



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DE LONDRINA

---

MARCO DOS REIS BRUGNEROTTO

**ÁCIDO SALICÍLICO EM SEMENTES DE TOMATEIRO AFETA  
ENZIMAS DE RESISTÊNCIA, ZINGIBERENO E  
OCORRÊNCIA DE MOSCA-BRANCA (*Bemisia tabaci*)**

---

Londrina  
2018

MARCO DOS REIS BRUGNEROTTO

**ÁCIDO SALICÍLICO EM SEMENTES DE TOMATEIRO AFETA  
ENZIMAS DE RESISTÊNCIA, ZINGIBERENO E  
OCORRÊNCIA DE MOSCA-BRANCA (*Bemisia tabaci*)**

Dissertação apresentado ao Programa de Pós-graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina para a obtenção do título de mestre.

Orientador: Prof. Dr. Maurício Ursi Ventura.

Co-orientadora: Profa. Dra. Dana Kátia Meschede.

Londrina  
2018

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

Brugnerotto, Marco dos Reis.

Ácido salicílico em sementes de tomateiro afeta enzimas de resistência, zingibereno e ocorrência de mosca-branca (*Bemisia tabaci*) / Marco dos Reis Brugnerotto. - Londrina, 2018.

42 f. : il.

Orientador: Maurício Ursi Ventura.

Coorientador: Dana Kátia Meschede.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, , 2018.

Inclui bibliografia.

1. Tomate - Doenças e pragas - Tese. 2. Mosca branca - Tese. 3. Ácido salicílico - Tese. 4. Plantas - Resistência aos insetos - Tese. I. Ventura, Maurício Ursi. II. Meschede, Dana Kátia. III. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. . IV. Título.

MARCO DOS REIS BRUGNEROTTO

**ÁCIDO SALICÍLICO EM SEMENTES DE TOMATEIRO AFETA  
ENZIMAS DE RESISTÊNCIA, ZINGIBERENO E OCORRÊNCIA DE  
MOSCA-BRANCA (*Bemisia tabaci*)**

Dissertação apresentado ao Programa de Pós-  
graduação em Agronomia da Universidade  
Estadual de Londrina para a obtenção do título  
de mestre.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Orientador: Prof. Dr. Maurício Ursi Ventura  
Universidade Estadual de Londrina – UEL

---

Prof. Dr. Fernando Teruhiko Hata  
SETI – Londrina – Paraná

---

Prof. Dr. Adriano Thibes Hoshino  
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Londrina, 19 de fevereiro de 2016.

A Renata Santos Brugnerotto e  
minha filha Laura por me  
inspirarem a realizar  
esse trabalho.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus, pois sempre coloquei todos os meus projetos em Suas mãos.

Agradeço a minha esposa Renata por me incentivar e motivar.

Agradeço ao meu pai Antonio Tadeu Brugnerotto e minha mãe Nelly dos Reis Brugnerotto por todo amor e carinho, bem como exemplo de vida.

Agradeço aos meus amigos Rivaldo Dias do Prado, in memoriam, e sua Esposa Fabiane Buranello por me acolher em sua casa e serem modelos para toda minha vida.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Maurício Ursi Ventura por acreditar e confiar em meu potencial.

Agradeço a Universidade Estadual de Londrina por disponibilizar toda estrutura necessária para a realização desse trabalho.

Agradeço a todos os professores ligados a pós-graduação da UEL pelos ensinamentos, em especial ao Prof. Dr. Amarildo Pasini pelo aprendizado e dedicação.

Agradeço ao Dr. Adriano Thibes Hoshino e Dr. Fernando Teruhiko Hata pela contribuição acadêmica durante o mestrado.

Agradeço ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pelo apoio financeiro.

Agradeço a todos os funcionários do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual de Londrina pela dedicação a manutenção dos experimentos e a todos que contribuíram de maneira direta e indireta para a realização desse trabalho.

BRUGNEROTTO, Marco dos Reis. **Ácido salicílico em sementes de tomateiro afeta enzimas de resistência, zingibereno e ocorrência de mosca-branca (*Bemisia tabaci*)**. 2018. 43 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2018.

## RESUMO

O tomateiro é atacado por pragas durante seu ciclo e uma delas é a mosca-branca, *Bemisia tabaci* (Gennadius). Seu controle é feito com inseticidas sintéticos que podem causar inúmeros problemas. Alternativas no controle de pragas são demandadas pelos agricultores e, como uma das formas de defesa é a resistência da planta, esta defesa pode ser induzida. A aplicação de substâncias exógenas podem induzir a defesa ativando o metabolismo secundário e produzindo substâncias como zingibereno que podem alterar o comportamento de insetos-praga. Assim, observou-se efeito da aplicação do ácido salicílico (SA) na produção de enzimas relacionadas à resistência, teor de zingibereno e incidência de mosca-branca. Foram utilizadas sementes de tomate Santa Clara tratadas com concentrações 2 g.L<sup>-1</sup>, 4 g.L<sup>-1</sup>, 6 g.L<sup>-1</sup>, 8 g.L<sup>-1</sup>, 10 g.L<sup>-1</sup> de ácido salicílico e controle (0 g.L<sup>-1</sup>). Após 55 dias do plantio foram quantificados proteínas totais solúveis, atividade das enzimas catalase, peroxidase, fenilalanina amônia-liase, teor de zingibereno nas folhas. A seguir, as plantas foram acondicionadas em ambiente com alta infestação da mosca-branca. Três dias após a infestação, foram avaliados os ovos e adultos de moscas-brancas. Os tomateiros apresentaram diminuição no teor de proteínas totais solúveis, aumento na atividade das enzimas catalase, peroxidase e fenilalanina amônia-liase. O teor de zingibereno apresentou elevação proporcional a concentração de SA. Na contagem de adultos e ovos de mosca-branca, ambos mostraram diminuição. Assim, a aplicação de ácido salicílico estimulou a resistência sistêmica, aumentou os teores de zingibereno, o que reduziu o número de adultos e ovos da mosca-branca.

**Palavras-chave:** Aleloquímico. Resistência sistêmica induzida. Metabólito secundário. Terpeno.

BRUGNEROTTO, Marco dos Reis. **Salicylic acid in tomato seeds affects resistance enzymes, zingiberene and occurrence of whitefly (*Bemisia tabaci*)**. 2018. 42 p. Dissertation (Master`s degree in Agronomy) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2018.

## ABSTRACT

The tomato is attacked by pests during its cycle and one of them is the whitefly, *Bemisia tabaci* (Gennadius). Its control is made with synthetic insecticides that can cause numerous problems. Alternatives in pest control are demanded by farmers and as one of the forms of defense is plant resistance, this defense can be induced. The application of exogenous substances can induce the defense by activating the secondary metabolism and producing substances like zingiberene that can alter the behavior of insect. Thus, the effect of salicylic acid (SA) on the production of enzymes related to resistance, zingiberene content and whitefly incidence was observed. Santa Clara tomato seeds treated with concentrations 2 g.L<sup>-1</sup>, 4 g.L<sup>-1</sup>, 6 g.L<sup>-1</sup>, 8 g.L<sup>-1</sup>, 10 g.L<sup>-1</sup> of salicylic acid and control (0 g.L<sup>-1</sup>) were used. After 55 days of planting were quantified total soluble proteins, activity of catalase enzymes, peroxidase, phenylalanine ammonia-lyase, zingiberene content in the leaves. Afterwards, the plants were conditioned in an environment with high infestation of the whitefly. Three days after infestation, eggs and adults of whiteflies were evaluated. The tomato plants showed a decrease in the total soluble protein content, an increase in the activity of the catalase, peroxidase and phenylalanine ammonia lyase enzymes. The zingiberene content presented a proportional increase in the concentration of SA. In the adult and whitefly eggs count, both showed a decrease. Thus, the application of salicylic acid stimulated the systemic resistance, increased the levels of zingiberene, which reduced the number of adults and eggs of the whitefly.

**Keywords:** Allelochemical. Induced systemic resistance. Secondary metabolite. Terpene.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	– Adulto da mosca-branca <i>Bemisia tabaci</i> .....	15
<b>Figura 2</b>	– Ninfas de mosca-branca <i>Bemisia tabaci</i> .....	16
<b>Figura 3</b>	– Ciclo da mosca-branca <i>Bemisia tabaci</i> .....	17
<b>Figura 4</b>	– Elétron-micrografias de varredura dos tricomas presentes na superfície abaxial de folíolos de <i>Lycopersicon</i> spp.: 1A) Glandular do tipo IV; 1B) Não glandular do tipo Va; 1C) glandular do tipo VIc; 2A) Glandular do tipo VII; 2B) Não glandular do tipo III; 2C) Não glandular do tipo Vb; 3A) Glandular do tipo VIa; 3B) Glandular do tipo I; 3C) Não glandular do tipo VIII.....	18
<b>Figura 5</b>	– Visão simplificada das principais rotas de biossíntese de metabólitos secundários e suas interconexões com o metabolismo primário .....	20
<b>Figura 6</b>	– Biossíntese dos compostos fenólicos. Rota do ácido chiquímico. Rota do ácido malônico.....	22
<b>Figura 7</b>	– Biossíntese do ácido salicílico a partir da fenilalanina.....	22
<b>Figura 8</b>	– Biossíntese dos terpenos.....	24
<b>Figura 9</b>	– Teor de proteínas totais solúveis em função da concentração de ácido salicílico no tratamento de sementes de tomateiro .....	30
<b>Figura 10</b>	– Atividade da enzima catalase em função da concentração de ácido salicílico no tratamento de sementes de tomateiro .....	31
<b>Figura 11</b>	– Atividade da enzima peroxidase em função da concentração de ácido salicílico no tratamento de sementes de tomateiro .....	31
<b>Figura 12</b>	– Atividade da enzima fenilalanina amônia-liase em função da concentração de ácido salicílico no tratamento de sementes de tomateiro .....	32
<b>Figura 13</b>	– Teor de zingibereno em função da concentração de ácido salicílico utilizado no tratamento de sementes de tomateiro .....	33
<b>Figura 14</b>	– Número de adultos de moscas-brancas presentes em tomateiros tratados com ácido salicílico após 3 dias de infestação .....	34
<b>Figura 15</b>	– Número de ovos de mosca-branca presentes em tomateiros tratados com ácido salicílico após 3 dias de infestação .....	34

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVO</b> .....	<b>11</b>
<b>3</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>12</b>
3.1	TOMATEIRO .....	12
3.1.1	Condições e Características Gerais .....	12
3.1.2	Principais Pragas do Tomateiro.....	13
3.2	MOSCA-BRANCA .....	14
3.3	RESISTÊNCIAS DAS PLANTAS A INSETOS-PRAGAS .....	17
3.3.1	Aleloquímicos .....	19
3.3.2	Ácido Salicílico.....	21
3.3.3	Terpenos.....	23
3.4	RESISTÊNCIA INDUZIDA .....	25
3.5	ENZIMAS RELACIONADAS A RESISTÊNCIA DE PLANTAS .....	26
3.5.1	Peroxidase e Catalase.....	26
3.5.2	Fenilalanina Amônia-Liase.....	27
<b>4</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>28</b>
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	<b>30</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES</b> .....	<b>35</b>
	<b>REFERENCIAS</b> .....	<b>36</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O tomate vem sendo cultivado há séculos, tendo sido inicialmente constatado na América do Sul (POLSTON; ANDERSON, 1999). O Brasil é oitavo maior produtor e sétimo no processamento de tomate (CAMARGO FILHO, 2001). Entretanto, a incidência de pragas e doenças limita a produtividade da cultura (LOPES et al., 2000; FRANÇA et al., 2000).

Algumas das pragas de importância relevante para o tomateiro podem ser os vetores de viroses, lepidópteros, ácaros e coleópteros. Um dos mais importantes vetores de viroses englobam os insetos sugadores como pulgões, tripses e a mosca-branca *Bemisia tabaci* (Gennadius) Biótipo B, que causam danos diretos pela sucção da seiva e indiretos pela transmissão de vírus (ALVARENGA, 2012).

A mosca-branca é uma das principais pragas, e seu controle é dificultado por se hospedar na face abaxial das folhas (VILLAS BÔAS et al., 1997). Podem ocasionar perdas de até 100% na produção de tomate, causando danos diretos como amarelecimento irregular dos frutos e alterações na consistência da polpa (CARNEIRO et al., 1999; GALLO et al., 2002).

