



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE ENTOMOLOGIA AGRÍCOLA
CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

**Monitoramento da resistência de populações de traça-do-tomateiro,
Tuta absoluta (Meyrick, 1917), a metoxifenoizida**

Kayo César Tavares Dantas

Recife- PE

2019

KAYO CÉSAR TAVARES DANTAS

**Monitoramento da resistência de populações de traça-
do-tomateiro, *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917), a
metoxifenoazida**

Monografia apresentada ao Curso de
Bacharelado em Ciências
Biológicas/UFRPE como requisito à
obtenção do grau de Bacharel em
Ciências Biológicas.

Orientador: Prof. Dr. HERBERT ÁLVARO ABREU DE SIQUEIRA

Co-orientador: Dr. PAOLO AUGUSTUS FREITAS SILVA

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

D192m Dantas, Kayo César Tavares
Monitoramento da resistência de populações de traça-do-tomateiro, *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917), a metoxifenoziata / Kayo César Tavares Dantas. - 2019.
31 f. : il.

Orientador: HERBERT ALVARO ABREU DE SIQUEIRA.
Coorientador: PAOLO AUGUSTUS FREITAS SILVA.
Inclui referências.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Bacharelado em Ciências Biológicas, Recife, 2021.

1. *Solanum lycopersicum*. 2. Insetos-praga. 3. Inseticida,. 4. Resistência cruzada. I. SIQUEIRA, HERBERT ALVARO ABREU DE, orient. II. SILVA, PAOLO AUGUSTUS FREITAS, coorient. III. Título

KAYO CESAR TAVARES DANTAS

**Monitoramento da resistência de populações de traça-
do-tomateiro, *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917), a
metoxifenoazida**

Comissão Avaliadora:

Prof. Dr. HERBERT ÁLVARO ABREU DE SIQUEIRA – UFRPE

(Orientador)

Dra. LÍLIAN MARIA DA SOLIDADE RIBEIRO – UFRPE

(Titular)

Dra. VANESKA BARBOSA MONTEIRO – UFRPE

(Titular)

Dr. PAULO AUGUSTUS FREITAS SILVA

(Suplente)

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por sempre iluminar meus passos e conceder força para não desistir do meu sonho.

A Universidade Federal Rural de Pernambuco e a todos os professores e funcionários que fizeram parte da minha caminhada.

Ao CNPq, pela concessão da bolsa de estudos.

A minha avó, Dona Dalzira, que sempre procurou me ajudar em toda minha vida. Se eu cheguei até aqui foi graças ao grande coração que ela tem, sempre fazendo de tudo e sendo minha verdadeira mãe.

A minha Tia Buga que também sempre me ajudou e sempre mostrou que temos que procurar continuamente o conhecimento.

A minha namorada, Michelly, pela força, pois sei que sem ela eu também não teria terminado o meu TCC.

A todos os amigos que fiz na rural especialmente, Lucas, Renata, Arthur, Pedro e Luiz o único roqueiro do DB.

Aos meninos da casa smoke bio: Luiz e Japa, pois sem eles eu teria ficado sem casa e também pela amizade que eu sempre levarei pela minha vida. Muito obrigado.

Ao meu orientador Prof. Herbert Álvaro Abreu de Siqueira pela paciência e orientação durante o meu tempo no laboratório.

Agradeço a LÍlian Ribeiro pela orientação na bolsa de PIBIC e também pela paciência, pois eu sei bem que não foi fácil para ela.

Agradeço a Paolo por ter aceitado ser o meu co-orientador, e por acabar sendo um grande amigo que conquistei no laboratório.

Agradeço a Nathalia, Maria, Teófilo e Daniel pela força na hora de escrever o TCC.

Obrigado!

