UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA
CAMPUS RIO PARANAÍBA

RAFAELA MONTAGNA TERENCIANO

RESISTÊNCIA DE ACESSOS DE *Solanum* spp. A *Tetranychus urticae* KOCH 1836 (ACARI: TETRANYCHIDAE)

RIO PARANAÍBA - MINAS GERAIS
2020

RAFAELA MONTAGNA TERENCIANO

RESISTÊNCIA DE ACESSOS DE *Solanum* spp. A *Tetranychus urticae* KOCH 1836 (ACARI: TETRANYCHIDAE)

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação do Mestrado em Agronomia (Produção Vegetal), para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientadora: Maria Elisa de Sena Fernandes

RIO PARANAÍBA – MINAS GERAIS

2020

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade Federal de Viçosa - Campus Rio Paranaíba

T

T316r
2020

Terenciano, Rafaela Montagna, 1993-
Resistência de acessos de *Solanum* spp. a *Tetranychus urticae* Koch 1836 (Acari:Tetranychidae) / Rafaela Montagna Terenciano. - Rio Paranaíba, MG, 2020.
29 f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador: Maria Elisa de Sena Fernandes.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
Inclui bibliografia.

1. Antibiose. 2. Antixenose. 3. Cristais. 4. Idioblastos. 5. Tomate. I. Universidade Federal de Viçosa. Instituto de ciências agrárias - IAP. Mestrado em Agronomia (Produção Vegetal). II. Título.

635.642

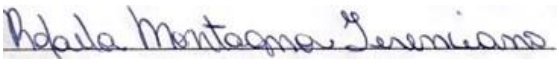
RAFAELA MONTAGNA TERENCIANO

RESISTÊNCIA DE ACESSOS DE Solanum spp. A Tetranychus urticae KOCH 1836 (ACARI: TETRANYCHIDAE)

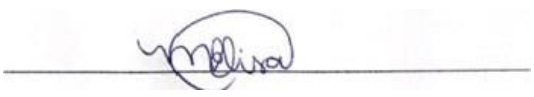
Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação do Mestrado em Agronomia (Produção Vegetal), para obtenção do título de Magister Scientiae.

APROVADA: 01 de outubro de 2020.

Assentimento:



Rafaela Montagna Terenciano
Autora



Maria Elisa de Sena Fernandes
Orientadora

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus primeiramente, por ser a base das minhas conquistas e ter me possibilitado estar estudando na Universidade Federal de Viçosa.

Aos meus pais Cristina e Valdir e irmão Igor, pelo apoio incondicional, incentivo e companheirismo em todas as fases da minha vida.

Ao Caio, meu namorado e companheiro de todas as horas, pelo amor, dedicação e paciência em todos os momentos.

Ao meu amigo e companheiro de mestrado Thyago, por esses dois anos de convívio, amizade e ajuda.

A minha orientadora Maria Elisa e meu coorientador Flávio, por todos os ensinamentos, dedicação e paciência.

Aos professores que me ajudaram, Jaqueline nas análises anatômicas, Geraldo nas análises químicas, Pedro e Eder nas análises estatísticas.

Aos os técnicos e estagiários dos laboratórios de química e anatomia pela disponibilidade e apoio.

Aos estagiários do Grupo de Produção de Hortaliças (GPH) por toda a ajuda com os experimentos e análises.

E a banca examinadora, Professora Cristina, Professora Jaqueline e Professor Flávio pelas críticas construtivas.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

RESUMO

TERENCIANO, Rafaela Montagna, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, outubro de 2020. **Resistência de acessos de *solanum* spp. a *Tetranychus urticae* Koch 1836 (Acari: Tetranychidae)**. Orientadora: Maria Elisa de Sena Fernandes.

A obtenção de plantas resistentes a pragas tem sido foco de pesquisas para auxiliar no manejo integrado em cultivos agrícolas no mundo. Plantas resistentes se defendem dos artrópodes pragas compensando o ataque (tolerância), intoxicando e afetando as características biológicas destes (antibiose) e/ou não sendo preferida para alimentação, oviposição e abrigo (antixenose). O tomateiro é suscetível a diversas pragas, e *Tetranychus urticae* tem causados perdas severas em tomateiro em diversas regiões, reduzindo a produtividade e aumentando os custos de controle. Uma alternativa seria localizar acessos de tomateiro com resistência à esta praga e aumentar a autodefesa da planta. Assim o objetivo deste trabalho foi selecionar acessos de tomateiro do Banco de Germoplasma de Hortaliças da Universidade Federal de Viçosa (BGH-UFV) resistentes a *T. urticae.* Foram realizados bioensaios com e sem chance de escolha. Para o bioensaio com chance de escolha foram testados 64 genótipos sendo 62 acessos do BGH-UFV, além das duas testemunhas, isto é, 'Santa Clara' (padrão de suscetibilidade) e PI134417 (Padrão de resistência), com quatro repetições. Para o bioensaio sem chance de escolha foram testados seis tratamentos, sendo quatro acessos do BGH-UFV selecionados no bioensaio com chance de escolha mais o padrão de suscetibilidade e resistência, com oito repetições. No teste com chance de escolha foi avaliado o número de adultos presentes nos folíolos 2 e 6 h após a liberação e depois foi calculado o índice de não-preferência por adultos (INPA). No teste sem chance de escolha foi avaliada a sobrevivência das fêmeas e oviposição. As causas avaliadas foram anatômicas, espessura da lâmina foliar e número de idioblastos com cristais de oxalato de cálcio e as causas químicas foram a presença de 2-tridecanona e zingibereno. O tratamento PI134417 foi resistente a *T. urticae* tanto nos testes com e sem chance de escolha. Os quatro acessos BGH-327, 813, 2119 e 2123 apresentaram resistência variável nos testes com chance de escolha, não diferindo, entretanto, entre si nos testes sem chance de escolha. Os tratamentos apresentaram diversidade genética, e 'Santa Clara' e PI127826 foram os que apresentaram a maior divergência genética. As causas que apresentaram maior relação com a sobrevivência de

fêmeas de *T. urticae* foram o número de idioblastos com cristais de oxalato de cálcio e os níveis de 2-tridecanona e de zingibereno.

Palavras-chave: Antibiose. Antixenose. Cristais. Idioblastos. Tomate. Melhoramento genético. *Solanum lycopersicum*.

ABSTRACT

TERENCIANO, Rafaela Montagna, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, October, 2020. ***Solanum* spp. accessions resistant to *Tetranychus urticae* Koch 1836 (Acari: Tetranychidae)**. Adviser: Maria Elisa de Sena Fernandes.

Obtaining pest-resistant plants has been the focus of research to assist in integrated management of agricultural crops worldwide. Resistant plants defend themselves against arthropod pests, compensating for the attack (tolerance), intoxicating and affecting their biological characteristics (antibiosis) and / or not being preferred for food, oviposition and shelter (antixenosis). Tomatoes are susceptible to several pests, and *Tetranychus urticae* has caused severe tomato losses in several regions, reducing productivity and increasing control costs. An alternative would be to locate tomato accessions resistant to this pest and increase the plant's self-defense. Thus, the aim of this research was to select tomato accessions from the Germplasm Bank of Vegetables of the Federal University of Viçosa (BGH-UFV) resistant to *T. urticae*. Bioassays were carried out with and without a choice. For the bioassay with a choice, 64 genotypes were tested, with 62 accessions from BGH-UFV, in addition to the two control, that are, 'Santa Clara' (susceptibility pattern) and PI134417 (Resistance pattern), with four replicates. For the bioassay without a chance to choose, six treatments were tested, with four accessions of BGH-UFV selected in the bioassay with a chance to choose plus the susceptibility and resistance pattern, with eight replications. In the test with chance of choice, the number of adults present in the leaflets 2 and 6 h after release was evaluated and then the index of non-preference for adults (NPFA) was calculated. In the test with no chance of choice, female survival and oviposition were evaluated. The causes evaluated were anatomical, leaf blade thickness and number of idioblasts with calcium oxalate crystals and the chemical causes were the presence of 2-tridecanone and zingiberene. The PI134417 treatment was resistant to *T. urticae* in both tests with and without a choice. The four accessions BGH-327, 813, 2119 and 2123 showed variable resistance in the tests with chance of choice, however, not differing from each other in the tests without chance of choice. The treatments showed genetic diversity, and ‘Santa Clara’ and PI127826 were the ones that showed the greatest genetic divergence. The causes that showed a greater

relationship with the survival of *T. urticae* females were the number of idioblasts with calcium oxalate crystals and the levels of 2-tridecanone and zingiberene.

Keywords: Antibiosis. Antixenosis. Crystals. Idioblasts. Tomato. Genetic breeding. *Solanum lycopersicum*.