Patógenos e insetos frequentemente atacam plantas. Porém, como as plantas não apresentam anticorpos para realizar defesa, acabaram desenvolvendo, durante séculos de evolução, mecanismos de defesa que, quando ativados, respondem de forma adequada e adaptativa (PIETERSE et al., 2005; SHEWRY; LUCAS, 1997; WIT, 2007).

As defesas das plantas não são ativadas somente por contato com patógenos e insetos, mas também podem ser induzidas como respostas a estresses abióticos ou bióticos (KARBAN, 1997). Estas defesas induzidas garantem, para as plantas, vantagens, uma vez que diminuem o tempo de resposta e aumentam a resistência aos ataques de insetos e patógenos (AGRAWAL et al., 1999), podendo ser induzidas pela aplicação de substâncias químicas que simulam o efeito de infecção por patógeno, como o ácido salicílico (VAN LOON, 1985).

Como resposta a essa indução de defesa, metabolitos secundários são produzidos, e entre eles está o zingibereno, relacionado à defesa do tomateiro, e o aumento desse terpeno pode ser ocasionado via aplicação de estimuladores envolvidos no sistema de defesa das plantas (FRANCESCHI et al., 2002).

Existem algumas substâncias químicas como acibenzolar-S-metil, ácido jasmônico, ácido giberélico e o ácido salicílico, onde suas aplicações podem estimular a indução da defesa em plantas, bem como a produção de metabólitos secundários.

## **2 OBJETIVO**

Determinar o efeito de diferentes concentrações de ácido salicílico, aplicados via tratamento de semente em tomateiro, sobre a incidência e oviposição de mosca-branca.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 TOMATEIRO

##### 3.1.1 Condições e Características Gerais

O tomateiro pertence à família Solanaceae e gênero *Solanum*, considerada uma dicotiledônea. Inicialmente o tomate foi classificado como *Solanum lycopersicum* e incluído no mesmo gênero da batata inglesa (*Solanum tuberosum*). Passado algum tempo foi decidido que o tomate deveria pertencer ao gênero *Lycopersicon*, e assim passando a ser conhecido como *Lycopersicon lycopersicum* e, em seguida, *Lycopersicon esculentum*. Atualmente o tomate é classificado como *Solanum lycopersicum* (PERALTA; SPOONER, 2001).

No Brasil, são utilizados cerca de 64 mil hectares que rendem aproximadamente 4,4 milhões de toneladas de tomate (IBGE, 2018), sendo uma cultura de elevada importância econômica e social, gerando até 5 empregos diretos por hectare (MEDEIROS; VILELA; FRANÇA, 2006).

A planta suporta temperaturas de 10°C a 34°C, tendo como ideal 21°C, locais de baixa precipitação e umidade relativa (GIORDANO; ARAGÃO; BOITEUX, 2003), tem preferência por solo profundo areno-argiloso apresentando 3% de matéria orgânica (FONTES, 2000).

O tomateiro apresenta grande diversidade de variedades e atinge, em média, dois metros de altura. A primeira colheita pode acontecer entre 45 e 55 dias após a florescência, tendo formas, tamanhos e cores variadas de fruto dependendo da cultivar (NAIKA et al., 2006).

O consumo de tomates contribui para manutenção da saúde, pois são ricos em vitaminas, aminoácidos essenciais, açúcares e fibras dietéticas, apresentando grandes quantidades de vitaminas B e C, ferro e fósforo, sendo que o tomate amarelo contém maior teor de vitamina A e o tomate vermelho contém licopeno que atua na prevenção de câncer (NAIKA et al., 2006).

O tomate produzido no Brasil é direcionado para o consumo in natura e a indústria de processamento, onde a produção é contabilizada de maneira geral para os dois segmentos. De acordo com a FAO (Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura), foram produzidos 170 milhões de

toneladas com área total de cultivo de 5 milhões de hectares e produtividade de aproximadamente 34 toneladas por hectare (FAO, 2014).

O Sudeste e Centro–Oeste são as regiões que apresentam maior importância com relação a produção de tomate industrial no Brasil. Em 2008, o Estado de Goiás produzia cerca de 29,7% da produção nacional, seguido por São Paulo (19,9%) e Minas Gerais (12,0%). Esses três estados somavam aproximadamente 62% do volume total produzido no país (BRITO; CASTRO, 2010).

### 3.1.2 Principais Pragas do Tomateiro

As plantas cultivadas estão suscetíveis a pragas e doenças, e algumas pragas acabaram desenvolvendo tolerância ou resistência a certas substâncias, assim recomenda–se práticas alternativas como Manejo Integrado de Pragas (MIP) que engloba o uso de produtos químicos não prejudiciais (NAIKA et al., 2006).

Há insetos–praga que além de causar danos mecânicos nas plantas são vetores de doenças. Entre esses insetos estão os pulgões (Aphidae), tripes (Thripidae), ácaros (*Tetranychus* spp.) e a mosca–branca (*Bemisia tabaci*) (NAIKA et al., 2006).

Tais insetos podem vir de fora da lavoura e, em pouco tempo, infestar toda cultura, e folhas danificadas acabam tornando–se mais suscetíveis a doenças bacterianas e fúngicas (NAIKA et al., 2006).

Pulgões atuam colonizando brotos das plantas, sugando seiva e causando deformações apicais, excretam substâncias açucaradas na superfície das folhas e frutos permitindo desenvolvimento da fumagina (NAIKA et al., 2006).

Os tripés apresentam comprimento de apenas 0,5 até 2 mm, apresentam asas, ovipositam nas folhas, com surgimento de larvas após 10 dias da oviposição. As larvas e os tripes adultos sugam a seiva das folhas, provocando o aparecimento de manchas prateadas na superfície das folhas afetadas. Os tripes adultos depositam exsudatos nas folhas, onde algumas espécies tripes são vetores do vírus do bronzeamento do tomateiro (NAIKA et al., 2006).

Os ácaros são pequenos insetos araneiformes, com tamanho inferior a um 1 mm, de cor amarela a vermelha ou laranja. Põem ovos no lado inferior das

folhas, e as larvas e os insetos adultos sugam a seiva das folhas, tornando-os amarelos e secos. Os ácaros podem fazer uma teia de fios finos, semelhantes à teia de aranha, e durante as estações mais secas que os danos causados pelos ácaros são mais graves (NAIKA et al., 2006).

As moscas-brancas causam problemas durante estações secas, algumas medidas podem ser adotadas, em conjunto, para controlar ou reduzir sua população como estimular a presença de predadores naturais: usar cultivares que apresentam algum fator de resistência (tricomas e compostos voláteis), consorciação e uso de inseticidas. A mosca-branca transmite alguns vírus como Geminivírus, além de causar amadurecimento desuniforme causada por toxinas injetadas (NAIKA et al., 2006).

### 3.2 MOSCA-BRANCA

A mosca-branca (Fig. 1) pertencem à ordem Hemiptera, sub-ordem Sternorrhyncha e família Aleyrodidae (GALLO et al., 2002), possuindo aproximadamente 161 gêneros e 1556 espécies catalogadas (MARTIN; MOUND, 2007). A subfamília Aleyrodinae apresenta *Bemisia* como o principal gênero, sendo o mais prejudicial e grandemente distribuído e estudado em todo o mundo (HAJI et al., 2004).

São insetos fitófagos, sugadores de seiva, apresentam aparelho bucal do tipo picador-sugador (VILLAS BÔAS et al., 1997). As mandíbulas e as maxilas formam um tubo duplo que é inserido até o floema, permitindo a retirada da seiva elaborada que é utilizada como alimento.

**Figura 1** – Adulto da mosca-branca *Bemisia tabaci*.



**Fonte:** Tecnologia & Ciência Agropecuária (2008)

Possui um arranjo diferenciado na região do mesêntero, provavelmente resultado da evolução por se alimentar de líquidos vegetais. Tal modificação é conhecida como câmara-filtro, que consiste em uma câmara que envolve a parte inicial do mesêntero com a parte anterior ou posterior do proctodéu. Assim, o excesso de líquido sugado passa da parte inicial para a final do tubo digestivo e é eliminado pelo ânus em forma de gotículas denominadas “honeydew”, permitindo que haja sucção de seiva com baixo teor de nutrientes (GALLO et al., 2002; CAMARGO *et al.*, 2011).

Apresentam metamorfose incompleta, passando pelas fases de ovo, ninfa (Fig. 2) (I, II, III e IV) e adulto durante o seu ciclo de desenvolvimento (Fig. 3). A reprodução pode ser partenogenética ou sexual. Na reprodução sexual a prole é constituída por machos e fêmeas, já na partenogenética são originados apenas machos (partenogênese arrenótoca). Os adultos medem de 1 a 2 mm de comprimento, sendo as fêmeas maiores que machos, apresentam dois pares de asas membranosas recobertas por uma substância pulverulenta branca.

**Figura 2** – Ninfas de mosca-branca *Bemisia tabaci*



**Fonte:** Embrapa Hortaliças (2006)

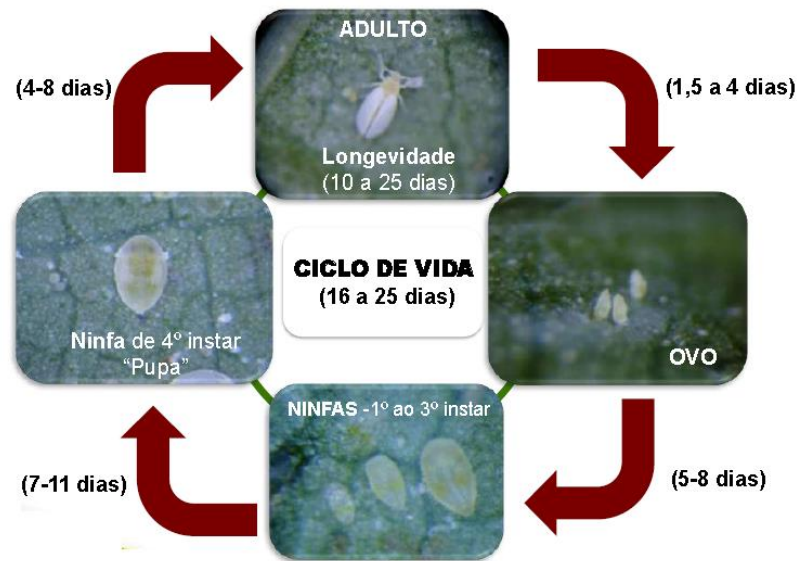
O acasalamento ocorre após a emergência dos adultos (12 a 48 horas), as fêmeas depositam de 10 a 300 ovos durante sua vida, sendo a fecundidade depende da temperatura e planta hospedeira. Na ausência de alimento, a postura pode ser interrompida. Os ovos apresentam formato de pêra, comprimento médio de 0,2 mm, coloração amarela nos primeiros dias e marrom próximo à eclosão; são depositados de modo irregular na parte de baixo das folhas, fixados por um pedúnculo curto (EICHELKRAUT; CARDONA, 1989; SALGUERO, 1992; VILLAS BÔAS et al., 1997; GALLO et al., 2002; QUINTELA, 2004).

A mosca-branca pode ocasionar danos diretos e indiretos. Diretos pela sucção da seiva e atividade toxicogênica, que promovem amadurecimento irregular dos frutos, liberação de substâncias açucaradas, o que favorece o desenvolvimento da fumagina que causa redução da fotossíntese, e indireto pela transmissão de vírus que afeta a maioria dos processos vitais das plantas, provocando amarelecimento e deficiência no crescimento (SALGUEIRO, 1993).

O controle da mosca-branca é feito através de aplicações periódicas de agrotóxicos. Quando utilizados de forma inadequada, causam problemas ao ambiente, à saúde humana e animal, e selecionam pragas resistentes aos princípios ativos, contribuem para aumento significativo no custo final de produção (PICANÇO et al., 2007).

Estudos recentes têm mostrado a eficiência de algumas espécies selvagens de tomateiro na resistência a insetos, mediada pela presença de substâncias químicas (aleloquímicos), exsudados por tricomas glandulares (PEREIRA et al., 2008) e, entre essas substâncias, estão os acilaçucares, 2-tridecanonas e zingibereno (CARTER; SACALIS; GIANFAGNA, 1988).

**Figura 3** – Ciclo da mosca-branca *Bemisia tabaci*



Fonte: Promip (2012)

### 3.3 RESISTÊNCIAS DAS PLANTAS A INSETOS-PRAGAS

O tomateiro cultivado no Brasil é atacado por inúmeras pragas. O potencial de danos das pragas somado à exigência de aparência do produto exigido pelo consumidor final faz com que a aplicação de agrotóxicos seja necessária, aumentando custos de produção e provocando danos ao meio ambiente, consumidor e produtor pelos resíduos tóxicos (LEITE, 2004).