RESUMO

O Brasil atualmente é o nono maior produtor de tomate com aproximadamente 4,3 milhões de toneladas de frutos produzidos. A cultura do tomateiro apresenta diversos problemas fitossanitários dentre os quais está a ocorrência de insetos-praga. Devido a severidade dos seus danos, a *Tuta absoluta* pode ser considerada uma das principais pragas que acomete a cultura do tomateiro e grandes surtos pode levar a perda total da produção desta olerícola. Embora a pesquisa acadêmica contribua com alternativas de controle no manejo integrado de praga, o principal método utilizado é o controle químico. Contudo, o uso contínuo dos inseticidas é indesejável devido a diversos aspectos e o desenvolvimento de populações resistentes. Por essa razão, estudos de monitoramento devem ser realizados constantemente para auxiliar no manejo de populações que apresentam esse fenótipo objetivando minimizar os possíveis danos. Sendo assim esse trabalho teve como objetivo realizar o monitoramento de populações nacionais de *T. absoluta* com metoxifenoazida, um inibidor de crescimento de insetos (IGRs). Os bioensaios foram conduzidos usando dose recomendada pelo fabricante do produto metoxifenoazida (120 mg de i.a./L) e uma dose diagnóstica do mesmo produto para identificação das populações sensíveis (10 mg de i.a./L). Após a obtenção dos resultados, as populações que obtiveram respostas mais distintas foram submetidas a ensaios de concentração-resposta utilizando oito concentrações para obtenção das CL₅₀. Dentre as 19 populações testadas apenas oito (GML, MGM, MGMSEL, SUM, GML2SEL, IRA, IRANO, AMD+PES) apresentaram mortalidade acima de 80%. Com relação dose diagnóstica somente cinco populações apresentaram mortalidade acima de 80% (GML, MGM, MGMSEL, IRA, AMD+PES). A população de Gameleira foi utilizada como referência de suscetibilidade para o metoxifenoazida. As CL₅₀ obtidas por bioensaios de concentração-resposta foram 0,51 e 282,14 mg i.a./L para as populações de Gameleira e Guaraciaba, respectivamente. A razão de resistência entre as duas populações testadas foi de 551,90 vezes. A hipótese de resistência cruzada com o inseticida tebufenoazida foi testada e as CL₅₀ obtidas foram de 35,67 e 348,19 mg i.a./L para as populações de Gameleira e Guaraciaba, respectivamente. A razão de resistência para estas populações a tebufenoazida foi de 681,08. Dessa forma, podemos concluir uma provável resistência cruzada entre metoxifenoazida e tebufenoazida e o uso destes produtos deve ser descontinuado nessas regiões.

Palavras chave: *Solanum lycopersicum*, Insetos-praga, Inseticida, Resistência cruzada.

ABSTRACT

Brazil is currently the ninth largest tomato producer with approximately 4.3 million tons of fruit produced. The tomato crop presents several phytosanitary problems, among which is the occurrence of pest insects. Due to the severity of its damages, *Tuta absoluta* can be considered one of the main pests that affect the tomato crop and large outbreaks can lead to total loss of production of this crop. Although academic research contributes to control alternatives in integrated pest management, the main method used is chemical control. However, the continued use of insecticides is undesirable due to several aspects and the development of resistant populations. For this reason, monitoring studies should be carried out constantly to assist in the management of populations that present this phenotype in order to minimize possible damages. The objective of this work was to monitor *T. absoluta* populations with insect growth inhibitors (IGRs). The bioassays were conducted using the dose recommended by the manufacturer of the product methoxyfenozide (120 mg a.i./L) and a diagnostic dose of the same product for identification of the sensitive populations (10 mg a.i./L). After obtaining the results, the populations that obtained more distinct responses were submitted to concentration-response assays using eight concentrations to obtain the LC₅₀. Among the 19 populations tested, only eight (GML, MGM, MGMSEL, SUM, GML2SEL, IRA, IRANO, AMD + PES) presented mortality above 80%. With regard to diagnostic dose, only five populations presented mortality above 80% (GML, MGM, MGMSEL, IRA, AMD + PES). The Gameleira population was used as a reference for susceptibility to methoxyfenozide. The LC₅₀ obtained by concentration-response bioassays were 0.51 and 282.14 mg a.i./L for the populations of Gameleira and Guaraciaba, respectively. The resistance ratio between the two tested populations was 551.90 times. The probability of cross-resistance with the insecticide tebufenozide was tested and the LC₅₀ obtained were 35.67 and 348.19 mg a.i./L for the populations of Gameleira and Guaraciaba, respectively. The resistance ratio for these populations to tebufenozide was 681.08. Thus, we can conclude a probable cross-resistance between methoxyfenozide and tebufenozide and the use of these products should be discontinued in these regions.

