-branca;
- O genótipo UX-2569-159 expressa antixenose ao ataque de mosca-branca;
- A aplicação de silício via foliar em 'IAC-19' acentua fatores antixenóticos contra a alimentação de *B. tabaci* biótipo B;
- A presença de silício em IAC-19 reduz o tempo de alimentação do inseto no floema;
- A aplicação de silício em 'Conquista' interfere no tempo até a primeira picada de prova da mosca-branca;
- Independentemente da adição de silício, para as cultivares avaliadas, existe uma maior prevalência de mosca-branca atingindo o vaso de xilema.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, A.M.R.; PIUGA, F.F.; MARIM, S.R.R.; KITAJIMA, E.W.; GASPAR, J.O.; OLIVEIRA, T.G.; MORAES, T.G. Detection and partial characterization of a *Carlavirus* causing stem necrosis of soybean in Brazil. **Fitopatologia Brasileira**, v.2, p.191-194, 2005.
- APPEL, H. M. Phenolics in ecological interactions: the importance of oxidation. **Journal of Chemical Ecology**, v. 19, p. 1521-1552, 1993.
- BALDIN, E. L. L.; VENDRAMIM, J. D.; LOURENÇÃO, A. L. Resistência de genótipos de tomateiro à mosca-branca *Bemisia tabaci* (Gennadius) biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae). **Neotropical Entomology**, v.34, p.435-441, 2005.
- BERRY, S. D.; FONDONG, V. N.; REY, C. ROGAN, D.; FAUQUET, C. M.; BROWN, J. K. Molecular evidence for five distinct *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) geographic haplotypes associated with cassava plants in Sub Saharan Africa. **Annals of the Entomological Society of America**, v.97, p.852-859, 2004.
- CAMERON, R.; LANG, E. B.; ANNAN, I. B.; PORTILLO, H. E.; ALVAREZ, J. M. Use of fluorescence, a novel technique to determine reduction in *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) nymph feeding when exposed to benevia and other insecticides. **Journal of Economic Entomology**, v.106, p.597-603, 2013.
- CHÉRIF, M.; ASSELIN, A.; BÉLANGER, R. R. Defense responses induced by soluble silicon in cucumber roots infected by *Phytium* spp. **Phytopatology**, v. 84, p. 236-242, 1994.
- CHÉRIF, M.; BENHAMOU, N.; MENZIES, J. G.; BÉLANGER, R. R. Silicon induced resistance in cucumber plants against *Pythium ultimum*. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, v. 41, p. 411-425, 1992a.
- CHÉRIF, M.; MENZIES, J. G.; BENHAMOU, N.; BÉLANGER, R. R. Studies of silicon distribution in wounded and *Pythium ultimum* infected cucumber plants. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, v. 41, p. 371-383. 1992b.
- CONAB, 2016, Brasília. **Perspectivas para a agropecuária**. Brasília: Companhia nacional de abastecimento, 2016. 2 v. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/>>. Acesso em: 18 dezembro 2016.
- CROMPTON, D. S.; ODE, P. J. Feeding behavior analysis of the soybean aphid (Hemiptera: Aphididae) on resistant soybean 'Dowling'. **Journal of Economic Entomology**, v.103, p.648-653, 2010.

CRUSCIOL, C. A. C.; SORATTO, R. P.; CASTRO, G. S. A.; COSTA, C. H. M.; FERRARI NETO, J. Aplicação foliar de ácido silícico estabilizado na soja, feijão e amendoim. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, p. 404-410, 2013.

CRUZ, P. L.; BALDIN, E. L. L.; CASTRO, M. J. P. Characterization of antibiosis to the silverleaf whitefly *Bemisia tabaci* biotype B (Hemiptera: Aleyrodidae) in cowpea entries. **Journal of Pest Science**, v. 87, p. 639-645, 2014.

CRUZ, P. L.; BALDIN, E. L. L.; GUIMARAES, L. R. P.; LIMA, G. P. P.; HENG-MOSS, T.; HUNT, T. E. Tolerance of KS-4202 soybean to the attack of *Bemisia tabaci* biotype B (Hemiptera: Aleyrodidae). **Florida Entomologist**, v. 99, p. 99:1, 2016b.

CRUZ, P. L.; BALDIN, E. L. L. 2016a. Performance of *Bemisia tabaci* Biotype B on Soybean Genotypes. **Neotropical Entomology**, v. 30, p. 1-6, 2016a.

DANGL, J. Plants just say no to pathogens. **Nature**, v. 394, p. 525-527, 1998.

DIAZ-MONTANO, J.; REESE, J. C.; LOUIS, J.; CAMPBELL, L. R.; SCHAPAUGH, W. T. Feeding behavior by the soybean aphid (Hemiptera: Aphididae) on resistant and susceptible soybean genotypes. **Journal of Economic Entomology**, v. 100, p. 984-989, 2007.