SUMÁRIO

1. Introdução 9

2. Material e métodos 11

2.1. Obtenção de *T. urticae* 11

2.2. Obtenção das plantas 11

2.3. Antixenose 12

2.4. Antibiose 13

2.5. Causas da resistência 13

2.5.1. Anatômica 13

2.5.2. Identificação e quantificação de compostos químicos 14

2.5.2.1. Zingibereno e 2-tridecanona 14

3. Análises estatísticas 15

4. Resultados 16

4.1. Antixenose 16

4.2. Antibiose 18

4.3. Causas da resistência 19

5. Discussão 23

6. Conclusão 25

7. Referências 25

1. Introdução

A obtenção de plantas resistentes a pragas tem sido foco de pesquisas para auxiliar no manejo integrado em cultivos agrícolas no mundo (Mymko e Avila-Sakar, 2019; van Haperen et al. 2019; Heidari et al. 2020). Isto porque, plantas resistentes suportam mais o ataque destas pragas e têm maior capacidade de se recuperarem das injúrias e danos ao longo do ciclo de vida (Smith e Clement, 2012). As plantas se defendem dos artrópodes pragas compensando o ataque (tolerância), intoxicando e afetando as características biológicas destes (antibiose) e/ou não sendo preferida para alimentação, oviposição e abrigo (antixenose) (Panda e Krush, 1995; Smith e Clement, 2012). As resistências por antixenose e antibiose têm sido amplamente estudadas com as principais ordens de artrópodes-praga na agricultura (lepidópteros, coleópteros e dípteros), com ênfase na detecção das causas químicas e anatômicas da planta (Rioja et al. 2017; Zeist et al. 2018; Villard et al. 2019).

A defesa anatômica da planta, compreende as barreiras físicas que reduzem o ataque do artrópode praga (Mitchell et al. 2016). A espessura da lâmina foliar e a presença de cristais nas células podem reduzir a herbivoria dos artrópodes fitófagos e proporcionar redução da sua população (Nakata, 2012; War et al. 2012; Rioja el al. 2017). Uma maior espessura foliar, forma um obstáculo à penetração do aparelho bucal da praga na epiderme foliar, levando a uma redução na alimentação (War et al. 2012; Lobregat et al. 2018). Assim, a praga se alimenta menos e reduz a sua performance ou morre (Bensoussan et al. 2016; Rioja et al. 2017). Além disso, as células vegetais podem conter cristais de oxalato de cálcio em seu vacúolo, e, na maioria das vezes, eles estão relacionados à proteção contra a herbivoria. As células que contém os cristais são denominadas de idioblastos e eles podem estar presentes em várias formas, como drusas, ráfides, estiloides, prismas e cristais de areia (Horner e Wagner 1980; Nakata 2012; Truffault et al. 2017). Os cristais de oxalato de cálcio nestas células impedem o fechamento da mandíbula durante a alimentação dos artrópodes (Gish et al. 2016). Lagartas de *Spodoptera exigua* Hubner 1808 (Lepidoptera: Noctuidae) apresentaram desgaste na mandíbula quando alimentadas com folhas de *Medicago truncatula* L. (Fabales: Fabaceae) que continham cristais de oxalato de cálcio (Korth et al. 2006), o que diminuiu a conversão da planta em biomassa do inseto durante a digestão.

Além da defesa anatômica, as plantas se defendem por meio de substâncias químicas provindas principalmente do metabolismo secundário (Zeist et al. 2018). Os compostos do metabolismo secundário podem afetar o comportamento, serem tóxicos, reduzir ou acelerar

o ciclo de vida, a fecundidade ou causar a morte de artrópodes praga (Silva et al. 2017). O zingibereno e a 2-tridecanona são exemplos de compostos presentes em tomateiros silvestres *Solanum habrochaites* var. *hirsutum* e *S. habrochaites* var. *glabratum*, respectivamente (Zeist et al. 2018). Com o avanço dos métodos de melhoramento visando uma maior qualidade dos frutos e altas produtividades do tomateiro, houve redução na concentração desses compostos nos tomateiros cultivados (Bleeker et al. 2012; Zsögön et al. 2018). A redução dos compostos químicos nos tomateiros proporcionou maior suscetibilidade às pragas, como os ácaros (Bleeker et al. 2012; Carrilho et al. 2020).

O ácaro-rajado *Tetranychus urticae* Koch 1836 (Acari: Tetranychidae) é uma praga agressiva em tomateiro (*S. lycopersicum*) (Jonckheere et al. 2016; Lucini et al. 2016; Zanin et al. 2018), está distribuída em diversas regiões do mundo, infestando mais de 1.100 espécies de plantas hospedeiras (Rioja et al. 2017). *T. urticae* completa seu desenvolvimento de ovo a adulto em 7 a 12 dias. Durante a fase imatura passa pelos estágios de larva, protoninfa, deutoninfa e adulto (Nawar, 2019). A oviposição ocorre nas duas faces foliares e para se alimentar, os ácaros extraem o conteúdo de células individuais, matando as células e reduzindo a taxa fotossintética e o vigor da planta (Bensoussan et al. 2016; Rioja et al. 2017), podendo reduzir a produtividade em até 90% (Rakha et al. 2017; Wakgari e Yigezu, 2018).

O controle desta praga é realizado por acaricidas específicos (Gouveia et al. 2018; MAPA, 2020). Em geral, as aplicações destes acaricidas são realizadas no final do ciclo da cultura, período que coincide com a época da colheita, que é realizada de duas a três vezes por semana. Isso se torna um problema, porque o intervalo de segurança dos acaricidas registrados para esta praga varia de 3 a 7 dias (MAPA, 2020), sendo incompatível com o período de colheita (Gouveia et al. 2018; Maciel et al. 2018). Uma alternativa seria localizar acessos de tomateiro com resistência à esta praga e aumentar a autodefesa da planta (Zeist et al. 2018) para reduzir a população de *T. urticae*. Estes acessos estão presentes em bancos de germoplasma de hortaliças.

Os bancos de germoplasma de tomateiros podem ser fontes de alta variabilidade genética e podem ser encontrados em vários países, como China, Estados Unidos, Reino Unido e Brasil (Jin et al. 2019). Esses bancos são utilizados com maior frequência em estudos objetivando a melhoria das características agronômicas do tomateiro, como grau brix, produtividade e qualidade nutricional, resistência a nematoides e patógenos (Laurindo et al. 2018). O Brasil possui vários bancos de germoplasma com acessos de tomateiros para

serem utilizados em programas de melhoramento visando a resistência a pragas (Araújo et al. 2017; Alves et al. 2017; Maciel et al. 2020). Assim o objetivo foi selecionar novos acessos de tomateiro do banco de germoplasma de hortaliças da Universidade Federal de Viçosa (BGH-UFV) resistentes a *T. urticae.*

2. Material e métodos

2.1. Obtenção de *T. urticae*

A população de *T. urticae* foi obtida a partir de coletas de folhas de tomateiros do cultivar Santini coletadas em lavouras da região do Alto Paranaíba, quando as plantas estavam em fase reprodutiva e se apresentavam infestadas com ovos, larvas, ninfas e adultos. As folhas foram coletadas aleatoriamente na planta, colocadas em sacos plásticos e transportadas para o laboratório. No laboratório, as folhas infestadas foram batidas no interior de uma bandeja plástica branca (30 x 20 cm) e os ácaros presentes na bandeja foram coletados com auxílio de um pincel fino (Keramik 311 02) e transferidos para plantas de feijoeiro *Phaseolus vulgaris* L. (Fabales: Fabaceae). As plantas foram mantidas em gaiolas de criação (50 x 50 x 50 cm), revestidas com tela antiafídeo em condição de casa-de-vegetação. As plantas de feijão foram irrigadas uma vez ao dia e substituídas por novas plantas de feijoeiro a cada 10 dias. A transferência dos ácaros para as plantas novas foi feita com auxílio de pincel (Rakha et al. 2017).

2.2. Obtenção das plantas

Sementes de 62 acessos do Banco de Germoplasma de Hortaliças da Universidade Federal de Viçosa (BGH-UFV), além das testemunhas‘Santa Clara’ (padrão de suscetibilidade a *T. urticae*) e PI134417 de *S. habrochaites* (Padrão de resistência a *T. urticae*) (Maluf et al. 1997) foram utilizadas para obtenção das plantas. Para tanto, foram semeadas três sementes por células, em bandejas de isopor de 128 células contendo substrato (Maxfertil®). Após a germinação, foi feito o desbaste das mudas e aos 30 dias após a semeadura, foram transplantadas para vasos plásticos de 5,5 L contendo terriço de barranco + esterco de boi curtido (2:1). Os vasos foram espaçados de 20 cm no interior na casa-de-vegetação (10 x 5 m). As plantas foram conduzidas com uma haste e tutoradas verticalmente

com bambu. A irrigação, a adubação (3,14 g de NPK 4-14-8 por vaso) e os tratos culturais foram realizados de acordo com Almeida et al. (2017) e não foram utilizados produtos fitossanitários.

Tabela 1. Origem dos acessos de *Solanum* spp. do banco de germoplasma de hortaliças da Universidade Federal de Viçosa (BGH-UFV) que foram testados para resistência a *Tetranychus. urticae*.