Key words: *Solanum lycopersicum*, Insect-pest, Insecticide, Cross-resistance.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Suscetibilidade de populações de *T. absoluta* a inseticidas reguladores de crescimento após 96 h de exposição.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Distribuição mundial de *T. absoluta*. Fonte: EPPO, 2019.

<https://gd.eppo.int/taxon/GNORAB/distribution>.

Figura 2 - Traça-do-tomateiro, *Tuta absoluta*. A – adulto; B – ovos; C – lagarta; D – pupas. Fonte: Circular técnica, Embrapa 2014.

Figura 3 - Modelos de armadilhas com feromônio sexual sintético para monitoramento da traça-do-tomateiro. A – Delta (comercial); B – Redonda (artesanal). Fonte: Circular técnica, Embrapa 2014.

Figura 4 - Gaiolas para criação e oviposição dos insetos.

Figura 5 - Fonte: <https://portuguese.alibaba.com/g/tebufenozide-insecticide.html>.

Figura 6 - Ensaio da dose de campo e dose diagnóstica.

Figura 7 - Câmara climatizada(B.O.D.).

Figura 8 - Ensaio para curva de concentração

Figura 9 - Mortalidade de diferentes populações de *T. absoluta* submetidas a dose de rótulo.

Figura 10 - Mortalidade de diferentes populações de *T. absoluta* submetidas a dose diagnóstica.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	9
REVISÃO DE LITERATURA.....	11
Origem e dispersão e características do tomateiro	11
Importância sócio econômica do tomateiro	11
Distribuição e biologia da traça-do-tomateiro.....	12
Táticas de controle	14
Controle químico e resistência da traça- do-tomateiro a inseticidas	15
Resistência cruzada e múltipla	16
OBJETIVO	17
MATERIAL E MÉTODOS	17
Coleta e criação dos insetos.....	17
Inseticidas.....	18
Monitoramento por dose diagnóstica e dose recomendada.....	19
Resistência cruzada.....	20
RESULTADOS.....	21
DISCUSSÃO	25
CONCLUSÃO	26
REFERÊNCIAS	26

INTRODUÇÃO

O Brasil atualmente é o nono maior produtor de tomate com aproximadamente 4,3 milhões de toneladas produzidas desta hortaliça. Sua maior expansão no mercado ocorreu entre os anos de 1983 a 1985 e 2003 a 2005 e este aumento deve-se ao maior consumo desta solanácea estar ligado a redes de “*fastfood*” no mundo todo, podendo ser consumida tanto na forma processada como *in natura* (Carvalho *et al.* 2007; Faostat, 2011). Atualmente, no nordeste brasileiro, o estado de Pernambuco é o terceiro maior produtor de tomate, com produção de 63.346 toneladas, ficando atrás apenas dos estados da Bahia e Ceará. O agreste pernambucano pode ser considerado como o grande responsável pela produção do estado, e municípios como Camocim de São Felix, Ibimirim, Garanhuns e Bezerros contribuem de forma significativa na produção dessa hortaliça (IBGE, 2018).