Por mais que ofereça riscos, o controle químico é utilizado para combater insetos e pragas que afetam a produção. Assim, faz-se necessário a busca de métodos alternativos, como o uso de substâncias menos tóxicas e que possam induzir a defesa das plantas, reduzindo a população dessas pragas sem que perturbe, de alguma maneira, o ecossistema e custos para o agricultor (VENDRAMIM, 1990).

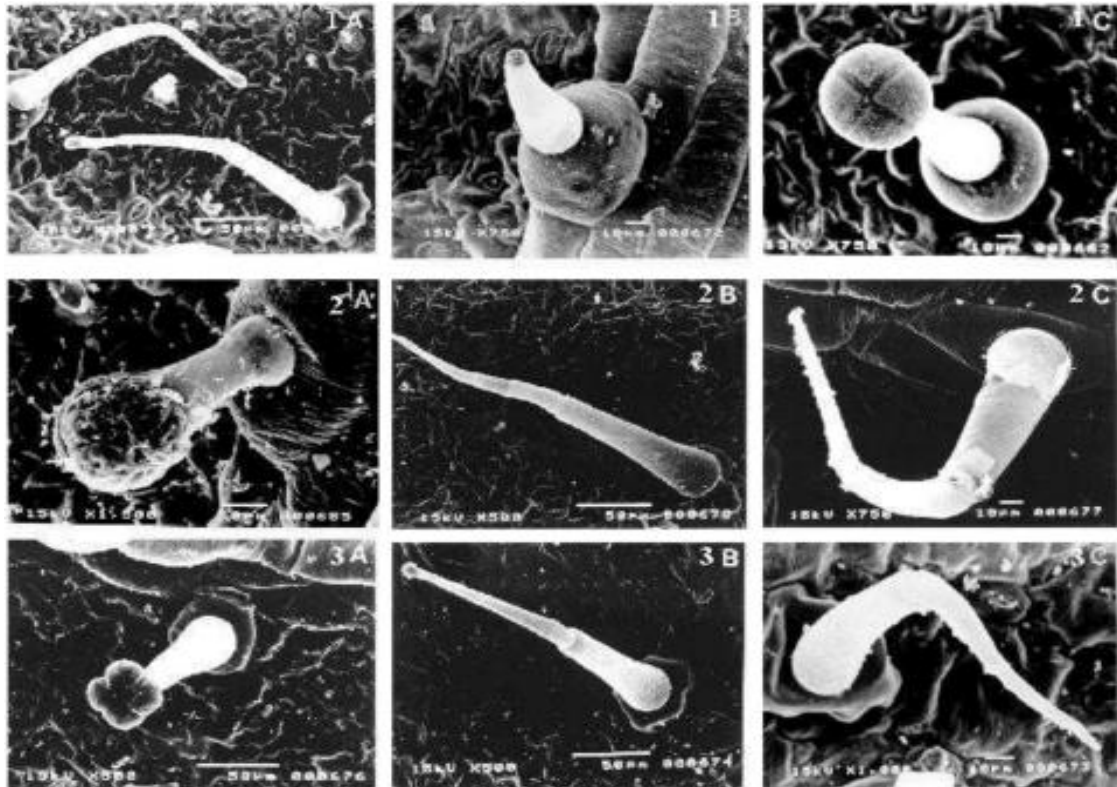
Norris e Kogan (1980) relatam que a resistência a insetos está relacionada a fatores físicos, como a presença de tricomas foliares, e químicos, como substâncias tóxicas que alteram o comportamento e/ou metabolismo das pragas.

Os tricomas dos tomateiros limitam o acesso de insetos à superfície da planta, devido a tamanho e densidade, ou liberando toxinas assim que o inseto entra em contato com os mesmos, causando antibiose ou efeito deterrente, agindo de forma mecânica ou química (LARA, 1991).

O tomateiro pode apresentar vários tipos de tricomas, sendo eles glandulares ou não glandulares, uni ou pluricelulares, células da base diferenciadas ou não. O topo é considerado a região secretora que pode ser uni ou pluricelular. As células do topo ou cabeça são revestidas pela cutícula (ARAGÃO; DANTAS; BENITEZ, 2000; CUTTER,1986), e o gênero *Solanum* pode apresentar oito tipos de tricomas (Fig. 4), não glandulares (III, Va, Vb, VIII) e glandulares (I, IV, VIa, VIc, VII, ) (LUCKWILL, 1943).

Os tricomas glandulares secretam exsudatos, tais como flavonóides glicosilados, compostos fenólicos nitrogenados, metil cetonas e sesquiterpenos, como o zingibereno (LIN et al., 1987; JUVIK et al., 1988).

**Figura 4** – Elétron-micrografias de varredura dos tricomas presentes na superfície abaxial de folíolos de *Lycopersicon* spp.: 1A) Glandular do tipo IV; 1B) Não glandular do tipo Va; 1C) glandular do tipo VIc; 2A) Glandular do tipo VII; 2B) Não glandular do tipo III; 2C) Não glandular do tipo Vb; 3A) Glandular do tipo VIa; 3B) Glandular do tipo I; 3C) Não glandular do tipo VIII



Fonte: UNESP (1999)

Relações positivas entre o teor de zingibereno e os tricomas glandulares tipos IV e VI (FREITAS et al., 2002) e resistência a pragas, indicam a possibilidade de obtenção de tomateiros resistentes através do mecanismo de seleção indireta para alto teor de zingibereno (GONÇALVES et al., 2006).

Por mais que o tomateiro apresente diferentes tipos de tricomas de defesa, acaba se mostrando susceptível a ataque de vários insetos-praga, dentre elas, a mosca-branca *Bemisia tabaci*.

### 3.3.1 Aleloquímicos

Substâncias orgânicas produzidas por plantas que não fazem parte do metabolismo primário foram denominadas como metabólito secundário, tendo como exemplo os sesquiterpenos originados da rota metabólica do ácido mevalônico. (REZENDE; PINTO, 2003). A síntese desses aleloquímicos varia em qualidade e quantidade de espécie para espécie, local de ocorrência e ciclo de cultivo, devido a produção ser ativada por diferentes tipos de ataques e estresses que as plantas estão expostas (FERREIRA; ÁQUILA, 2000).

Os aleloquímicos são liberados pelas plantas por lixiviação e volatilização, a partir dos tecidos pela exsudação por tricomas e decomposição de resíduos da planta (WEIR; PARK; VIVANCO, 2004). Nas plantas esses compostos são oriundos do metabolismo secundário, e um dos principais grupos de químicos são os terpenos (RIZVI; RIZVI, 1992; SOUZA-FILHO, 2006).

Como os terpenos são considerados substâncias aromáticas, acabam sendo volatilizados das folhas e podem ser absorvidos por outras plantas, atuando sobre plantas vizinhas por meio dos próprios vapores ou condensados no orvalho, e quando alcançam o solo são absorvidos pelas raízes (DIAS DE ALMEIDA et al., 2008).

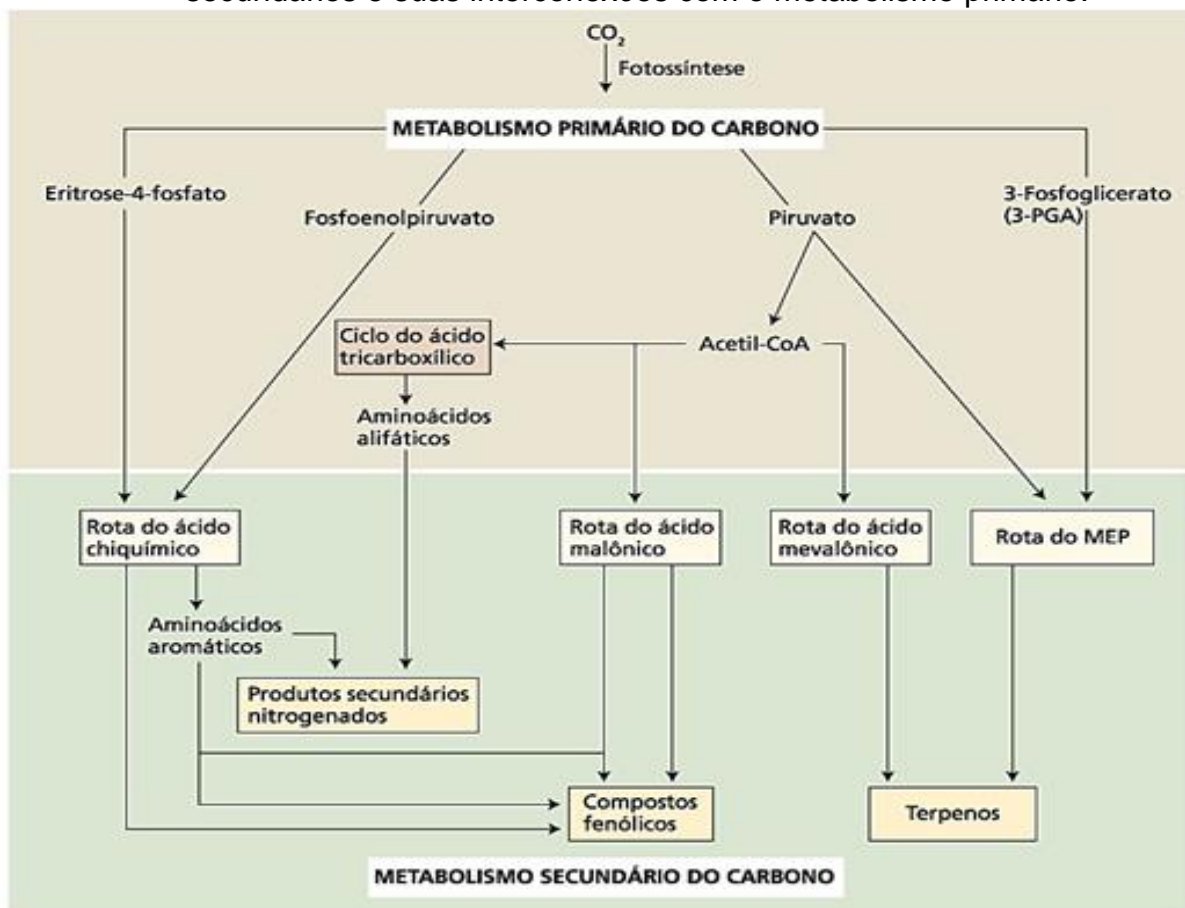
Os metabólitos secundários apresentam diferentes efeitos, podendo ser prejudiciais ou benéficos, isso irá depender do tipo, grupo funcional, propriedade química e concentração no meio estudado (BARBOSA et al., 2005; GOLDFARB et al., 2009).

A produção dos aleloquímicos, é de grande importância na ação contra ataques, seja pela inibição destes ou estímulo do crescimento e

desenvolvimento das plantas. Tais compostos químicos podem ser usados como alternativa aos herbicidas, inseticidas e nematicidas (defensivos agrícolas), o que incentiva a pesquisa dessas substâncias como substitutos dos mesmos (WALLER, 1999).

Existem várias substâncias indutoras de produção dos metabólitos secundários (Fig. 5) como o ácido jasmônico, auxina, etileno e ácido salicílico, sendo que este apresenta atividade fitorreguladora estando envolvido em processos de desenvolvimento, bem como na resposta da planta a insetos e patógenos, induzindo à síntese de genes que se expressam para inibidores de proteases (FARMER; RYAN, 1992).

**Figura 5** – Visão simplificada das principais rotas de biossíntese de metabólitos secundários e suas interconexões com o metabolismo primário.



Fonte: TAIZ & ZEIGER (2013)

### 3.3.2 Ácido Salicílico

É um hormônio vegetal orgânico, que ocorre naturalmente nas plantas e que pode promover, inibir ou modificar processos fisiológicos e morfológicos. É um regulador endógeno de crescimento, tendo origem a partir de compostos fenólicos (Fig. 6 e 7) (TAIZ; ZEIGER, 2013).