Acessos de tomateiro	Origem
Estados Unidos	
BGHs: 2014, 2017, 2018, 2020, 2021, 2025, 2027,2032, 2034, 2038, 2039, 2040, 2041, 2049, 2054, 2062, 2065, 2071, 2083, 2095, 2112, 2113, 2116, 2119, 2123, 2124, 2127, 2128 e 2129	Universidade de Purdue
Brasil	
BGH-83	Feira de Santana (Bahia)
BGH-168	Maceió (Alagoas)
BGHs: 224 e 225	Alagoinha (Bahia)
BGH-327	Estiva (Goiás)
BGHs: 603 e 606	Barbacena (Minas Gerais)
BGH-773	Porto Simão (Mato Grosso)
BGH-813	Cuiabá (Mato Grosso)
BGHs: 970, 971, 978, 981, 984, 985, 989, 993, 994 e 996	Campinas (São Paulo)
BGH-1019	Belo Horizonte (Minas Gerais)
BGH-1254	Goiânia (Goiás)
BGH-1258	São Gonçalo (Mato Grosso)
BGHs: 1490, 1498 e 1706	São Paulo (São Paulo)

2.3. Testes com chance de escolha

Foram utilizados 64 tratamentos que consistiram em 62 acessos do BGH-UFV, o padrão de suscetibilidade ‘Santa Clara’ e o padrão de resistência PI134417 (Tabela 1). Para tanto, foi confeccionada uma arena circular de isopor (50 cm de diâmetro) recoberta com papel branco, para melhor visualização do ácaro. Em seguida, um folíolo foi retirado do terço superior de uma folha completamente desenvolvida de cada um dos 64 tratamentos, e disposto ao redor da arena, com a parte abaxial voltada para cima. Estes folíolos foram

espaçados um dos outros em 3 mm. Em seguida foram liberados 3 mil ácaros adultos no centro da arena. Duas e seis horas após a liberação dos ácaros foi contabilizado o número de ácaros por folíolo. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com quatro repetições. O índice de não-preferência de adultos (INPA) foi calculado pela fórmula proposta por Fenemore (1980) (equação 1).

$$\text{INPA} = \frac{A - B}{A + B} x100 \qquad (1)$$

Em que, A= número de adultos do ácaro no acesso de tomateiro a ser comparado com 'Santa Clara', B= número de adultos do ácaro em 'Santa Clara' (padrão de suscetibilidade). O INPA varia de +100 a -100, sendo que valores positivos significam que os tratamentos foram preferidos e negativos significam que não foram preferidos por adultos de *T. urticae*.

2.4. Ensaios sem chance de escolha

Os acessos menos preferidos pelos ácaros no bioensaio com chance de escolha, além de 'Santa Clara' e PI134417 foram selecionados para o bioensaio sem chance de escolha. Assim, uma folha completamente desenvolvida foi retirada do terço superior de cada planta (tratamento) aos 90 dias após a semeadura. Círculos 2 cm de diâmetro de oito folíolos de cada tratamento foram retirados do meio da folha e colocados com a parte abaxial voltada para cima sobre algodão umedecido em uma placa de Petri (15 cm de diâmetro x 1,0 cm de altura). Em seguida, uma fêmea com 10 dias de idade de *T. urticae* foi liberada sobre cada círculo e diariamente foi avaliado o número de ovos e tempo de sobrevivência das fêmeas em dias. As fêmeas foram transferidas cuidadosamente para novos folíolos a cada três dias. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com oito repetições, cada repetição consistindo em um folíolo com uma fêmea de 10 dias de idade.

2.5. Causas da resistência

2.5.1. Anatomia Foliar

Para as análises anatômicas utilizaram-se como tratamento, os acessos menos preferidos pelos ácaros, selecionados no ensaio de antixenose, além da 'Santa Clara' e o PI134417. Uma folha completamente expandida foi retirada do terço superior de cada

tratamento aos 90 dias após semeadura. Foram realizados cortes da região mediana do limbo de cinco folíolos retirados do meio da folha. Os cinco cortes de cada tratamento foram fixados em $FAA_{50\%}$ (Formaldeído, ácido acético e álcool 50%), desidratados em série etílica crescente (álcool 60, 70, 85 e 95%) e incluídos em historesina Leica. Foram realizados cortes transversais de 7 µm de espessura em micrótomo rotativo (Leica RM 2255) de avanço automático, corados em azul de toluidina e as lâminas montadas em Permount. Em seguida, as lâminas foram fotografadas em fotomicroscópio Olympus BX41, com câmera digital Olympus Q-color 3 acoplada. Para as avaliações micromorfométricas foliares, das espessuras da epiderme da face abaxial, epiderme da face adaxial, parênquima paliçádico, parênquima lacunoso e espessura total do limbo foram selecionados três campos de cada corte (aumento de 20X), e de cada corte, foram realizadas três medidas, em micrômetros, totalizando nove medidas por folha. Todas as medições anatômicas foram realizadas no software Anati Quanti (Aguiar et al. 2007). Foram realizadas cinco repetições, cada repetição foi um corte transversal de folíolo de cada tratamento.

Para a identificação e quantificação dos idioblastos com cristais de oxalato de cálcio foram selecionados três campos de cada corte (aumento de 20X). A quantificação foi feita visualmente com o auxílio do microscópio Olympus CX41. Foram realizadas cinco repetições, cada repetição foi um corte transversal de folíolo.

2.5.2. Identificação e quantificação de compostos químicos

2.5.2.1. Zingibereno e 2-tridecanona

O zingibereno foi identificado e quantificado pelo método de Freitas et al. (2002). Neste método, uma folha completamente expandida foi retirada do terço superior de cada planta (tratamento) aos 90 dias após a semeadura. Círculos de 1 cm de diâmetro de dez folíolos de cada tratamento foram retirados do meio da folha e colocados em tubos de ensaio com 2 mL de hexano e agitados em Votex Multifuncional por 30 segundos. Em seguida, os discos foram removidos dos tubos de ensaio com uma vareta de vidro e os extratos foram submetidos à leitura de absorbância em aparelho espectrofotômetro (Evolution 300 UV-Visible) em comprimento de onda de 270 nm. Para ajuste da absorbância zero foram utilizadas amostras de hexano. O delineamento foi em blocos casualisados com 10 repetições, as repetições foram os discos de 1 cm de diâmetro.

A 2- tridecanona foi identificada e quantificada pelo método descrito por Eigenbrode e Trumble (1993), com adaptações, utilizando o padrão (Sigma, Brasil). Os tratamentos foram os acessos selecionados no bioensaio com chance de escolha, além de 'Santa Clara' e de PI134417, sendo realizadas três repetições. Os folíolos utilizados para extração foram retirados do terço superior da planta, sendo utilizada uma folha completamente expandida, obtida de plantas com 90 dias de idade. Foram usados aproximadamente 30 cm^2 de folíolos, cuja área foliar foi medida com auxílio de medidor de área foliar LICOR® 3100 (Licor, NE). Os folíolos foram pesados em balança eletrônica Sartorius® com precisão de 0,0001 g (Pereira et al. 2000) e, logo após, imersos em 10 mL de hexano grau HPLC. Os folíolos imersos em hexano foram mantidos em agitação por 90 minutos, e em seguida, a solução foi submetida à filtragem em filtro Whatmann n° 4, sendo o filtrado recuperado em 10 mL de hexano. A análise foi realizada em cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (CG-EM) e integrador modelo QP2010 (Shimadzu). O tipo de injeção empregada foi *splitless*, em coluna capilar de sílica fundida (30 m de comprimento e 0,25 mm de diâmetro) com fase estacionária Rtx-5MS (0,25 µm de espessura de filme). O gás hélio foi o carreador com fluxo de 1,0 mL min^{-1}. A temperatura do injetor foi de 220 ºC. A programação do aumento de temperatura foi de 80 ºC por 3 min, e em seguida, aumento de 10 ºC por minuto até atingir a temperatura de 140 ºC, e de 15 ºC por minuto até a atingir temperatura máxima de 280 ºC. Os espectros de massas foram obtidos por impacto de elétrons a 70 eV, com varredura de 29 a 400 (m/z). A identificação dos compostos foi realizada por comparação dos espectros de massas existentes na biblioteca NIST, interpretação visual dos espectros de massas e com padrão externo de 2-tridecanona com 99% de pureza (Sigma-Aldrich®). O delineamento foi inteiramente casualizado com três repetições, as repetições foram os 30 cm² de folíolo.

3. Análises estatísticas

Os dados obtidos nos bioensaios com e sem chance de escolha e as medidas anatômicas foliares foram submetidos aos testes de normalidade dos erros e homogeneidade das variâncias, e se atendidos, realizou-se análise de variância e teste de agrupamento de Scott-Knott a $P<0,05$. Se não atendido, foram submetidos ao teste não paramétrico de Kruskal-Wallis a $P<0,05$. O índice de não-preferência por adultos (INPA) para cada tratamento foi comparado pela intercessão do intervalo de confiança a 95% com 'Santa

Clara'. Para a análise de sobrevivência aplicou-se o método de Kaplan e Meier para confecção das curvas e o teste log-rank para verificar diferenças entre as curvas usando o PROC Life test (SAS Institute, 2012).