A cultura do tomateiro apresenta problemas fitossanitários como a ocorrência de insetos-praga, dentre os quais se inclui a *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae), um dos principais desafios contemporâneos para entomologia aplicada e está amplamente distribuída, podendo ser encontrada em todos os principais países da América latina (Villas bôas *et al.* 2009). No Brasil, seu primeiro relato ocorreu no ano de 1979, no estado do Paraná, mais precisamente na cidade de Morretes (Muszinski *et al.* 1982). A traça-do-tomateiro foi constatada como praga em Jaboticabal no estado de São Paulo no ano de 1980 ganhando o “*status*” de praga de difícil controle após sua disseminação em todo o país (Moreira *et al.* 1981).

A presença de *T. absoluta* pode causar grandes prejuízos para a cultura do tomateiro pela severidade dos seus danos que podem levar a perda de até 100% da produção a depender da intensidade do surto. Além disso, a ocorrência dessa praga pode contribuir de forma negativa para meio ambiente e econômico devido a necessidade de uso de inseticidas e privando o agricultor do lucro esperado (Villas Bôas *et al.* 2009).

Embora a pesquisa acadêmica contribua significativamente com a elaboração de várias táticas alternativas no controle de pragas, no Brasil, o principal método de controle utilizado no manejo da *T. absoluta* ainda é o controle químico. Atualmente existem 116 produtos registrados no banco de dados do Agrofit que são utilizados no controle da traça-do-tomateiro. Embora haja uma enorme quantidade de produtos registrados, apenas 15 grupos de inseticidas estão associados a esta variedade. Entre os grupos químicos

utilizados podemos destacar: espinosinas, oxadiazinas, diamidas antranílicas e do ácido ftálico, análogos do pirazol, inibidores de crescimento, avermectinas, piretroides, dentre outros (AGROFIT, 2019).

O uso contínuo de inseticidas é indesejável devido a diversos aspectos como o desenvolvimento de populações resistentes de pragas (Kogan, 1998). Por essa razão, estudos de monitoramento devem ser realizados para auxiliar no manejo dessas populações que apresentam esse fenótipo objetivando minimizar os possíveis danos causados pela sua disseminação.

REVISÃO DE LITERATURA

1. Origem e dispersão e características do tomateiro

O tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) é uma planta que teve sua provável origem na América do sul, sendo uma hortaliça bastante utilizada em todo mundo devido a sua ampla adaptabilidade e devido à grande variedade de espécies que se adaptam desde climas tropicais à temperados (Embrapa, 2019). Pertencente à família Solanaceae, o tomateiro é uma planta de porte arbustivo que apresenta um crescimento dependente do clima no qual está inserido, sendo caracterizado como determinado ou indeterminado (Carmo *et al.* 2010).

Seu fruto, o tomate, é do tipo baga e é um dos mais consumidos no mundo, sendo extremamente ricos em água e vitaminas (principalmente a vitamina C), bem como em antioxidantes principalmente quando maduro. Possuem várias formas, tamanhos e cores, no entanto, é comum apresentarem formato arredondado e, quando maduros, apresentar uma coloração avermelhada. Estes podem ser ingeridos frescos, em saladas, como parte de molhos, cozinhados ou em geleias e compotas (Embrapa, 2019).