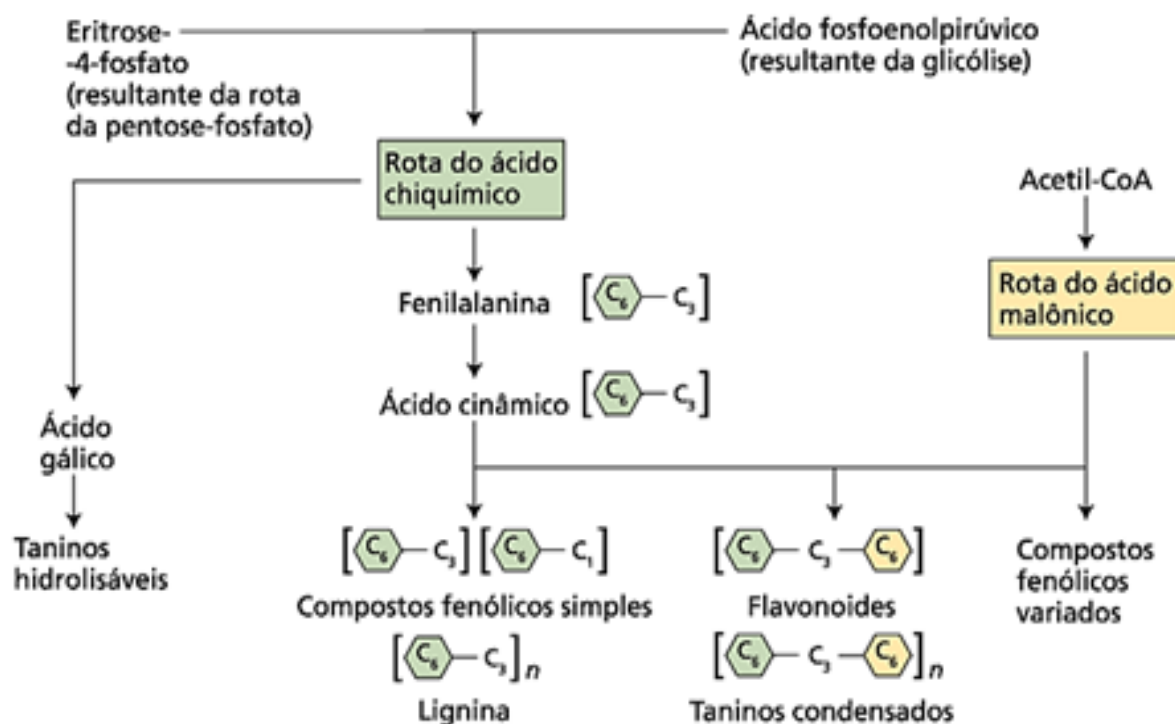
O ácido salicílico (SA) está ligado a uma série de processos fisiológicos das plantas como crescimento e desenvolvimento em condições normais, bem como floração (HEGAZI; EL-SHRAYI, 2007), desenvolvimento de raiz (LARQUE-SAAVEDRA, 1979), comportamento estomático (RASKIM, 1992) e rendimento econômico (LOPES et al., 1996).

São atribuídos ao SA funções hormonais como bloqueio de germinação, bloqueio de resposta a ferimento, regulador de gravitropismo e inibição no amadurecimento de frutos (SRIVASTAVA; DWIVEDI, 2000). Participa também como regulador endógeno envolvido na regulação de processos e resistência a doenças e pragas, conhecido por atuar como sinalizador no metabolismo secundário (VIEIRA, 2011).

Atualmente estuda-se o efeito da utilização de SA em espécies vegetais como redutor de estresses abióticos, tendo em vista que o mesmo é um composto ativador da resistência de plantas a patógenos, bem como a estresses abióticos e algumas pragas, sendo produzido a partir da fenilalanina (MESCHÉDE et al., 2012).

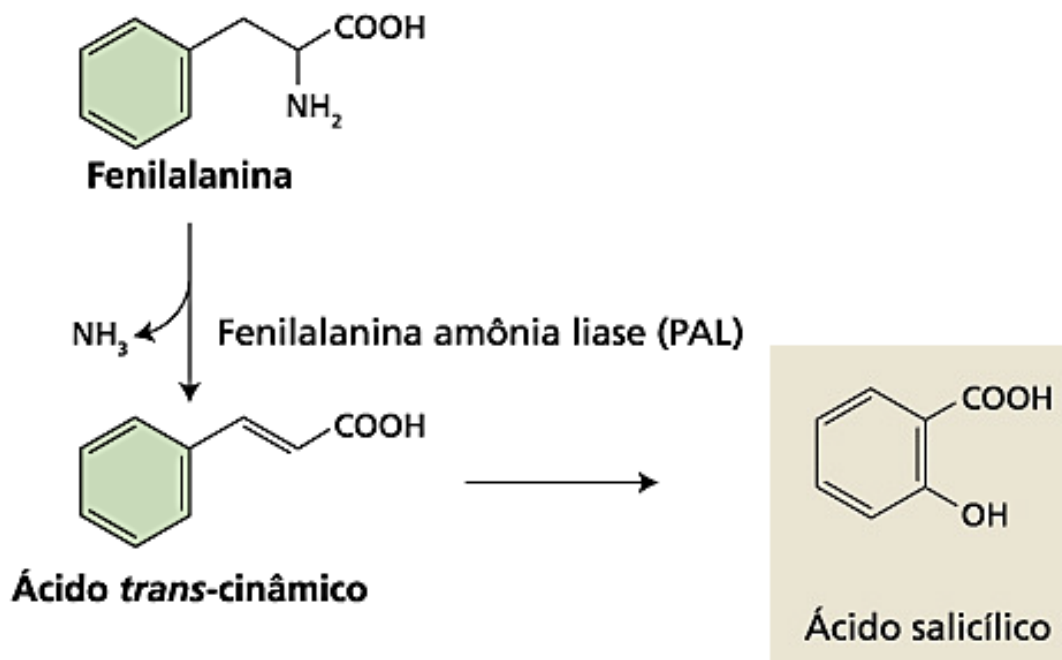
Farmer e Ryan (1990) argumentam que no sistema de interação planta-inseto, as plantas têm utilizado uma variedade de moléculas proteicas tóxicas para sua proteção contra os insetos-praga. O ataque de pragas ativa o sistema de sinalização fazendo com que ácido salicílico estimule a expressão de genes de resistências que ativam as rotas do ácido mevalônico e ácido metileritritol fosfato dando origem aos terpenos, além da formação de proteínas de resistência que estimulam ainda mais a produção de ácido salicílico e outros compostos responsáveis pela defesa da planta (TAIZ; ZEIGER, 2013).

**Figura 6** – Biossíntese dos compostos fenólicos. Rota do ácido chiquímico. Rota do ácido malônico.



Fonte: TAIZ & ZEIGER (2013)

**Figura 7** – Biossíntese do ácido salicílico a partir da fenilalanina



Fonte: TAIZ & ZEIGER (2013)

### 3.3.3 Terpenos

Os terpenos ou terpenóides são classificados de acordo com o número de isoprenos constituintes, a exemplo dos monoterpenóides, sesquiterpenóides, diterpenóides, triterpenóides, tetraterpenóides e politerpenóides (OLIVEIRA et al., 2003).

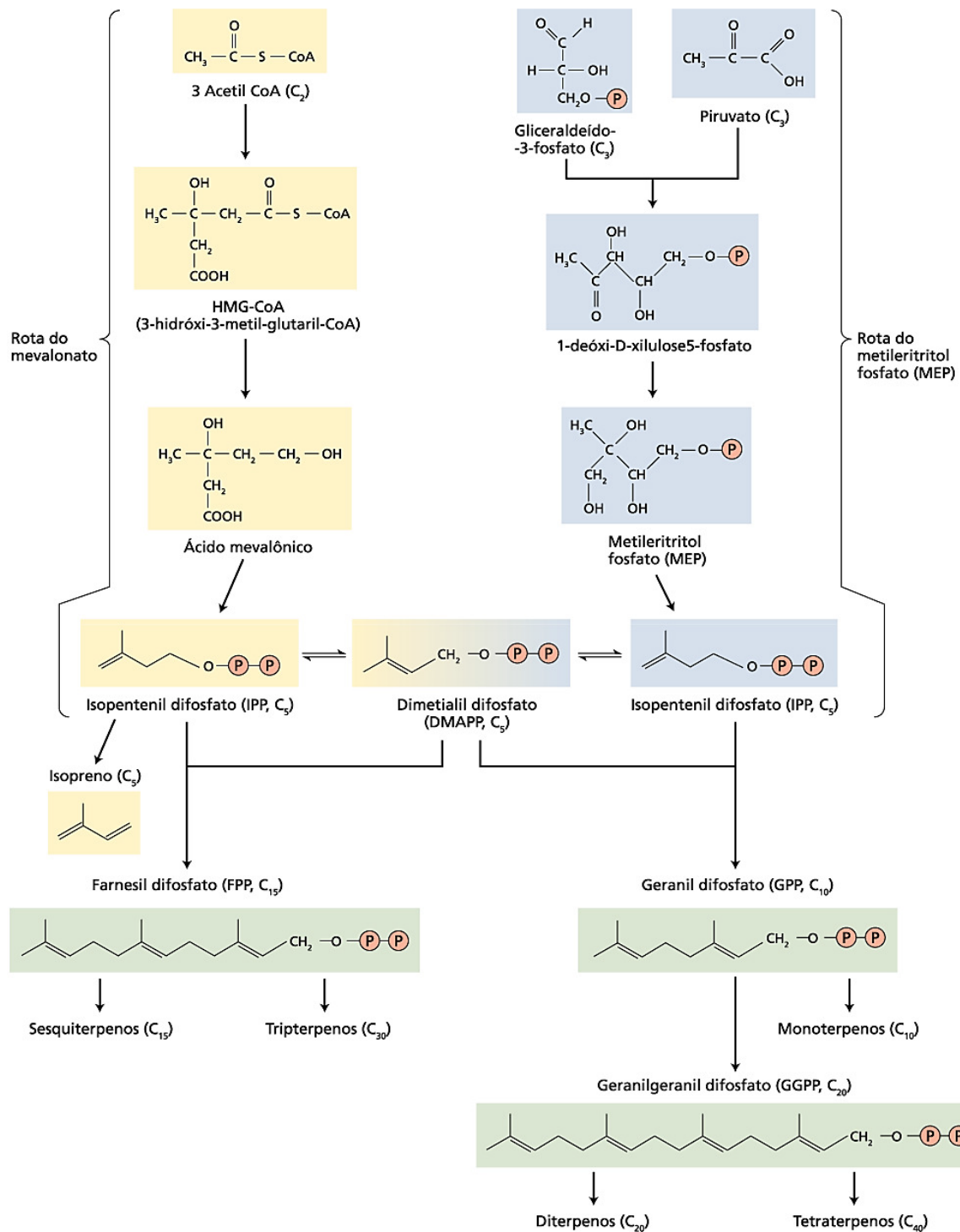
Os sesquiterpenos atuam como fitoalexinas (antibióticos produzidos pelas plantas em resposta ao ataque de microorganismos) e como agentes repelentes de herbívoros, apresentando a fórmula molecular  $C_{15}H_{24}$ . Podem ser acíclicos ou conter anéis (TAIZ; ZEIGER, 2013).

A classe de terpenos tem fórmula molecular  $(C_5H_8)_n$ , e são agrupados pelo número dessas subunidades: monoterpenos (2), sesquiterpenos (3), diterpenos (4), triterpenos (6), tetraterpenos (8), além dos politerpenos e dos meroterpenos. Alguns terpenos são partes do metabolismo preliminar: os ácidos giberélico e o ácido abscísico são reguladores do crescimento da planta. Alguns exemplos de monoterpenos: citral, cânfora, mentol e limoneno; sesquiterpenos: farnesol e zingibereno; diterpenos: fitol e vitamina A1; triterpeno: esqualeno; tetraterpeno: caroteno (TAIZ; ZEIGER, 2013).

O isopreno (hemiterpenos), é a estrutura mais simples, volátil produzido pelos tecidos fotossintéticos, e acredita-se que são produzidos por certas plantas para proteção contra altas temperaturas. O isopreno por sua vez, participa em certa parte na produção do ozônio.

A rota biossintética (Fig. 8) inicia por condensação de moléculas de AcCoA (acetilcoenzima A), dando acetoacetil-CoA na qual se condensa com outra molécula de AcCoA originando 3-hidroxi-3-metilglutaril-CoA. Este composto se reduz para converter-se em ácido mevalônico (3,5-dihidroxi-3-metilvaleriânico) e posteriormente por fosforilação e descarboxilação, em isopentenilpirofosfato (IPP), no qual, por isomerização dá lugar a dimetilalil-pirofosfato (DAMPP), composto altamente reativo. A condensação, mediante união destes dois últimos compostos origina o geranyl-pirofosfato (GPP) que possui 10 átomos de carbono e é precursor de um grande número de princípios ativos vegetais (monoterpenos, iridióides, alguns alcalóides, etc). A conexão a este GPP de novas unidades de IPP origina moléculas de maior peso molecular, aumentando o número de carbonos de cinco em cinco: sesquiterpenos (C-15), diterpenos (C-20), triterpenos (C-30) (TAIZ; ZEIGER, 2013).