Para estudar a relação entre as medidas anatômicas dos folíolos e o tempo de sobrevivência das fêmeas realizou-se análise de correlação de Pearson a $P<0,05$ utilizando o PROC CORR (SAS Institute, 2012). Para verificar o efeito dos idioblastos com cristais de oxalato de cálcio por folíolo sobre o tempo de sobrevivência de fêmeas (dias) e o número de ovos de *T. urticae* por folíolo realizou-se uma regressão não linear exponencial com queda. O teor de zingibereno e o número de idioblastos com cristais de oxalato de cálcio por folíolo foram avaliados através do teste de Kruskal-Wallis ($P<0,05$) e em seguida foi realizado o teste de comparação múltipla por ranks ($P<0,05$) pelo Software R i386 3.5.1.

4. Resultados

4.1. Testes com chance de escolha

Duas horas após a liberação de *T. urticae* o acesso selecionado com maior índice de não-preferência foi o BGH-813 (Figura 1). E com seis horas após a liberação os acessos selecionados com o maior índice de não preferência foram BGHs-813, 2123, 2119 e 327 (Figura 1).

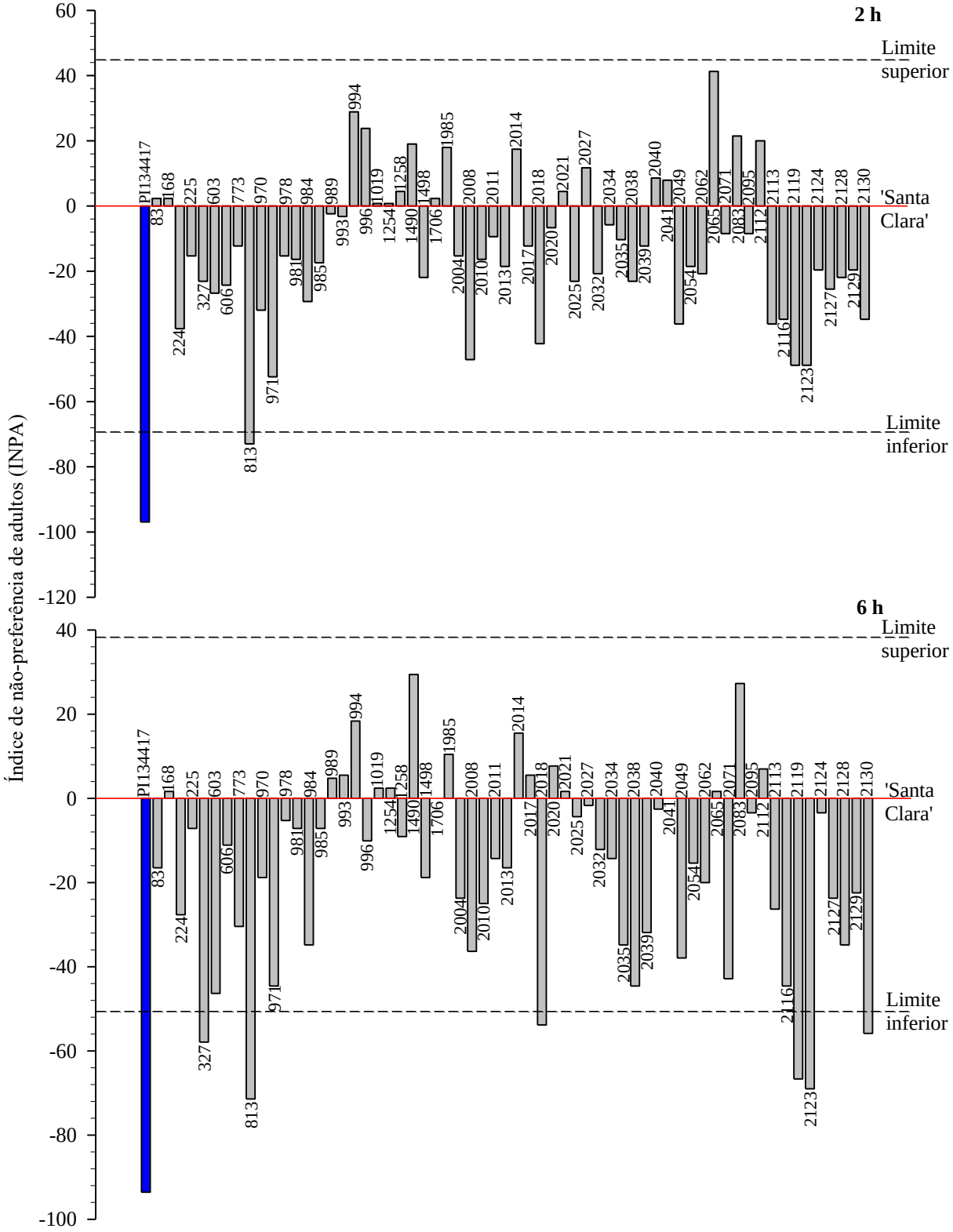


Figura 1. Índice de não-preferência por adultos (INPA) nos tratamentos, duas e seis horas após a liberação de fêmeas de *T. urticae*. Linha vermelha contínua no interior da figura significa o controle ‘Santa Clara’ e linhas pretas tracejadas o limite superior e inferior do intervalo de confiança a 95%.

4.2. Teste sem chance de escolha

As curvas de sobrevivência de *T. urticae*, apresentaram diferença significativa entre os tratamentos (log-rank, $P<0,001$). *T. urticae* alimentados com folhas do padrão de resistência PI134417 morreram em menos de um dia (Figura 2). Ao contrário, quando alimentados com o padrão de suscetibilidade 'Santa Clara', sobreviveram por até 26 dias. Enquanto aos 12 dias não havia sobrevivência em nenhum dos demais tratamentos, em 'Santa Clara' a sobrevivência foi de 40%. Entre os acessos do BGH-UFV selecionados pelo bioensaio com chance de escolha (BGHs- 2119, 813, 2123 e 327) houve sobrevivência até os nove, 10, 10 e 11 dias, respectivamente, não diferindo estatisticamente entre si (Figura 2).

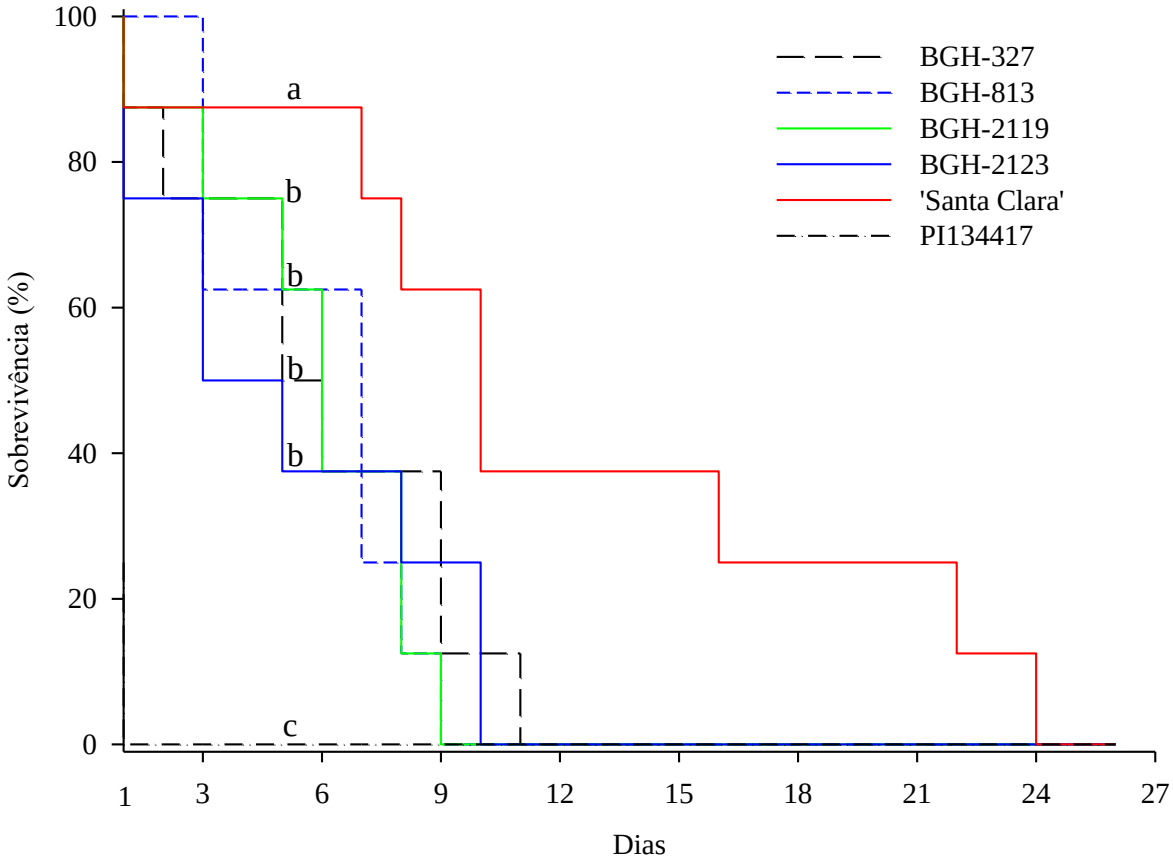


Figura 2. Curvas de sobrevivência para *T. urticae* alimentados com folíolos de cada tratamento, estimadas pelo método de Kaplan–Meier. Letras iguais em cada curva não diferem estatisticamente entre si pelo teste de log-rank ($P<0,05$).