DIXON, R. A.; HARRISON, M. J.; LAMB, C. J. Early events in the activation of plant defense responses. **Annual Review of Phytopathology**, v. 32, p. 479-501, 1994.

ELAWAD, S. H.; GREEN JUNIOR, V. E. Silicon and the rice plant environment: a review of recent research. **Revista IL Riso**, v. 28, p. 235-253, 1979.

ENDRES, J. G. **Soy Protein Products**: Characteristics, nutritional aspects, and utilization. AOCS Press, Champaign, IL, 53p., 2001.

EPSTEIN, E. Silicon. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v. 50, p. 641-664, 1999.

EXLEY, C. Silicon in life: a bioinorganic solution to bioorganic essentiality. **Journal of Inorganic Biochemistry**, v. 69, p. 139-144, 1998.

FAO. Production of top 5 producers. 2016. Disponível em: <<http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E>> Acesso em: 17 de dezembro 2016.

FARIA, M.; WRIGHT, S. P. Biological control of *Bemisia tabaci* with fungi. **Crop protection**, v.20, p.767-778, 2001.

FAWER, A.; ABOU-ZAID, M.; MENZIES, J. G.; BÉLANGER, R. R. Siliconmediated accumulation of flavonoid phytoalexins in Cucumber. **Phytopathology**, v. 88, p. 396-401, 1998.

FERERES, A.; COLLAR, J. L. Analysis of circulative transmission by electrical penetration graphs, p.87-109. In HARRIS K. F., SMITH O. P., DUFFUS J. E. (Ed). **Virus-insect-plant interactions**. Academic Press, San Diego, 2001, 500p.

FERRARI NETO, J. **Qualidade física e química do solo em função do sistema de produção e da aplicação superficial de silicato e calcário em experimento de longa duração**. 2016. 184 f. Tese (Doutorado) - Curso de Agronomia (agricultura) - FCA, Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu.

FRANZEN, L. D.; GUTSCHE, A. R.; HENG-MOSS, T. M.; HIGLEY, L. G.; SARATH, G.; BURD, J. D. Physiological and biochemical responses of resistant and susceptible wheat to injury by Russian wheat aphid. **Journal of Economic Entomology**, v.100, p.1692-1703, 2007.

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

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.

GOUSSAIN, M. M. Efeito da aplicação de silício em plantas de milho no desenvolvimento biológico da lagarta-do-cartucho *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). **Neotropical Entomology**, v. 31, p. 305-310, 2002.

GOUSSAIN, M. M.; PRADO, E.; MORAES, J. C. Effect of silicon applied to wheat plants on the biology and probing behaviour of the greenbug *Schizaphis graminum* (Rond.) (Hemiptera: Aphididae). **Neotropical Entomology**, v.34, p. 807–813, 2005.

HENG-MOSS, T. M.; SARATH, G.; BAXENDALE, F. P.; NOVAK, D.; BOSE, S.; NI, X. Characterization of oxidative enzyme changes in buffalograsses challenged by *Blissus occiduus*. **Journal of Economic Entomology**, v.97, p.1086-1095, 2004.

HILJE, L.; COSTA, H. S.; STANSLY, P. A. Cultural practices for managing *Bemisia tabaci* and associated viral diseases. **Crop Protection**, v. 20, p. 801-812, 2001.

INBAR, M.; GERLING, D. Plant-mediated interactions between whiteflies, herbivores, and natural enemies. **Annual Review of Entomology** v.53, p. 431-448, 2008.

JIANG, Y. X.; NOMBELA, G.; MUNIZ, M. Analysis by DC -EPG of the resistance to *Bemisia tabaci* on a Mi-tomato line. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v.99, p. 295-302, 2001.

JONES, D. R. Plant viruses transmitted by whiteflies. **European Journal of Plant Pathology**, v.109, p.195-219, 2003.

KORNDÖRFER, G. H. Análise de silício: solo, planta e fertilizante. **Boletim Técnico**, v.2, 2004.

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

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

LIMA, A. C. S.; LARA, F. M. Resistência de genótipos de soja à mosca branca *Bemisia tabaci* (Genn.) biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae). **Neotropical Entomology**, v.33, p.71 - 75, 2004.

MARTÍN B.; COLLAR J. L.; TJALLINGII W. F.; FERERES A. Intracellular ingestion and salivation by aphids may cause acquisition and inoculation of non-persistently transmitted plant viruses. **Journal of General Virology**, v.78, p.2701–2705, 1997.

MARUBAYASHI, J. M.; YUKI V. A.; WUTKE E. B. Transmissão do *Cowpea mild mottle virus* pela mosca branca *Bemisia tabaci* biótipo B para plantas de feijão e soja. **Summa Phytopathologica**, v.36, p.158-160, 2010.