**Figura 8 – Biossíntese dos terpenos**



**Fonte:** TAIZ & ZEIGER (2013)

Um dos aleloquímicos presentes nos tricomas é o terpeno Zingibereno, e segundo Carter, Sacalis e Gianfagna (1988), ocorre no ápice de tricomas glandulares tipo VI. Ganha esse nome por ser um dos constituintes do 20 óleos essenciais de raízes de gengibre (CHEN; HO, 1998). Porém existem

associações desses terpenos no tricomas glandulares tipo IV, sugerindo que teores elevados de zingibereno conferem maior resistência a pragas, promovendo a diminuição de mobilidade dos ácaros nas folhas (MALUF; CAMPOS; CARDOSO, 2001).

Considerando ainda a relação dos tricomas glandulares e a resistência a insetos e ácaros, conhecer os vários tipos de tricomas encontrados nos tomateiros é de suma importância para gerar cultivares resistentes a pragas.

### 3.4 RESISTÊNCIA INDUZIDA

A relação planta–inseto existe a milhares de anos, onde ambos co-evoluem. Assim não é surpresa nenhuma que, tanto inseto quanto planta, apresentem uma vasta variedade de mecanismos físicos e químicos que visam sua sobrevivência. Tais mecanismos apresentam interdependência química, fisiológica e morfológica, mas já foi observado que há uma relação entre fatores alimentares por parte dos insetos e comportamento vegetal (MARSCHALEK, 2000).

É conhecido que os mecanismos envolvidos nas resistências das plantas são complexos e carecem de estudos minuciosos, mas algumas pesquisas consideradas superficiais revelam compostos químicos que induzem tais resistências, podendo ser usados na repelência de insetos–praga. Assim aumentar o conhecimento baseado na química e fisiologia desses mecanismos de resistência faz–se necessário para que haja diminuição no uso de agrotóxicos (MARSCHALEK, 2000).

A indução de resistência em plantas aparece como uma possível alternativa para controlar ataques de insetos fitófagos. A resistência induzida é considerada ecológica e surge de alterações nas defesas das plantas contra insetos e patógenos, podendo ser ativadas por injúrias, danos físicos e estímulos de natureza química (PANDA; KHUSH, 1995).

Grande parte dos compostos vegetais são produzidos pelo metabolismo primário, sendo essenciais à vida das plantas. São produzidas também substâncias, que teoricamente são não–essenciais a sobrevivência da planta, a partir do metabolismo secundário que desempenham funções de grande importância

como atração de inimigos naturais, insetos polinizadores e resistência a ataques. (LOURENÇO, 2003).

O acibenzolar-S-metil vem sendo estudado como indutor de resistência em plantas. Estudos recentes comprovam sua eficácia no controle de doenças (SILVA et al., 2008) e de pragas. Já foi observado que esse composto de natureza sintética proporcionou proteção à plantas de trigo, afetando negativamente a reprodução do pulgão-verde *Schizaphis graminum* (Rond., 1852) (Hemiptera: Aphididae) (COSTA & MORAES, 2007).

Outros estudos revelaram que o silício pode estimular o crescimento e a produção vegetal, desenvolvendo proteção contra fatores abióticos e bióticos, como a incidência de insetos-praga onde o silício provavelmente desencadeou mecanismos de defesa como a produção de compostos fenólicos, quitinases, peroxidases e acúmulo de lignina (GOMES et al., 2009), podendo alterar o desenvolvimento de insetos-praga. Em pepino, a aplicação foliar de silício promoveu diminuição da preferência de *B. tabaci* para oviposição, estendendo o período de desenvolvimento do inseto e mortalidade de ninfas (CORREA et al., 2005).

### 3.5 ENZIMAS RELACIONADAS A RESISTÊNCIA DE PLANTAS

#### 3.5.1 Peroxidase e Catalase

A palavra “Peroxidase” tem por finalidade a identificação de enzimas que catalisam a oxirredução de substâncias como o peróxido de hidrogênio e outro redutores, e se apresentam nas plantas como peroxidase e catalase, estando ligadas a injúrias, danos, ataques, lignificação e formação de compostos fenólicos, e conforme as plantas passam por diversos estresses, ativam seus sistemas de defesa que estimulam a produção de inúmeras proteínas e enzimas, dentre elas a peroxidase e catalase (HIRAGA et al., 2001).

A reação química mais comum dessas enzimas é a oxidação desidrogenativa do guaiacol, resultando na formação de fenoxi que se ligam a radicais livres instáveis, levando a polimerização não enzimática de monômeros, onde hidroxicinamil álcool e seus derivados dão origem a lignina (HIRAGA et al.,

2001), participando também da peroxidação de lipídios, induzindo o acúmulo de SA (LEON et al., 1995).

### 3.5.2 Fenilalanina Amônia-Liase

A fenilalanina amônia-liase (FAL) é muito estudada por tem importância no metabolismo secundário das plantas. Sua função é catalisar a amônia da L-fenilalanina, originando o ácido *trans*-cinâmico, que é o primeiro produto formado na rota dos fenilpropanóides (JONES, 1984).

O ácido *trans*-cinâmico é precursor de inúmeros compostos que atuam contra estresse bióticos como ataque de patógenos e insetos, sintetizando fitoanticipinas e compostos fenólicos que atuam como substâncias antinutritivas, além de antocianinas, tendo sua atividade aumentada devido aos estímulos supra-citados, promovendo a síntese de compostos protetores (DIXON & PAIVA, 1995).

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido em casa de vegetação da Universidade Estadual de Londrina (23°19'42" S, 51°12'11" O e altitude 594m), segundo a classificação de Koppen, a região se enquadra no clima tipo Cfa, com verões quentes e baixa frequência de geadas.

Sementes de tomateiro variedade Santa Clara sem fungicida foram embebidas, por 5 minutos, em solução de ácido salicílico (99% de pureza) diluído em água destilada nas concentrações 2 g.L<sup>-1</sup>, 4 g.L<sup>-1</sup>, 6 g.L<sup>-1</sup>, 8 g.L<sup>-1</sup>, 10 g.L<sup>-1</sup> e controle (0 g.L<sup>-1</sup>). A seguir, foram semeadas em bandejas de poliestireno contendo substrato comercial sem adubação. Aos 25 dias após semeadura foram transferidas três mudas para cada vaso plástico de 5 L contendo Latossolo Vermelho Eutroférico e esterco curtido (1:1).

Os teores de proteínas totais solúveis e atividades das enzimas fenilalanina amônia-liase (PAL), catalase e peroxidase, e teor de zingibereno foram determinados 30 dias após o transplântio, utilizando amostras de oito plantas de cada tratamento.

Para determinação das análises bioquímicas obteve-se inicialmente um extrato protéico que foi utilizado para determinação de proteínas totais e das enzimas PAL, catalase e peroxidase. O extrato proteico foi obtido através da coleta de 0,5 g de tecido vegetal fresco (folíolo do terço superior), macerado em almofariz previamente resfriado contendo 3 ml de solução tampão fosfato de potássio, 0,2 M e pH 7,5, acondicionado em microtubo e centrifugado a 12.000 rpm a 4°C por 15 min.

A quantificação de proteínas totais foi realizada com base no método descrito por Bradford (1976). A determinação da atividade da fenilalanina amônia-liase (PAL), foi realizada através da colorimetria do ácido trans-cinâmico liberado do substrato fenilalanina, através da metodologia descrita por Kuhn (2007).

Para quantificação da catalase coletou-se em uma cubeta 900 µL da solução B (tampão fosfato de potássio 0,05 M e pH 7,0, contendo peróxido de hidrogênio 12,5 mM) e adicionou-se 100 µL do sobrenadante do extrato protéico. A atividade enzimática da catalase foi determinada pelo acréscimo na absorbância a 240 nm, utilizando-se o coeficiente de extinção molar de 36 M<sup>-1</sup> cm<sup>-1</sup> (ANDERSON et al., 1995).

Para a peroxidase coletou-se em uma cubeta 900 µL da solução A (250 µL guaiacol + 306 µL de peróxido de hidrogênio, completando o volume para 100 mL com tampão fosfato de potássio 0,01 M e pH 6,0) e 100 µL do sobrenadante do extrato proteico. Em seguida, realizou-se a leitura em um espectrofotômetro a 470 nm. A atividade da peroxidase foi determinada pela conversão de guaiacol a tetraguaiacol (LUSSO, PASCHOLATI, 1999).

Para análise de zingibereno (ZGB) foram retirados 10 discos foliares de folíolos jovens expandidos do terço superior das plantas, totalizando 10 cm<sup>2</sup>. Os discos foram colocados em microtubos, nos quais se adicionou 2 mL de hexano. Os tubos foram agitados durante 30 segundos para promover a extração do ZGB. Após a agitação, os discos foliares foram retirados. Procedeu-se a leitura de absorbância dos extratos, em aparelho espectrofotômetro, em comprimento de onda de 270 nm, sendo essa absorbância diretamente proporcional à quantidade de ZGB no extrato. Esse método é altamente correlacionado a padrões de ZGB obtidos por cromatografia líquida de alta performance (HPLC) (FREITAS et al. 2000).

Após 1 dia da análise bioquímica dos tecidos foliares, os vasos contendo três plantas cada foram colocadas em estufa com alta população de mosca-branca, para que ocorresse a infestação e oviposição dos insetos sobre as plantas. A avaliação da mosca-branca foi realizada três dias após a infestação, contando-se os adultos e ovos em uma folha, coletada ao acaso, no terço superior da planta.

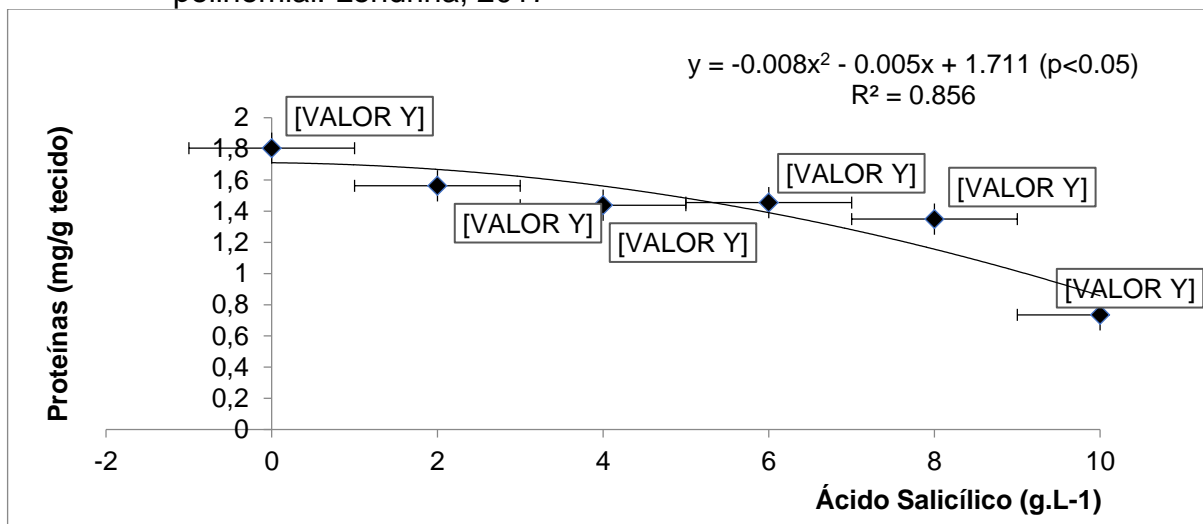
O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado com oito repetições. Os dados foram submetidos ao teste de normalidade dos resíduos e homocedasticidade das variâncias. Atendidos estes pressupostos, realizou-se regressão polinomial a 5% de significância utilizando o programa estatístico ASSISTAT.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Todos os tomateiros tratados com diferentes concentrações de ácido salicílico apresentaram diminuição no teor de proteínas totais solúveis (Fig. 9), sendo possível observar uma relação curvilínea decrescente. Esta redução, provavelmente, é devida ao desvio de rota metabólica, onde os fotoassimilados são direcionados preferencialmente para formação de compostos de defesa ao estresse, em detrimento do desenvolvimento da planta, ocasionando menor formação de proteínas (GAYLER et al., 2004).

Previamente, a produção de enzimas relacionadas ao metabolismo secundário bem como proteínas relacionadas à patogênese já foi relatada como responsável por alterações quantitativas nas proteínas solúveis durante respostas ligadas a defesas (STINTIZI et al., 1993).