4.3. Causas da resistência

A micromorfometria foliar (μm) dos tratamentos apresentou diferença para espessura da epiderme da face adaxial ($F_{(29,24)}$=5,33; p=0,002), parênquima paliçádico ($F_{(29,24)}$=3,55; p=0,015), parênquima lacunoso ($F_{(29,24)}$=2,94; p=0,032), espessura da epiderme da face abaxial ($F_{(29,24)}$=3,87; p=0,010) e lâmina foliar ($F_{(29,24)}$=3,90; p=0,010). Os tratamentos que apresentaram maiores médias de espessura da epiderme adaxial foram BGH 2119, 2123 e 'Santa Clara'. Os acessos BGH 2119 e 2123 foram os que apresentaram maiores médias da espessura do parênquima paliçádico. Na espessura do parênquima lacunoso apenas o PI134417 diferiu dos demais tratamentos, apresentando a menor média. E para a espessura da epiderme abaxial o BGH-2123 e 'Santa Clara' foram os que apresentaram as maiores médias. No caso da espessura da lâmina foliar apenas o PI134417 e o BGH-327 diferiram estatisticamente dos demais tratamentos, apresentando as menores médias (Tabela 3). A espessura da epiderme abaxial apresentou correlação positiva e significativa com o tempo de sobrevivência das fêmeas (P<0,05) (Tabela 4).

Tabela 3. Média ± erro padrão da micromorfometria foliar (μm) de acessos de tomateiro, e do padrão de suscetibilidade 'Santa Clara' e de resistência PI 134417.

Tratamentos	Micromorfometria foliar (μm)[1]				
	Epiderme da face adaxial	Parênquima paliçádico	Parênquima lacunoso	Epiderme da face abaxial	Lâmina foliar
BGH-327	35,81±0,99 b	113±5,63 b	152±7,57 a	25,51±0,41 b	326±11,44 b
BGH-813	36,10±1,60 b	126±7,37 b	181±18,02 a	26,07±1,90 b	369±27,58 a
BGH-2119	43,43±2,35 a	139±10,74 a	177±21,39 a	24,64±2,50 a	384±32,40 a
BGH-2123	42,10±2,76 a	137±7,60 a	195±9,11 a	30,37±1,30 b	404±16,36 a
'Santa Clara'	41,91±1,14 a	121±8,86 b	168±21,65 a	30,89±1,19 a	361±28,60 a
PI134417	33,61±1,15 b	101±4,15 b	112±18,92 b	23,32±1,38 b	270±22,99 b

[1] Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Skott Knott a P<0,05.

Tabela 4. Coeficiente de correlação de Pearson (r) entre micromorfometria foliar, sobrevivência das fêmeas, duração das fases larval e ninfal de *T. urticae.*

Medidas Anatômicas foliares (μm)	Sobrevivência das fêmeas (dias)	Duração da fase larval (dias)	Duração da fase ninfal (dias)
Epiderme adaxial	0,60	0,25	0,30
Parênquima lacunoso	0,55	0,54	0,77
Parênquima paliçádico	0,35	0,44	0,68
Epiderme abaxial	0,85*	0,28	0,34
Lâmina foliar	0,54	0,50	0,72

*O símbolo de (*) indica significância a $P<0,05$

Os idioblastos com cristais de oxalato de cálcio apresentaram diferença estatística entre os tratamentos ($P<0,001$). O PI134417 apresentou maior número de idioblastos com cristais por folíolo (4,60 ± 0,32) seguido pelo acesso BGH-2119 (2,70 ± 0,30). O BGH-2123 (0,20 ± 0,07) e 'Santa Clara' (0,10 ± 0,05) apresentaram os menores números de idioblastos com cristais por folíolo (Tabela 5, Figura 3).

O teor de zingibereno apresentou diferenças entre os tratamentos ($P<0,001$). A maior concentração de zingibereno (2,16 ± 0,03) foi detectado no acesso BGH-2119 e a menor concentração foi no PI134417 (1,19 ± 0,11) (Tabela 5). Os acessos não apresentaram teor significativo de 2-tridecanona. Apenas o PI134417 apresentou concentração média de 10,07 μg cm^{-2} de 2-tridecanona por folíolo.

Tabela 5. Média ± erro padrão do número de idioblastos com cristais de oxalato de cálcio por folíolo e teor de zingibereno nos tratamentos.

Tratamentos	[1]Variáveis	
	Número de idioblastos com cristais de oxalato de cálcio/folíolo	Teor de Zingibereno (absorbância a 270 nm)
BGH-327	0,80±0,09d	1,85±0,01d
BGH-813	1,60±0,16c	2,01±0,01c
BGH-2119	2,70±0,30b	2,16±0,03a
BGH-2123	0,20±0,07e	2,08±0,01b
'Santa Clara'	0,10±0,05e	1,80±0,03e
PI134417	4,60±0,32a	1,19±0,11f

[1]Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Kruskal-Wallis ($P<0,05$).

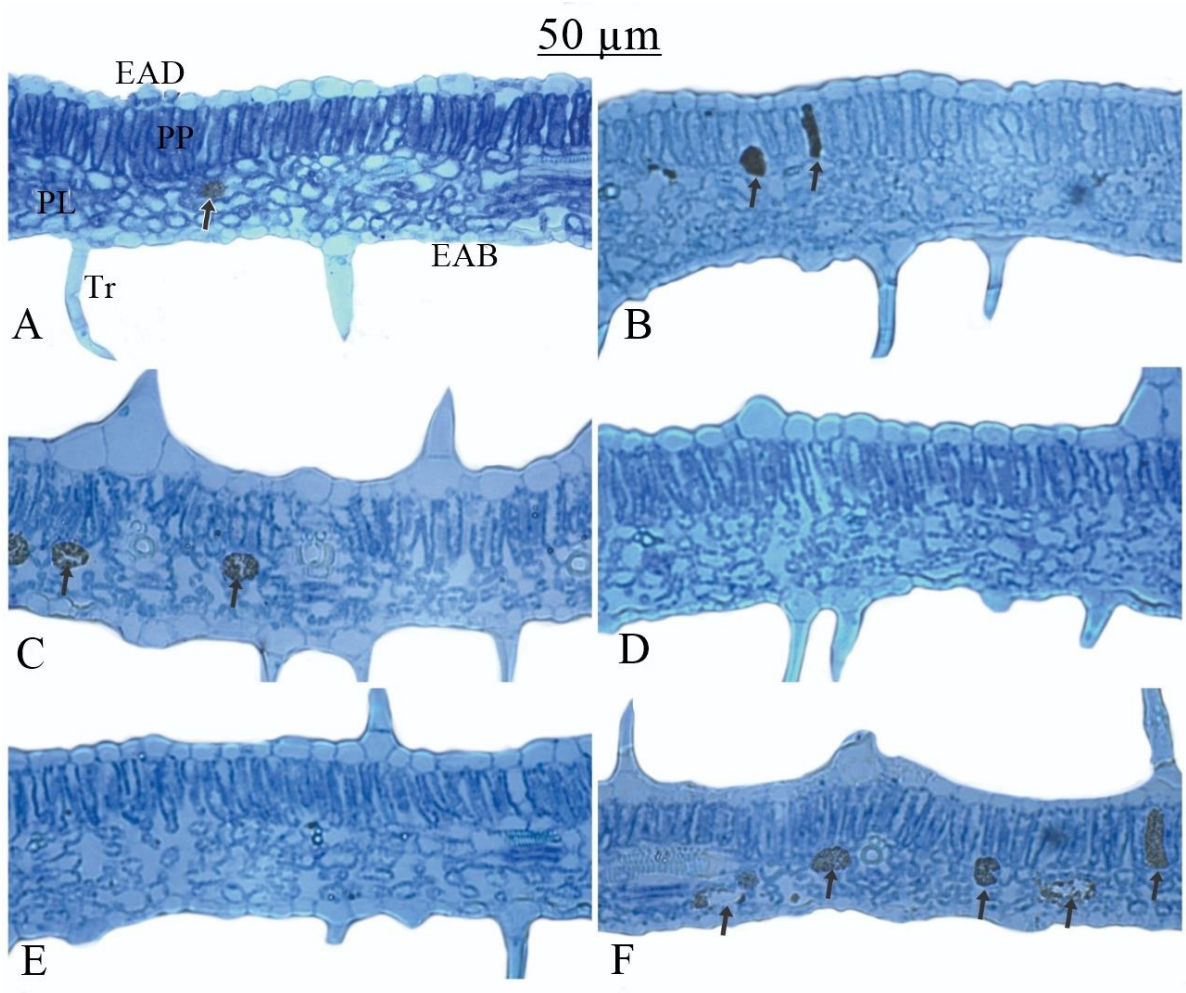


Figura 3. Anatomia foliar de acessos do tomateiro (cortes transversais). A= BGH-327, B= BGH-813, C= BGH-2119, D= BGH-2123, e E= 'Santa Clara' e F= PI134417. EAB= epiderme da face abaxial, EAD= epiderme da face adaxial, PP= parênquima paliçádico, PL= parênquima lacunoso, Tr= tricomas; Setas pretas no interior das imagens indicam idioblastos com cristais de oxalato de cálcio.