MCLEAN, D. L.; KINSEY, M. G. A technique for electronically recording aphid feeding and salivation. **Nature**, v. 202, p.1358-1359, 1964.

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.

MORAES, J. C.; GOUSSAIN, M. M.; VILELA, M.; PRADO, E. Comportamento de prova do pulgão-verde *Schizaphis graminum* (Rond.) (Hemiptera: aphididae) em plantas de trigo tratadas com silício e dimetoato. **Bioscience Journal**, 29, p.83-90, 2013

MUSA, P. D.; REN, S. Development and reproduction of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) on three bean species. **Insect Science**, v.12, p.25-30, 2005.

NABLE, R. O.; PAUL, J. G.; CARTWRIGHT, B. Problems associated with the use of foliar analysis for diagnosing boron toxicity in barley. **Plant And Soil**, v. 128, p.225-232, 1990.

NALESSO, R. M. M.; MONTES, S. M. N. M.; RAGA, A. O uso do silício no manejo de pragas. **Documento Técnico**, v. 17, p. 1-13, 2005.

- NARANJO, S. E.; LEGG, J. P. Biology and ecology of *Bemisia tabaci*. In: Stansly, P. A.; Naranjo, S. E (Ed.). ***Bemisia: bionomics and management of a global pest***. Springer, Dordrecht, p.5-107, 2010.
- NAVAS-CASTILLO, J., FIALLO-OLIVÉ, E.; SÁNCHEZ-CAMPOS, S. Emerging virus diseases transmitted by whiteflies. ***Annual Review of Phytopathology***, v.49, p.219-248, 2011.
- NISBET, A. J.; WOODFORD, J. A. T.; STRANG, R. H. C.; CONNOLLY, J. D. Systemic antifeedant effects of azadirachtin on the peachpotato aphid *Myzus persicae*. ***Entomologia Experimentalis et Applicata***, v.68, p.87-98, 1993.
- OLIVEIRA, C. M; AUAD, A. M; MENDES, S. M; FRIZZAS, M. R. Economic impact of exotic insect pests in Brazilian agriculture. ***Journal of Applied Entomology***, v. 137, p. 1-15, 2013.
- OLIVEIRA, M. R. V.; HENNEBERRY, T. J.; ANDERSON, P. History, current status, and collaborative research projects for *Bemisia tabaci*. ***Crop Protection***, v.20, p.709-723, 2001.
- PAINTER, R.H. ***Insect resistance in crop plants***. New York: McMillan, 1951, 520p.
- PANDA N., KHUSH G. S. ***Host plant resistance to insects***. CABI, Wallingford, 1995, 431p.
- POLSTON, J. E.; DE BARRO, P.; BOYKIN, L. M. Transmission specificities of plant viruses with the newly identified species of the *Bemisia tabaci* species complex. ***Pest Management Science***, p.3738, 2014.
- PRADO, E.; TJALLINGII, W. F. Aphid activities during sieve element punctures. ***Entomologia Experimental et Applicata***, v.72, p.157–165, 1994.
- PRADO, R. C. O. Soja é alimento e energia. ***Boletim de Pesquisa de Soja***, Fundação MT, p. 11-14, 2007.
- PULZ, A. L. Influencia de silicato e calcário na nutrição, produtividade e qualidade de batata sob deficiência hídrica. ***Revista Brasileira de Ciência do Solo***, v.32, p.1651-1659, 2008.
- RAIJ, B. ***Fertilidade do solo e adubação***. Piracicaba, ed. Ceres, p.343, 1991.
- RAVEN, J. A. The transport and function of silicon in plants. ***Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society***, v.58, p.179-207, 1983.
- RODRIGUES, N. E. L.; BOIÇA JÚNIOR, A. L.; FARIAS, P. R. S. Antibiose e não preferência para oviposição de *Bemisia tabaci* (Genn.) biótipo B (Homoptera: Aleyrodidae) por cultivares de *Vigna unguiculata* (L.) Walp. ***Arquivos do Instituto Biológico***, v.79, p.25-31, 2012.

SHUN-XIANG, R. E. N., ZHEN-ZHONG, W. A. N. G., BAO-LI, Q. I. U., & YUAN, X. I. A. O. The pest status of *Bemisia tabaci* in China and non-chemical control strategies. **Insect Science**, v.8, p.279-288, 2001.

SILVA, J. P. G. F.; BALDIN, E. L. L.; SOUZA, E. S.; LOURENÇÃO, A. L. Assessing *Bemisia tabaci* (Genn.) biotype B resistance in soybean genotypes: antixenosis and antibiosis. **Chilean Journal of Agricultural Research**, v.72, p.516-522, 2012.