**Figura 9** – Teor de proteínas totais solúveis em função da concentração de ácido salicílico no tratamento de sementes de tomateiro. Regressão polinomial. Londrina, 2017

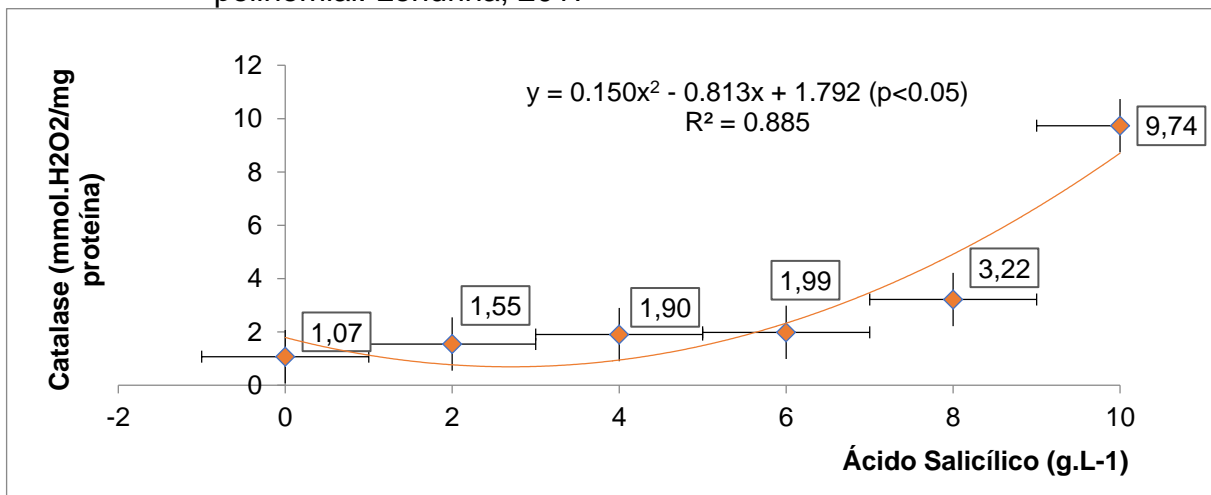


Conforme a concentração de SA foi aumentada, a atividade da enzima catalase também sofreu aumento, mostrando que a atividade dessa enzima foi estimulada pela aplicação do composto (Fig. 10). Da mesma forma, na medida em que a concentração de SA é elevada, a atividade da enzima peroxidase se eleva (Fig. 11).

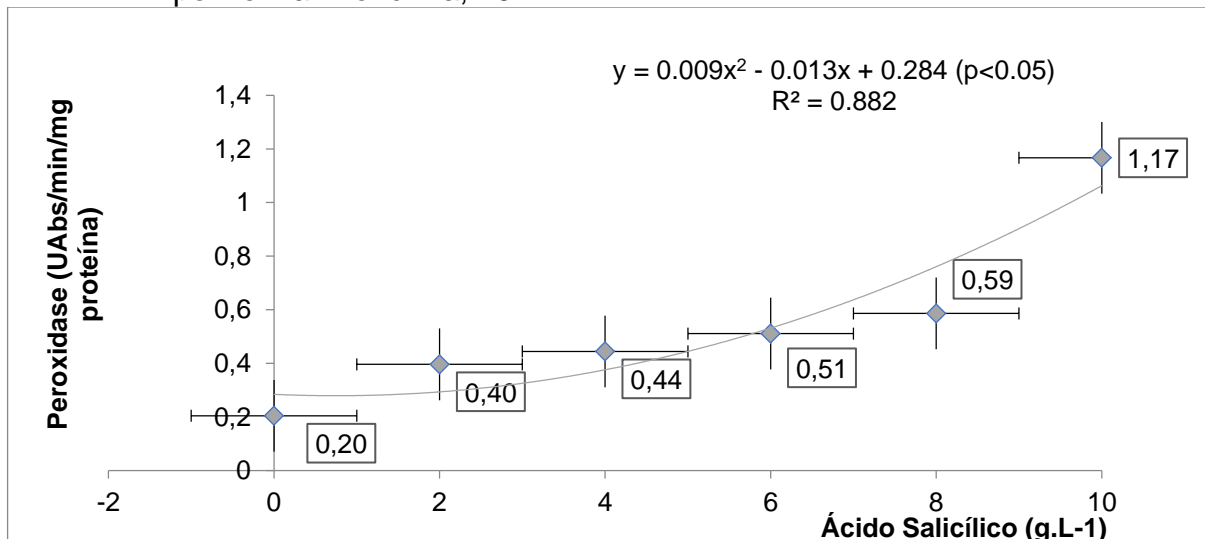
A aplicação exógena de SA, que induz a resistência sistêmica, excita uma cascata de transdução de sinais que estimulam o sistema de defesas da planta,

sendo que o elemento inicial comum dessas cascatas é a mudança transitória na permeabilidade iônica da membrana plasmática, estimulando a entrada de ions  $\text{Ca}^{+2}$  e  $\text{H}^+$  na célula e saída de  $\text{K}^+$  e  $\text{Cl}^-$ . O aumento de  $\text{Ca}^{+2}$  no citosol ativa a explosão oxidativa, além de ativar a ação da óxido nítrico sintase (TAIZ; ZEIGER, 2013), favorecendo a produção de espécies químicas. Sendo assim, a aplicação de SA estimula a formação de espécies reativas de oxigênio, aumentando assim, a atividade da peroxidase e catalase, as quais transformam o peróxido de hidrogênio ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) em água e gás oxigênio ( $\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$ ).

**Figura 10** – Atividade da enzima catalase em função da concentração de ácido salicílico no tratamento de sementes de tomateiro. Regressão polinomial. Londrina, 2017

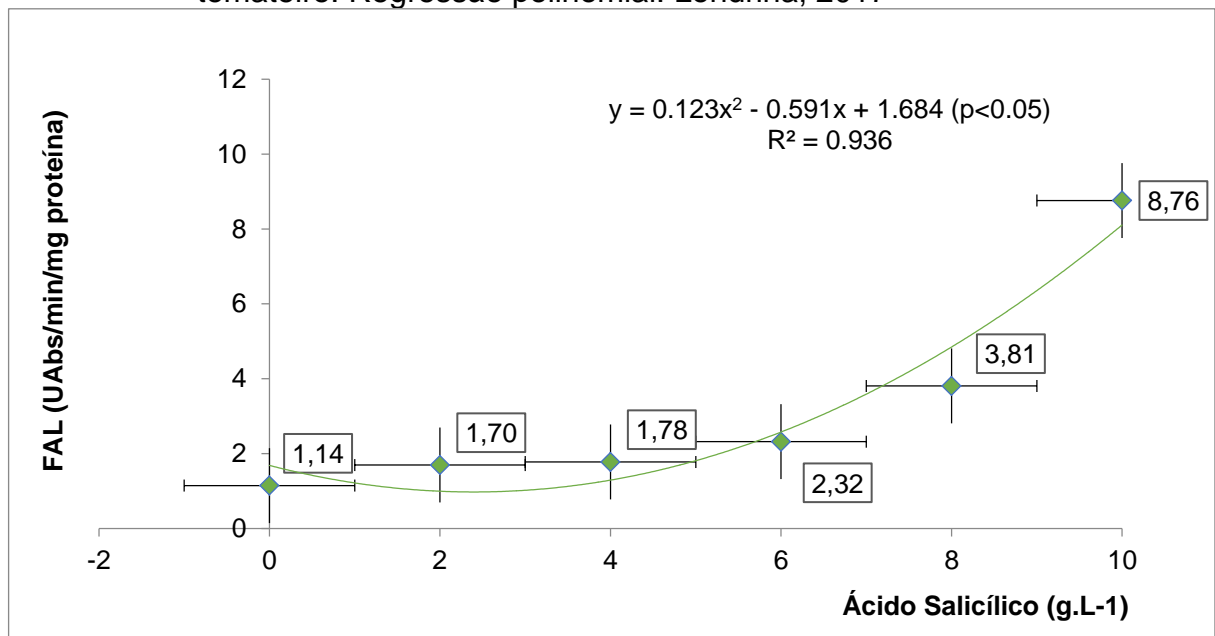


**Figura 11** – Atividade da enzima peroxidase em função da concentração de ácido salicílico no tratamento de sementes de tomateiro. Regressão polinomial. Londrina, 2017



Na análise da atividade da enzima fenilalanina amônia–liase (FAL), foi observado uma relação proporcional às diferentes concentrações de SA (Fig. 12). Entre 8g.L<sup>-1</sup> e 10g.L<sup>-1</sup> foi observado um grande aumento, situação já esperada pela aplicação de SA, que elevou os níveis da FAL, pois este quando aplicado de forma exógena, induz a produção do metil–salicilato, que é o seu precursor (RESENDE et al., 2003). Ocorre a síntese do próprio SA nos tecidos vegetais, além do aumento da atividade da enzima FAL e produção de proteínas relacionadas à patogênese (proteínas–RP).

**Figura 12** – Atividade da enzima fenilalanina amônia–liase em função da concentração de ácido salicílico no tratamento de sementes de tomateiro. Regressão polinomial. Londrina, 2017

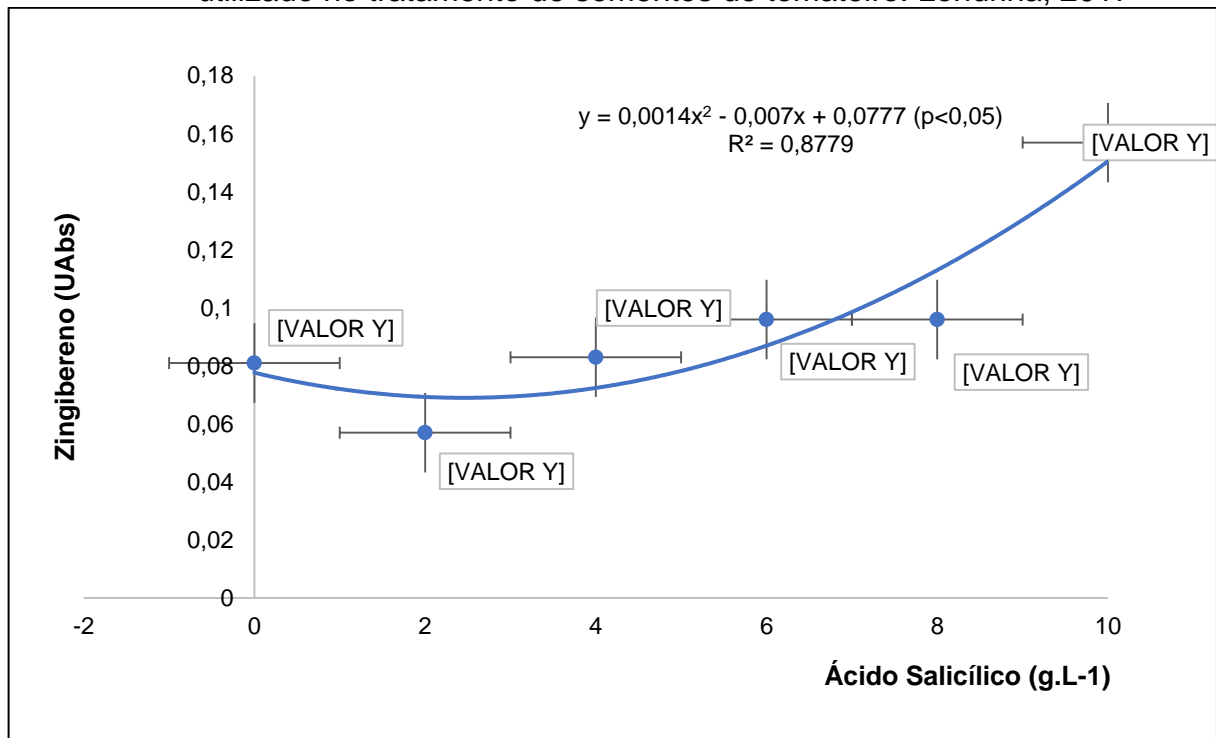


A peroxidase teve sua atividade intensificada pela aplicação do SA devido ao estímulo da FAL que está na principal rota de síntese dos compostos fenólicos, que sofrem ação da peroxidase por estar envolvida em ligações de polissacarídeos, oxidação do ácido indol–3–acético, lignificação, cicatrização, oxidação de fenóis, defesas de patógenos, entre outros (KAO, 2003).