O número de idioblastos com cristais de oxalato de cálcio por folíolo apresentou relação com os dias de sobrevivência das fêmeas (P=0,02) e com o número de ovos por folíolo (P=0,01). O aumento no número de idioblastos proporciona redução da sobrevivência das fêmeas (dias) e no número de ovos por folíolo. O número de idioblastos com cristais por folíolo maior que quatro os dias de sobrevivência e o número de ovos aproximaram de zero (Figura 4).

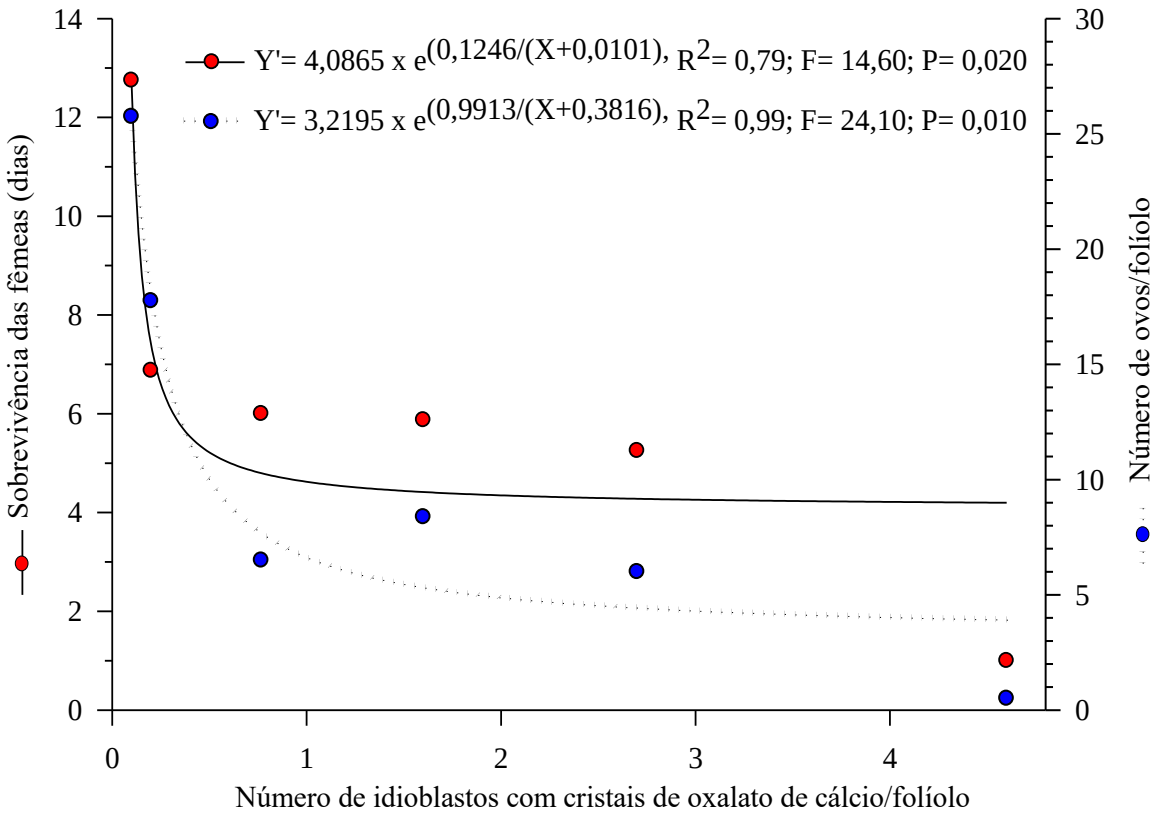


Figura 4. Tempo de sobrevivência (dias) e número de ovos por folíolo de *T. urticae* em relação ao número de idioblastos com cristais de oxalato de cálcio por folíolo.

5. Discussão

No presente estudo, de 62 acessos de tomateiro testados, apenas quatro acessos (BGHs-327, 813, 2119 e 2123) foram os menos preferidos pelos adultos de *T. urticae*, indicando provável envolvimento de resistência por antixenose. A não-preferência pelos acessos BGHs-327, 813, 2119 e 2123 pode estar relacionada com a anatomia foliar e a presença de compostos químicos. Pois para o ácaro realializar a escolha do melhor hospedeiro ele faz a picada de prova, para percepção do alimento. Além disso, utiliza as sensilas para reconhecimento de estímulos, como odores, temperatura, umidade, dióxido de carbono, radiação, ondas sonoras e estímulos mecânicos para selecionar o hospedeiro (Hallberg e Hansson 1999). As sensilas têm sido utilizadas por outros artrópodes, tais como *Tribolium castaneum* Herbst 1797 **(**Coleoptera: Tenebrionidae) para reconhecimento do hospedeiro tendo em vista que a sua retirada resultou em prejuízo à detecção olfativa do inseto, com consequente não reconhecimento de alguns compostos (Ali et al. 2016). Nos ácaros, assim como em outros insetos, as sensilas auxiliam na percepção das substâncias do ambiente envolvidas no acasalamento, alimentação e comportamento específico em relação às plantas hospedeiras (Sakunwarin et al. 2004). Portanto, as sensilas são estruturas de grande importância para os ácaros na hora da escolha do hospedeiro.

A menor preferência de *T. urticae* por esses quatro acessos pode ser também devido à dificuldade na escolha do hospedeiro, visto que esta espécie é polífaga. As espécies polífagas têm um amplo número de opções de escolha, porém, devido ao sistema nervoso limitado para lidar com muitas opções, essas espécies têm dificuldade em selecionar o hospedeiro (Bernays, 2001). A escolha pela planta hospedeira é um processo fundamental para os herbívoros, porém no caso das espécies polífagas essa escolha torna-se uma tarefa neurologicamente difícil (Carrasco et al. 2015). Acredita-se que as restrições neurológicas influenciam na capacidade de tomada de decisões complexas relacionadas às informações sensoriais emitidas por potenciais plantas hospedeiras (Silva e Clarke, 2019). Apesar da dificuldade na hora da escolha, *T. urticae* possui alta adaptabilidade em novas plantas hospedeiras, como mostra o estudo realizado por Agrawal (2002), em que *T. urticae* aclimatados a plantas de tomate e feijão, revelaram uma aceitação maior do que os que não foram aclimatados a estes hospedeiros, indicando uma vantagem para *T. urticae,* que amplia a aceitação por novos hospedeiros sem rejeitar o original. Assim a não-preferência de *T.*

urticae pode estar diretamente relacionada ao fato de os acessos selecionados possuírem mais caracteres de resistência em relação aos demais.

A não-preferência de *T. urticae* pelos acessos BGHs-327, 813, 2119 e 2123 pode estar ligada à sua variabilidade genética, já que eles são originados de diferentes regiões do mundo (Tabela 1) e que mesmo em pequenas áreas geográficas, pode haver diversos hábitats ecológicos e diferentes condições climáticas, o que pode contribuir relativamente para maior ou menor diversidade do tomateiro (Egan et al. 2018; Zeist et al. 2018).

Além de apresentarem resistência nos testes com chance de escolha, os quatro acessos selecionados (BGHs-327, 813, 2119 e 2123) também apresentaram resistência nos testes sem chance de escolha. A resistência a duas categorias mostra que estes acessos possuem resistência múltipla, ou seja, são resistentes tanto pela categoria de antixenose quanto pela categoria de antibiose. Na categoria antibiose, o ácaro sofre reações adversas causadas pela planta, que o intoxica ou afeta suas características biológicas (Smith e Clement, 2012). Algumas causas anatômicas estudadas no presente estudo tais como espessura da lâmina foliar e presença de idioblastos com cristais de oxalato de cálcio podem ter envolvimento na manifestação de resistência por antibiose, bem como as causas químicas que incluem a presença de aleloquímicos. As causas da resistência dos acessos a *T. urticae*, também podem ser uma combinação entre os fatores anatômicos e químicos (Silva et al. 2014). A respeito das causas anatômicas, a espessura do limbo foliar pode ter causado deterrência de *T. urticae*, uma vez que folhas mais espessas se tornam um obstáculo à penetração do aparelho bucal do ácaro na epiderme da folha, levando a uma redução na alimentação e consequentemente, sendo menos afetadas (Guerra et al. 2010). Além disso, a presença de idioblastos com cristais de oxalato de cálcio, também dificultam a alimentação de *T. urtica*e, por impedir o fechamento da mandíbula durante a alimentação (Gish et al. 2016).