SILVA, M. S. **Resistência de genótipos de batata (*Solanum spp.*) a *Bemisia tabaci* biótipo B**. 2007. 69f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia da Produção Agrícola) – Pós-Graduação – IAC.

SMITH, C. M. **Plant resistance to arthropods**. Dordrecht, the Netherlands: Springer Science & Business, 2005, 423p.

SMITH, C.M.; CLEMENT, S.L. Molecular bases of plant resistance to arthropods. **Annual Review of Entomology**, v.57, p. 309-328, 2012.

TORRES, E.; GARCIA, C. **Realidades y perspectivas del fenómeno de la resistencia inducida de plantas a fitopatógenos**. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Agronomía, Departamento de Sanidad Vegetal. Bogotá, 1996.

SORATTO, R. P.; CRUSCIOL, C. A. C.; CASTRO, G. S. A.; COSTA, C. H. M. D.; FERRARI NETO, J. Leaf application of silicic acid to white oat and wheat. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, p. 1538-1544, 2012.

SOUZA, A. P.; VENDRAMIM, J. D. 2001. Atividade inseticida de extratos aquosos de meliáceas sobre a mosca-branca *Bemisia tabaci* (Genn.) biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae). **Neotropical Entomology** 30: 133-137.

STEIN, B. D.; KLOMPARENS, K. L.; HAMMERSCHMIDT, R. Histochemistry and ultrastructure of the induced resistance of cucumber plants of *Colletotrichum lagenarium*. **Journal of Phytopathology**, v. 137, p. 177-188, 1993.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2004. p. 309-334.

TJALLINGII, W. F. Electronic recording of penetration behaviour by aphids. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v.24, p.521-430, 1978.

TJALLINGII, W. F. Electrical recording of stylet penetration activities. In: MINKS, A. K.; HARREWIJN, P. (Ed). **Aphids, their biology, natural enemies and control**, v.2B, p.95–108, 1988.

TJALLINGII, W. F.; PRADO, E. Analysis of circulative transmission by electrical penetration graphs. In: Harris, K.F.; Smith, O.P.; Duffus, J.E. (Ed). **Virus-insect-plant interactions**. Academic Press, London, 2001.

TODD, J. C.; MIAN, M. A. R.; BACKUS, E. A.; FINER, J. J.; REDINBAUGH, M. G. Feeding behavior of soybean aphid (Hemiptera: Aphididae) biotype 2 on resistant and susceptible soybean. **Journal Economic Entomology**, v.109, p.426-433, 2016.

TODD, G. W.; GETAHUN, A.; CRESS, D. C. Resistance in barley to the greenbug, *Schizaphis graminum*. 1. Toxicity of phenolic and flavonoid compounds and related substances. **Annals of Entomological Society of America**, v. 64, p. 718-722, 1971.

TORRES, E.; GARCIA, C. **Realidades y perspectivas del fenómeno de la resistencia inducida de plantas a fitopatógenos**. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, 1996, 16p.

TORRES, L. C.; SOUZA, B.; LOURENÇÃO, A. L.; COSTA, M. B.; AMARAL, B. B.; CARBONELL, S. A. M.; CHIORATO, A. F.; TANQUE, R. L. Resistência de genótipos de feijoeiro a *Bemisia tabaci* biótipo B. **Bragantia**, v.71, p. 346-354, 2012.

VALLE G. E; LOURENÇÃO A. L. Resistência de genótipos de soja a *Bemisia tabaci* biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae). **Neotropical Entomology**, v.31, p.285-295, 2002.

van HELDEN, M.; TJALLINGII, W.F. Tissue localisation of lettuce resistance to the aphid, *Nasonovia ribisnigri*, using electrical penetration graphs. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v.68, p.269-278. 1993.

VIEIRA, S. S.; BUENO, A. F.; BUENO, R. C. O. F.; HOFFMAN-CAMPO, C. B. Resistance of soybean genotypes to *Bemisia tabaci* (Genn.) biotype B (Hemiptera: Aleyrodidae). **Neotropical Entomology**, v.40, p.117-122, 2011.

WALKER, G. P. A beginner's guide to electronic monitoring of homopteran probing behaviour. In: WALKER, G. P.; BACKUS, E. A. (Ed). **Principles and Applications of Electronic Monitoring and Other Techniques in the Study of Homopteran Feeding Behavior**, Lanham: Thomas Say Publications in Entomology, Entomological Society of America, 2000. p. 14-40.

ZHU, L.; REESE, J. C.; LOUIS, J.; CAMPBELL, L.; CHEN, M. S. Electrical penetration graph analysis of the feeding behavior of soybean aphids on soybean cultivars with antibiosis. **Journal of economic entomology**, v.104, p.2068-2072, 2011.