De maneira geral, verificou–se aumento na produção de zingibereno nas folhas do tomateiro após tratamento das sementes com diferentes concentrações de SA (Fig. 13). Esses resultados confirmam que o SA é um dos principais sinalizadores de defesa e ativadores da rota metabólica secundária (MESCHEDE et al., 2012), promovendo aumento na produção do zingibereno.

De acordo com a figura 13, é possível entender que há uma relação direta entre ácido salicílico e zingibereno a partir de  $4\text{g.L}^{-1}$ , permitindo que concentrações maiores possam ser testadas.

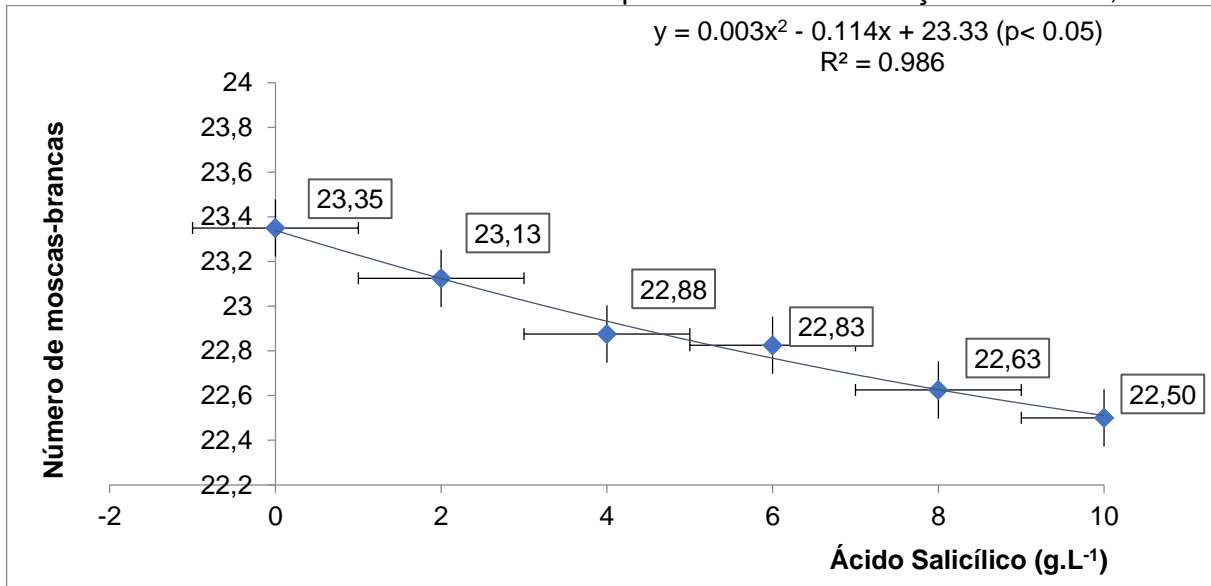
**Figura 13** – Teor de zingibereno em função da concentração de ácido salicílico utilizado no tratamento de sementes de tomateiro. Londrina, 2017



Na contagem do número de adultos de mosca-branca presentes (Fig. 14), foi possível observar que quanto maior a concentração de SA, embora em pequena magnitude, menor presença das mesmas, provavelmente devido a presença de zingibereno nos tricomas foliares. Esse resultado está de acordo com trabalho prévio, onde foi demonstrado que quanto maior o teor desse sesquiterpeno, maior foi a repelência da mosca-branca (MALUF et al., 2001).

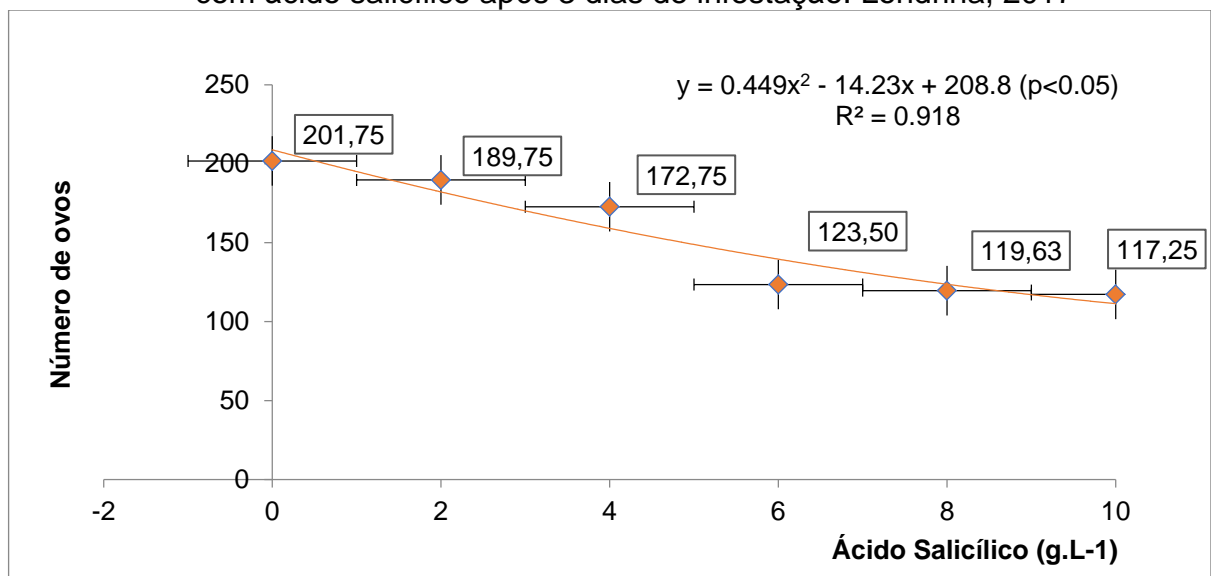
Freitas et al. (2002) já havia comprovado em tomateiros com maiores teores de zingibereno, maior efetividade da resistência a *Bemisia tabaci*, resultados também encontrados por Silva et al.(2009), que estudou variedades comerciais de tomateiro.

**Figura 14** – Número de adultos de moscas-brancas presentes em tomateiros tratados com ácido salicílico após 3 dias de infestação. Londrina, 2017



Seguindo a mesma tendência para adultos, o número de ovos foi reduzido quando as concentrações de SA foram elevadas (Fig. 15). Aparentemente, a magnitude de resposta foi superior para ovos do que para adultos. Lima (2014) observou que plantas com alto teor de zingibereno, quando comparadas com plantas de baixo teor, mostraram ser mais resistentes e menos susceptíveis a oviposição, e Silva et al. (2009) verificaram que a presença de aleloquímicos terpenóides reduz o número de ovos.

**Figura 15** – Número de ovos de mosca-branca presentes em tomateiros tratados com ácido salicílico após 3 dias de infestação. Londrina, 2017



## 6 CONCLUSÕES

A aplicação de ácido salicílico em sementes estimulou a resistência sistêmica, fazendo com que a defesa do tomateiro fosse ativada.

Aumento dos teores de zingibereno nas folhas pela aplicação de ácido salicílico nas sementes, conferindo maior resistência a mosca-branca, reduzindo o número de adultos e de ovos.

## REFERENCIAS

- AGRAWAL, A.A.; KARBAN, R. Em: The Ecology and Evolution of Inducible Defenses; TOLLRIAN, R.; HARVELL, C. D., eds.; **Princeton University Press**: Princeton, cap. 3. 1999.
- ANDERSON, G.P. et al. An update and recent validations against airborne high resolution interferometer measurements. In: **Annual JPL Airborne Earth Science Workshop**, 5, Pasadena, CA. Summaries, JPL Publication: p. 5–8, 1995.
- ALVARENGA, M.A.R. **Tomate**: produção em campo, em casa de vegetação e em hidroponia. 2a edição Lavras: UFLA, 2012.
- ARAGÃO, C.A.; DANTAS, B.F.; BENITES, F.R.G. Tricomas foliares em tomateiro com teores contrastantes do aleloquímico 2–tridecanona. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, n. 4, p. 813–816, out./dez. 2000.
- BARBOSA, L.C.A. et al. Síntese de novas fitotoxinas derivadas do 8–oxabicyclo[3.2.1]oct–6–en–3–ona. **Química Nova**, São Paulo, v. 28, n. 3, p. 444–450, 2005.
- BRADFORD, M.M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein–dye binding. **Analytical Biochemistry**, v. 72, p. 248–254, 1976.
- BRITO, L.; CASTRO, S.D. de. Expansão da produção de tomate industrial no Brasil e Goiás. **Conjuntura Econômica Goiana, Boletim Trimestral**. Goiânia: Secretaria do Planejamento e Desenvolvimento do Estado de Goiás, 2010. p. 43–52.
- CAMARGO, J.M.M.; MORAES, J.C.; OLIVEIRA, E.B.de; PENTEADO, S. do R.C.; CARVALHO, R.C.Z. de. 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**, Lavras, v.32, n. 6, p. 1767–1774, nov./ dez. 2008.
- CAMARGO, R.S. et al. Morfologia interna. In: FUJIHARA, R.T. et al. **Insetos de importância econômica: guia ilustrado para identificação de famílias**. Botucatu: Fepaf, p. 43–61, 2011.
- CAMARGO FILHO, W.P. Perspectivas do mercado de tomate para indústria e mesa. **Informações Econômicas**. v. 31, p. 51–54, 2001.
- CARNEIRO, J.S. et al. Uma proposta de manejo. **Granja**, v. 55, p. 124–125, 1999.
- CARTER, C.D.; SACALIS, J.N.; GIANFAGNA, T.J. Resistance to Colorado Potato Beetle in relation to zingiberene content of *Lycopersicon species*. **Report of Tomato Genetics Cooperative**, v. 38, p. 11–12, 1988.
- CHEN, C.C.; HO, C.T. Gas chromatographic analysis of volatile components of ginger oil (*Zingiber officinale* Roscoe) extracted with liquid carbon dioxide. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Davis, v. 36, p. 322–328, 1988.

COSTA, R.R.; MORAES, J.C.; ANTUNES, C.S. Resistência induzida em trigo ao pulgão *Schizaphis graminum* (Hemiptera: Aphididae) por silício e acibenzolar-s-methyl. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.31, n.2, p.393–397, mar./abr. 2007.

COSTA, R. R.; MORAES, J. C.; COSTA, R. R. Interação silício–imidacloprid no comportamento biológico e alimentar de *Schizaphis graminum* (Rond.) (Hemiptera: Aphididae) em plantas de trigo. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.33, n.2, p.455–460, mar./abr. 2009.

CUTTER, E.G. **Anatomia vegetal: células e tecidos**. 2ed. São Paulo: Roca, p. 303, 1986.

DIAS DE ALMEIDA, G. et al. Estresse oxidativo em células vegetais mediante aleloquímicos. **Revista Facultad Nacional De Agronomía**, Medellín, v. 61, n. 1, p. 4237–4247, Jun 2008.

DIXON, R. A.; PAIVA, N. L. Stress–induced phenylpropanoid metabolismo. **Plant cell**, Baltimore, v. 7, p. 1085–1097, 1995.

EICHELKRAUT, K.; CARDONA, C. Biología, cría massal y aspectos ecológicos de la mosca blanca *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera: Aleyrodidae), como plaga del frijol común. **Turrialba**, San Jose, v. 39, n. 1, p. 51–55, 1989.

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

FARMER, E.E.; RYAN, C.A. Octadecanoid precursors of jasmonic acid activate the synthesis of wounding inducible proteinase inhibitors. **The Plant Cell**, Dordrecht, v. 4, p. 129–134, 1992.

FERREIRA, A.G.; ÁQUILA, M.E.A. Alelopatia: uma área emergente da ecofisiologia. **Revista Brasileira Fisiologia Vegetal**. 12 (Edição especial):175–204. 2000.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Faostat. 2014. Disponível em: [www.faostat.fao.org](http://www.faostat.fao.org). Acesso em: 26 de janeiro de 2017.

FONTES, R.R. Solo e nutrição da planta. In: SILVA, J.B.C.; GIORDANO, L.B. Tomate para processamento industrial. Brasília: Embrapa. **Comunicação para Transferência de Tecnologia**, p. 22–35, 2000.

FRANÇA, F.H. et al. Manejo integrado de pragas. In: SILVA, J.B.C.; GIORDANO, L.B. (eds). Tomate para processamento industrial. Brasília: Embrapa. **Informação Tecnológica/Embrapa Hortaliças**. p. 112–127, 2000.