A sobrevivência de *T. urticae* pode estar ligada às características químicas e/ou anatômicas dos tratamentos. O PI134417 apesar de ter apresentado as menores espessuras de todas as medidas anatômicas entre os tratamentos e o menor teor de zingibereno, foi o tratamento que apresentou maior número de idioblastos com cristais e o único tratamento que apresentou teor detectável de 2-tridecanona, fatores que podem ser a causa da menor taxa de sobrevivência de *T. urticae* nesse acesso. Já ‘Santa Clara’ foi quem apresentou maior taxa de sobrevivência, com maiores espessuras foliares, baixo número de idioblastos com

oxalato de cálcio e menor teor de zingibereno. Assim, a espessura do limbo foliar não afeta a sobrevivência de *T. urticae*.

Para obtenção de plantas resistentes à artrópodes-praga, é importante que a planta manifeste mais de uma categoria de resistência (Stenberg e Muola 2017), tendo em vista que a manifestação de múltiplas categorias de resistência atrasa a quebra da resistência pelos artrópodes. A identificação das causas de resistência acelera significativamente os ensaios biológicos futuros visando a seleção de fontes de resistência. Os idioblastos com cristais de oxalato de cálcio, são reconhecidos por reduzirem as taxas de crescimento e aumentarem a mortalidade de insetos (Korth et al. 2006; Park et al. 2009). Além das causas anatômicas, as causas químicas também podem estar ligadas a resistência a *T. urticae*. Nesse aspecto, os teores de zingibereno em plantas têm uma relação direta com o aumento das distâncias percorridas por *T. urticae*, apresentando, portanto, função arrestante (Gonçalves et al. 1998; Aragão et al. 2000). Portando, causas anatômicas e químicas, ou até mesmo uma combinação entre as duas, podem ter causado os efeitos de resistência de acessos de *Solanum* spp. a *T. urticae* verificados no presente trabalho.

6. Conclusão

O tratamento PI134417 foi resistente a *T. urticae* tanto em testes com chance de escolha como nos sem chance de escolha. Os acessos BGH-327, 813, 2119 e 2123 mostraram-se resistentes em ambos os testes com e sem chance de escolha. As causas que apresentaram maior relação com a sobrevivência foram a presença de idioblastos com cristais de oxalato de cálcio, e a presença de zingibereno.

7. Referências

AGUIAR, T. V.; SANT'ANNA-SANTOS, B. F.; AZEVEDO, A. A.; FERREIRA, R. S. ANATI QUANTI: software de análises quantitativas para estudos em anatomia vegetal. **Planta daninha**, v. 25, n. 4, p. 649-659, 2007.

AGRAWAL, A. A.; VALA, F.; SABELIS, M. W. Induction of preference and performance after acclimation to novel hosts in a phytophagous spider mite: adaptive plasticity?. **The American Naturalist**, v. 159, p. 553-565, 2002.

ALI, S. A.; DIAKITE, M. M.; ALI, S.; WANG, M. Q. Effects of the antennal sensilla distribution pattern on the behavioral responses of *Tribolium castaneum* (Coleoptera:Tenebrionidae). **Florida Entomologist**, v. 99, n. 1, p. 52-59, 2016.

ALMEIDA, V. S.; DELAZARI, F. T.; NICK, C.; ARAÚJO, W. L.; SILVA, D. J. H. Optimizing yields in tomato cultivation: maximizing tomato plant use of resources. Universidade Federal de Viçosa, Brazil. In: **Achieving sustainable cultivation of tomatoes**. Burleigh Dodds Science Publishing, p. 45-62, 2017.

ALVES, R. P.; BLANK, A. F.; OLIVEIRA, A. M. S.; SANTANA, A. D. D.; PINTO, V. S.; ANDRADE, T. M. Morpho-agronomic characterization of sweet potato germplasm. **Horticultura Brasileira**, v. 35, n. 4, p. 534-541, 2017.

ARAGÃO, C. A.; DANTAS, B. F.; BENITES, F. R. G. Tricomas foliares em tomateiro com teores contrastantes do aleloquímico 2-tridecanona. **Scientia Agricola**, v. 57, n. 4, p. 813-816, 2000.

ARAÚJO, E. R.; COSTA, J. R.; FERREIRA, M. A. S. V.; QUEZADO-DUVAL, A. M. Widespread distribution of *Xanthomonas perforans* and limited presence of *X. gardneri* in Brazil. **Plant Pathology**, v. 66, n. 1, p. 159-168, 2017.

BERNAYS, E. A. Neural limitations in phytophagous insects: implications for diet breadth and evolution of host affiliation. **Annual review of entomology**, v. 46, p. 703–27, 2001.

BENSOUSSAN, N.; SANTAMARIA, M. E.; ZHUROV, V.; DIAZ, I.; GRBIĆ, M., GRBIĆ, V. Plant-herbivore interaction: dissection of the cellular pattern of *Tetranychus urticae* feeding on the host plant. **Frontiers in Plant Science**, v. 7, p. 1105, 2016.

BLEEKER, P. M.; MIRABELLA, R.; DIERGAARDE, P. J.; VANDOORN, A.; TISSIER, A.; KANT, M. R.; SCHUURINK, R. C. Improved herbivore resistance in cultivated tomato with the sesquiterpene biosynthetic pathway from a wild relative. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 109, n. 49, p. 20124-20129, 2012.

CARRASCO, D.; LARSSON, M. C.; ANDERSON, P. Insect host plant selection in complex environments. **Current Opinion in Insect Science**, v. 8, p. 1-7, 2015.

CARRILHO, S. N.; REPEZA MARQUEZ, G.; MASCARENHAS MACIEL, G.; MEDEIROS PEREIRA, L.; PERES, H. G.; MIRANDA PEIXOTO, J. V. Resistance of round tomato genotypes with determinate growth habit to two-spotted spider mites and silverleaf whitefly. **Bioagro**, v. 32, n. 1, 2020.

EIGENBRODE, S. D.; TRUMBLE, J. T.Antibiosis to beet armyworm (*Spodoptera exigua*) in *Lycopersicon* accessions. **HortScience** 28:932-934, 1993.

FENEMORE, P. G. Oviposition of potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* Zell. (Lepidoptera: Gelechiidae); identification of host-plant factors influencing oviposition response. **New Zealand Journal of Zoology**, v. 7, n. 3, p. 435-439, 1980.

FREITAS, J. A.; MALUF, W. R.; DAS GRAÇAS CARDOSO, M.; GOMES, L. A.; BEARZOTTI, E. Inheritance of foliar zingiberene contents and their relationship to trichome densities and whitefly resistance in tomatoes. **Euphytica**, v. 127, n. 2, p. 275-287, 2002.

GISH, M.; MESCHER, M. C.; DE MORAES, C. M. Mechanical defenses of plant extrafloral nectaries against herbivory. **Communicative & Integrative Biology**, v. 9, n. 3, p. e1178431, 2016.

GONÇALVES, M. I. F.; MALUF, W. R.; GOMES, L. A. A.; BARBOSA, L. V. Variation of 2-tridecanone level in tomato plant leaflets and resistance to two mite species (Tetranychus sp.). **Euphytica**, v. 104, n. 1, p. 33-38, 1998.

GOUVEIA, B. T.; DE OLIVEIRA, A. M. S.; RIBEIRO, G. H. M. R.; MALUF, W. R. Resistance to whitefly (*Bemisia argentifolii*) and repellency to the two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae*) in tomato plant hybrids with high leaf contents of acylsugar and the Mi gene. **Euphytica**, v. 214, n. 8, p. 140, 2018.

GUERRA, P. C.; BECERRA, J.; GIANOLI, E. Explaining differential herbivory in sun and shade: the case of *Aristotelia chilensis* saplings. **Arthropod-Plant Interactions**, v. 4, n. 4, p. 229-235, 2010.

HEIDARI, N.; SEDARATIAN-JAHROMI, A.; GHANE-JAHROMI, M.; ZALUCKI, M. P. How bottom-up effects of different tomato cultivars affect population responses of *Tuta absoluta* (Lep.: Gelechiidae): a case study on host plant resistance. **Arthropod-Plant Interactions**, p. 1-12, 2020.

HORNER, J. R.; H. T.; WAGNER, B. L. The association of druse crystals with the developing stomium of *Capsicum annuum* (Solanaceae) anthers. **American Journal of Botany**, v. 67, n. 9, p. 1347-1360, 1980.

JIN, L.; ZHAO, L.; WANG, Y.; ZHOU, R.; SONG, L.; XU, L.; ZHAO, T. Genetic diversity of 324 cultivated tomato germplasm resources using agronomic traits and InDel markers. **Euphytica**, v. 215, n. 4, p. 69, 2019.

JONCKHEERE, W.; DERMAUW. W.; ZHUROV, V.; WYBOUW, N.; VAN DEN BULCKE, J.; VILLARROEL, C. A.; BAGGERMAN, G. The salivary protein repertoire of the polyphagous spider mite *Tetranychus urticae*: a quest for effectors. **Molecular & Cellular Proteomics**, v. 15, n. 12, p. 3594-3613, 2016.

KORTH, K. L.; DOEGE, S. J.; PARK, S. H.; GOGGIN, F. L.; WANG, Q.; GOMEZ, S. K; LIU, G.; JIA, L.; NAKATA, P. A. *Medicago truncatula* mutants demonstrate the role of plant calcium oxalate crystals as an effective defense against chewing insects. **Plant Physiology**, v. 141, n. 1, p. 188-195, 2006.

LAURINDO, B. S.; LAURINDO, R. D. F.; FONTES, P. P.; VITAL, C. E.; DELAZARI, F. T.; BARACAT-PEREIRA, M. C.; DA SILVA, D. J. H. Comparative analysis of constitutive proteome between resistant and susceptible tomato genotypes regarding to late blight. **Functional & integrative genomics**, v. 18, n. 1, p. 11-21, 2018.

LOBREGAT, G.; PERILLI, M. L. L.; DE SIQUEIRA NEVES, F.; CAMPOS, R. I. Fluctuating asymmetry, leaf thickness and herbivory in *Tibouchina granulosa*: an altitudinal gradient analysis. **Arthropod-plant interactions**, v. 12, n. 2, p. 277-282, 2018.

LUCINI, T.; RESENDE, J. T. V.; OLIVEIRA, J. R. F.; SCABENI, C. J.; ZEIST, A. R.; RESENDE, N. C. V. Repellent effects of various cherry tomato accessions on the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). **Genetics and Molecular Research**, v. 15, n. 10.4328, 2016.

MACIEL, G. M.; GALLIS, R. B. D. A.; BARBOSA, R. L.; PEREIRA, L. M.; SIQUIEROLI, A. C. S.; PEIXOTO, J. V. M. Image phenotyping of lettuce germplasm with genetically diverse carotenoid levels. **Bragantia**, v. 79, n. 2, p. 224-235, 2020.

MACIEL, G. M.; MARQUEZ, G. R.; SILVA, E. C. D.; ANDALÓ, V.; BELLOTI, I. F.Tomato genotypes with determinate growth and high acylsugar content presenting resistance to spider mite. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 18, n. 1, p. 1-8, 2018.

MALUF, W. R.; BARBOSA, L. V.; SANTA-CECÍLIA, LV Costa. 2-Tridecanone-mediated mechanisms of resistance to the South American tomato pinworm *Scrobipalpuloides absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera-Gelechiidae) in Lycopersicon spp. **Euphytica**, v. 93, n. 2, p. 189-194, 1997.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO [MAPA]. Normas e exigências para execução de testes de produtos químicos para fins de registro no MAPA. 1995.

MITCHELL, C.; BRENNAN, R. M.; GRAHAM, J.; KARLEY, A. J. Plant defense against herbivorous pests: exploiting resistance and tolerance traits for sustainable crop protection. **Frontiers in plant science**, v. 7, p. 1132, 2016.

MYMKO, D.; AVILA-SAKAR, G. The influence of leaf ontogenetic stage and plant reproductive phenology on trichome density and constitutive resistance in six tomato varieties. **Arthropod-Plant Interactions**, v. 13, n. 5, p. 797-803, 2019.

NAKATA, P. A. (2012) Plant calcium oxalate crystal formation, function, and its impact on human health. **Frontiers in biology**, v. 7, n. 3, p. 254-266, 2012.

NAWAR, M. Temperature effect study on fecundity and development of *Tetranychus urticae*, Koch. (Acari-Tetranychidae) on different host plants. **Journal of Plant Protection and Pathology**, v. 10, n. 11, p. 553-556, 2019.

PANDA, N.; KHUSH, G. S. Host plant resistance to insects. CAB International, Oxon, p. 431, 1995.

PARK, S. H.; DOEGE, S. J.; NAKATA, P. A.; KORTH, K. L. *Medicago truncatula*-derived calcium oxalate crystals have a negative impact on chewing insect performance via their physical properties. **Entomologia experimentalis et applicata**, v. 131, n. 2, p. 208-215, 2009.

PEREIRA, N. E.; LEAL, N. R.; PEREIRA, M. G. Controle genético da concentração de 2-tridecanona e de 2-undecanona em cruzamentos interespecíficos de tomateiro. **Bragantia**, v. 59, n. 2, p. 165-172, 2000.

RAKHA, M.; BOUBA, N.; RAMASAMY, S.; REGNARD, J. L.; HANSON, P. Evaluation of wild tomato accessions (Solanum spp.) for resistance to two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae* Koch) based on trichome type and acylsugar content. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v. 64, n. 5, p. 1011-1022, 2017.

RIOJA, C.; ZHUROV, V.; BRUINSMA, K.; GRBIC, M.; GRBIC, V. Plant-herbivore interactions: a case of an extreme generalist, the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae*. **Molecular Plant-Microbe Interactions**, v. 30, n. 12, p. 935-945, 2017.

SAS, S. A. S. STAT User's Guide for Personal Computers, Release 6.12. **SAS Institute Inc. Cary, NC, USA**, 2012.

SAKUNWARIN, S.; BAKER, G. T.; CHANDRAPATYA, A. Structure of sensilla on the palptarsus and the tarsus I of *Tetranychus truncatus* Ehara (Acari: Tetranychidae). **Systematic and Applied Acarology**, v. 9, n. 1, p. 133-140, 2004.

SILVA, A. A. D.; ANDRADE, M. C.; MALUF, W. R.; MORAES, J. C.; REZENDE, J. F. Resistance of tomato plant genotypes with high foliar allelochemical contents to the leafminer *Liriomyza trifolii*. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 84, 2017.

SILVA, J. P.; BALDIN, E. L.; CANASSA, V. F.; SOUZA, E. S.; LOURENÇÃO, A. L. Assessing antixenosis of soybean entries against *Piezodorus guildinii* (Hemiptera: Pentatomidae). **Arthropod-Plant Interactions**, v. 8, n. 4, p. 349-359, 2014.

SILVA, R.; CLARKE, A. R. The "sequential cues hypothesis": a conceptual model to explain host location and ranking by polyphagous herbivores. **Insect Science**, 2019.

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

STENBERG, J. A.; MUOLA, A. How should plant resistance to herbivores be measured?. **Frontiers in plant science**, v. 8, 663, 2017.

TRUFFAULT, V.; FRY, S. C.; STEVENS, R. G.; GAUTIER, H. Ascorbate degradation in tomato leads to accumulation of oxalate, threonate and oxalyl threonate. **The Plant Journal**, v. 89, n. 5, p. 996-1008, 2017.

VAN HAPEREN, P.; VOORRIPS, R. E.; VAN LOON, J. J.; VOSMAN, B. The effect of plant development on thrips resistance in Capsicum. **Arthropod-Plant Interactions**, v. 13, n. 1, p. 11-18, 2019.

VILLARD, C.; LARBAT, R.; MUNAKATA, R.; HEHN, A. Defence mechanisms of Ficus: pyramiding strategies to cope with pests and pathogens. **Planta**, v. 249, n. 3, p. 617-633, 2019.

WAKGARI, M.; YIGEZU, G. Evaluation of some botanical extracts against two-spotted spider mite (tetranychidae: *Tetranychus urticae* koch) under laboratory condition. **SINET: Ethiopian Journal of Science**, v. 41, n. 1, p. 1-7, 2018.

WAR, A. R.; PAULRAJ, M. G.; AHMAD, T.; BUHROO, A. A.; HUSSAIN, B.; IGNACIMUTHU, S.; SHARMA, H. C. Mechanisms of plant defense against insect herbivores. **Plant signaling & behavior**, v. 7, n. 10, p. 1306-1320, 2012.

ZANIN, D. S.; RESENDE, J. T.; ZEIST, A. R.; OLIVEIRA, J. R.; HENSCHEL, J. M.; LIMA FILHO, R. B. Selection of processing tomato genotypes resistant to two spotted spider mite. **Horticultura Brasileira**, v. 36, n. 2, p. 271-275, 2018.

ZEIST, A. R.; SILVA, A. A.; RESENDE, J. T. V.; MALUF, W. R. G. A.; ZANIN, D. S.; GUERRA, E. P. Tomato breeding for insect pest resistance. **Recent advances in tomato breeding and production**, p. 1-20, 2018.

ZHANG, X.; PENGSAKUL, T.; TUKAYO, M.; YU, L.; FANG, W.; LUO, D. Host-location behavior of the tea green leafhopper *Empoasca vitis* Göthe (Hemiptera: Cicadellidae): olfactory and visual effects on their orientation. **Bulletin of entomological research**, v. 108, n. 4, p. 423-433, 2018.