FRANCESCHI, V.R.; KREKLING, T.; CHRISTIANSEN, E. Application of methyl jasmonate on *Picea abies* (Pinaceae) stems induces defense–related responses in phloem and xylem. **American Journal of Botany**, v. 89, n. 4, p. 578–586, 2002.

FREITAS, J. A.; MALUF, W. R.; CARDOSO, M. G.; BENITES, F. R. G. Métodos para a quantificação do zingibereno em tomateiro, visando à seleção indireta de plantas resistentes a artrópodes-praga. **Acta scientiarum**. Maringá, v. 22, n. 4, p. 943–949, 2000.

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

GALLO, D. et al. **Entomologia agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 920p.

GAYLER, S. et al. Modelling the effect of environmental factors on the “trade off” between growth and defensive compounds in Young Apple trees. Springer Berlin / Heidelberg. **Trees**. v. 18, p. 363–371, 2004.

GIORDANO, L.B.; ARAGÃO, F.A.S.; BOITEUX, L.S. Melhoramento genético do tomateiro. **Informe Agropecuário**: tomate para mesa, Belo Horizonte, v. 24, n. 219, p. 43–57, 2003.

GOLDFARB, M.; PIMENTEL, L.W.; PIMENTEL, N.W. Alelopatia: relações nos agroecossistemas. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v. 3, n. 1, p. 23–28, 2009.

GOMES, F.B.; MORAES, J.C.; NERI, D.K.P. 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**, Lavras, v.33, n.1, p.18–23, jan./fev. 2009.

GONÇALVES, L.D. et al. Relação entre zingibereno, tricomas foliares e repelência de tomateiros a *Tetranychus evansi*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 2, p. 267–273, fev. 2006.

HAJI, F. N. P. et al. Avanços no manejo da mosca branca *Bemisia tabaci* Biótipo B. Petrolina, PE: Embapa Semi-Árido, 2004.

HEGAZI, A.M.; EL-SHRAYI, A.M. Impact of salicylic acid and paclobutrazol exogenous application on the growth, yield and nodule formation of common bean. **Australian Journal of Basic and Applied Science**, v. 1, n.4, p. 834–840, 2007.

HIRAGA, S.; SASAKI, K.; ITO, H.; OHASHI, Y.; MATSUI, H. A large family of class III plant peroxidases. **Plant & Cell Physiology**. Tokyo, v. 42, n. 5, p. 462–468, 2001.

IBGE, **Sidra**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso: 04 de Fevereiro. 2018.

JONES, D. H. Phenylalanina ammonia-lyase: regulation of its induction, and its role in plant development. **Phytochemistry**, Oxford, v. 23, p. 1349–1359, 1984

JUVIK, J.; BABKA, B.; TIMMERMANN, E. Influence of trichome exudates from species of *Lycopersicon* on oviposition behavior of *Heliothis zea* Boddie. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 14, n. 4, p. 1261–1287, 1988.

KAO, C. H. Differentia In effect of sorbitol and polyethyleneglycol on antioxidant enzymes in rice leaves. **Plant Growth Regulation**, v. 39, p. 83–89, 2003.

KARBAN, R.; BALDWIN, I.T.; Induced Responses to Herbivory, **University of Chicago: Chicago**, 1997.

KUHN, O.J. **Indução de resistência em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*) por acibenzolar-S-metil e *Bacillus cereus*: aspectos fisiológicos, bioquímicos e parâmetros de crescimento e produção**. 2007. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2007.

LARQUE-SAAVEDRA, A. Stomatal closure in response to acetylsalicylic acid treatment. **Z Pflanssenphysiol**, v. 93, p. 371–375, 1979.

LEITE, G.L.D. Resistência de tomates a pragas, **Unimontes Científica**. Montes Claros, v.6, n.2 – jul./dez. 2004.

LEON, J.; LAWTON, M. A.; RASKIN, I. Hydrogen peroxide stimulates salicylic acid biosynthesis in tobacco. **Plant Physiology**, Rockville, v. 108, p. 1673–1678, 1995.

LIMA, I.P. **Seleção de genótipos de tomateiro para processamento com alto teor de zingibereno resistentes a artrópodos-praga**. 2014. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual do Centro Oeste, Guarapuava-PR, 2014.

LIN, S.; TRUMBLE, J.; KUMAMOTO, J. Activity of volatile compounds in glandular trichomes of *Lycopersicon* species against two insect herbivores. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 13, n. 4, p. 837–849, 1987.

LOPES, C.A. et al. Doenças: identificação e controle. In: SILVA JBC; GIORDANO LB (eds). *Tomate para processamento industrial*. Brasília: Embrapa. **Informação Tecnológica/Embrapa Hortaliças**. p. 88–111, 2000.

LOPEZ-DELGADO, H.; CARRITILE-CASTAÑEDA, G. Acetylsalicylic acid: its effects on a highly expressed phosphatase from *Solanum cardiophyllum*. **Biotecnologia Aplicada**. v. 13, p.186–189, 1996.

LOURENÇO, M.V. Biotecnologia de plantas medicinais: Produção de biomoléculas. **Biológico**, São Paulo, v. 65, n. 1/2, p. 63–65, 2003.

LUCKWILL, L.C. The genus *Lycopersicon*: an historical, biological, and taxonomic survey of the wild and cultivated tomatoes. **Aberdeen**: University, p. 44, 1943.

LUSSO, M.F.G.; PASCHOLATI, S.F. Activity and isoenzymatic pattern of soluble peroxidases in maize tissues after mechanical injury or fungal inoculation. **Summa Phytopathologica**. v.25, p.244–249. 1999.

MALUF, W.R.; CAMPOS, G.A.; CARDOSO, M.G. Relationships between trichome types and spider mite (*Tetranychus evansi*) repellence in tomatoes with respect to foliar zingiberene contents. **Euphytica**, Wageningen, v. 121, n. 1, p. 73–80, Aug. 2001.

MARSCHALEK, R. **Resistência genética a insetos em espécies florestais: Revisão sobre o gênero *Eucalyptus***. Blumenau, Ed. FURB, p. 192, 2000.

MARTIN, J.H.; MOUND, L.A. An annotated check list of the world's whiteflies (Insecta: Hemiptera: Aleyrodidae). **Zootaxa** **1492**, Auckland, p. 1–84, 2007.

MEDEIROS, M.A.; VILELA, N.J.; FRANÇA, N.H. Eficiência técnica e econômica do controle biológico da traça-do-tomateiro em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.24, p. 180–184, 2006.

MESCHÉDE, D.K. et al. Alterações no metabolismo da cana-de-açúcar em função da aplicação de maturadores. **Planta Daninha**, v. 30, n. 1, p. 113–119, 2012.

NAIKA, S., JEUDE, J. V. L., GOFFAU, M., HILMI, M., DAM, B. **A cultura do tomate**. Barbara van Dam, Wageningen, v. 1, p. 104, 2006.

NORRIS, D.M.; KOGAN, M. Biochemical and morphological bases of resistance. In: MAXWELL, F.G.; JENNINGS, P.R. (Ed.). **Breeding plants resistance to insects**. New York: J. Wiley, p. 23–61, 1980.

OLIVEIRA, R. B., GODOY, S. A. P., COSTA, F. B. **Plantas tóxicas: conhecimento e prevenção de acidentes**. Ribeirão Preto – SP: Editora Holos, p. 64, 2003.

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

PERALTA, I.F.; SPOONER, D.M. Granule-bound starch synthase gene phylogeny of wild tomatoes (*Solanum L.* section *Lycopersicon* [Mill.] Wettst. Subsection *Lycopersicon*). **American Journal of Botany**, v.88, p. 1888–1892, 2001.

PEREIRA, G.V.N. et al. Seleção para alto teor de açúcares em genótipos de tomateiro e sua relação com a resistência ao ácaro vermelho (*Tetranychus evansi*) e a traça (*Tuta absoluta*). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 3, p. 996–1004, 2008.

PICANÇO, M.C. et al. Effect of integrated pest management practices on tomato production and conservation of natural enemies. **Agricultural and Forest Entomology**, Chichester, v. 9, p. 327–335, 2007.

PIETERSE, C.M.J. et al. Indução de resistência sistêmica por rizobactérias e comunicação na rota de sinalização para uma defesa refinada. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, Passo Fundo, v. 13, p. 277–295, 2005.

POLSTON J.E.; ANDERSON P.K. Surgimiento y distribución de geminivirus transmitidos por mosca blanca em tomate en el Hemisferio Occidental. **Manejo Integrado de Plagas y Agroecología**, v. 53, p. 24–42, 1999.

QUINTELA, E.D. Manejo integrado dos insetos e outros invertebrados pragas do feijoeiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 25, n. 223, p. 113–136, 2004.

RASKIN, I. Role of salicylic acid in plants. **Annual review of plant physiology plant molecular biology**, v. 31, p. 293–298, 1983.

REZENDE, C.P. et al. Alelopatia e suas interações na formação e manejo de pastagens. **Boletim Agropecuário**, Universidade Federal de Lavras, MG, v. 54, p.1–55. 2003.

RIZVI, S.J.N.; RIZVI, V. **Allelopathy**: basic and applied aspects. London: Chapman & Hall, p. 480, 1992.

SALGUEIRO, V. Perspectivas para el manejo del complejo mosca blanca – virosis. In: TALLER DEL CENTROAMERICANO Y DEL CARIBE SOBRE MOSCAS BLANCAS, 1992, Turrialba. Costa Rica. Memoria: Las moscas blanca (Homoptera: Aleurodidae) en America Central y el Caribe. Turrialba: CATIE, 1993. P.20–26. (CATIE. Informe Técnico 205).

SHEWRY, P.R.; LUCAS, J.A. Plant proteins that confer resistance to pests and pathogens. **Advances in Botanical Research Incorporating Advances in Plant Pathology**, v. 26, p. 135–192, 1997.

SILVA, I. L.S. S.; RESENDE, M.L.V.; RIBEIRO JÚNIOR, P.M.; COSTA, J. C. B.; CAMILO, F.R.; BAPTISTA, J.C.; SALGADO, S.M.L. Efeito de nutrientes combinados com indutores de resistência na proteção contra a vassoura de bruxa no cacauero. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.32, n.1, p.61–67, jan./ fev. 2008.

SILVA, V.F.; MALUF, W. R.; CARDOSO, M. G.; GONÇALVES NETO, A. C.; MACIEL, G. M.; NÍZIO, D. A. C.; SILVA, V. A. Resistência mediada por aleloquímicos de genótipos de tomateiro à mosca-branca e ao ácaro-rajado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.44, n.9, p.1262–1269, set. 2009

SOUZA-FILHO, A.P. da S. **Alelopatia e as plantas**. Belém: Embrapa. Amazônia Oriental, p. 159, 2006.

SRIVASTAVA, M. K. DWIVEDI, U. N. Delaying ripening of banana fruits by salicylic acid. **Plant Science**, v. 158, p. 87–96, 2000.

STINTIZI, A. et al. Plant pathogenesis-related proteins and their role in defense against pathogens. **Biochimie**, v.75, p.687–706, 1993.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4ed. Porto Alegre: Artmed, 2013.

VENDRAMIM, J.D. A resistência de plantas e o manejo de pragas. In: CROCOMO, W.B. (Ed.). **Manejo integrado de pragas**. São Paulo: UNESP, p. 177–197, 1990.

VIEIRA, J.G. **Aplicação exógena de ácido salicílico no feijoeiro**. Presidente Prudente. 2011. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade do Oeste Paulista, Presidente Prudente, 2011.

VILLAS BÔAS, G.L. et al. Manejo integrado da mosca-branca *Bemisia argentifolii*. Bellows & Perring (Homoptera: Aleyrodidae) no Distrito Federal. Brasília: **Embrapa**. 11p. 1997 (Circular Técnica, 9).

VAN LOON, L.C. Pathogenesis-related proteins. **Plant Molecular Biology**, v.4, p.111–116, 1985.

WALLER, G.R.; FEUG, M.C. & FUJII, Y. Biochemical analysis of allelopathic compounds: plants, microorganisms, and soil secondary metabolites. In: INDERJIT;

DAKSHINI, K.M.M. & FOY, C.L. (Eds.) **Principles and practices in plant ecology**. Boca Raton, CRC Press. p.75–98, 1999.

WEIR, T.L.; PARK, S.W.; VIVANCO, J.M. Biochemical and physiological mechanisms mediated by allelochemicals. **Plant Biology**, v.7(4), p.472– 479, 2004.

WIT P.J.G.M. Visions & reflections (minireview) – How plants recognize pathogens and defend themselves. **Cellular and Molecular Life Sciences**, Switzerland, v. 64, p. 2726–2732, 2007.