2. Importância socioeconômica do tomateiro

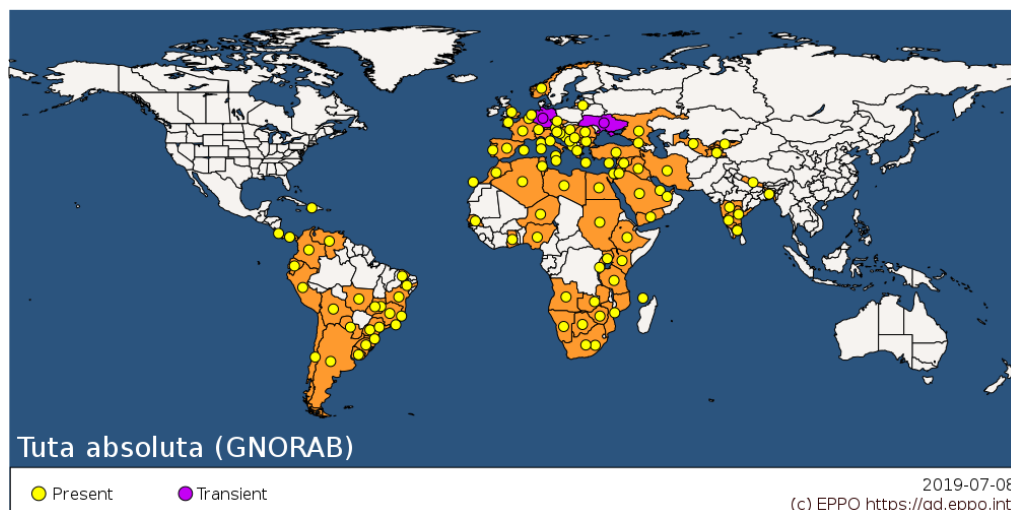
O tomateiro representa uma das culturas mais importantes do cenário agrícola brasileiro. É a segunda hortaliça em importância econômica cultivada no Brasil e seu consumo *per capita* é estimado em 6,3 kg com a produção de 4,3 milhões de toneladas/ano. Os maiores produtores são a China com 56 milhões de toneladas e a Índia com a produção de 18 milhões de toneladas (FAOSTAT, 2011). Em relação à produção nacional, a região Sudeste teve participação de aproximadamente 41,4%, a região Centro-oeste com 33,5%, a região Sul com 13,2% e a região Nordeste com 11,6%, sendo o estado de Pernambuco o maior produtor nordestino desta olerícola (IBGE, 2018).

Além disso, o tomateiro tem alta importância socioeconômica por ser um alimento de fácil acesso, além de ser rico em nutrientes, e seu cultivo é responsável por gerar empregos e aprimorar a renda do produtor rural (Demune *et al.* 2017).

3. Distribuição e Biologia da traça-do-tomateiro

O cultivo do tomateiro do decorrer do seu ciclo pode ser acometido por diversos problemas de ordem fitossanitária, dentre os quais podemos destacar a ocorrência de pragas como a *T. absoluta*. A traça-do-tomateiro, como é vulgarmente conhecida, é uma praga invasora, nativa da América do Sul e seu primeiro relato no Brasil ocorreu na cidade de Morretes, estado do Paraná, em 1979 (Muszinski *et al.* 1982). Foi constatada em Jaboticabal-sp no ano de 1980 onde foi oficialmente anotada como praga após análise das coletas, ganhando o status de praga de difícil controle após sua disseminação em todo o país na década de 80. Foi encontrada em 2006 no norte da Espanha Oriental (Urbaneja *et al.* 2007) e desde então, entrou e espalhou-se rapidamente por todo o Sul da Europa, Norte da África e em todo o Mediterrâneo (EPPO, 2005). Em 2009, a presença desta praga foi confirmada na Itália, França, Malta, Reino Unido, Grécia, Suíça, Portugal, Marrocos, Argélia, Tunísia, Líbia e Albânia (EPPO, 2009). Em 2019, *T. absoluta* tem sua distribuição em aproximadamente 88 países, divididos entre a África, Ásia, América e Europa, como mostra a figura 1 (EPPO, 2019). Diante de todos estes registros, *T. absoluta* tornou-se nos últimos anos uma praga de distribuição mundial.

Figura 1. Distribuição mundial de *T. absoluta*. Fonte: www.eppo.int



Esse inseto-praga apresenta alto potencial destrutivo podendo ocasionar perdas de até 100% na produção do tomate, sendo considerada uma das principais pragas dessa cultura. Suas larvas são minadoras e atacam intensamente as gemas e os brotos terminais, construindo nas folhas galerias transparentes causadas pelo consumo integral do mesofilo

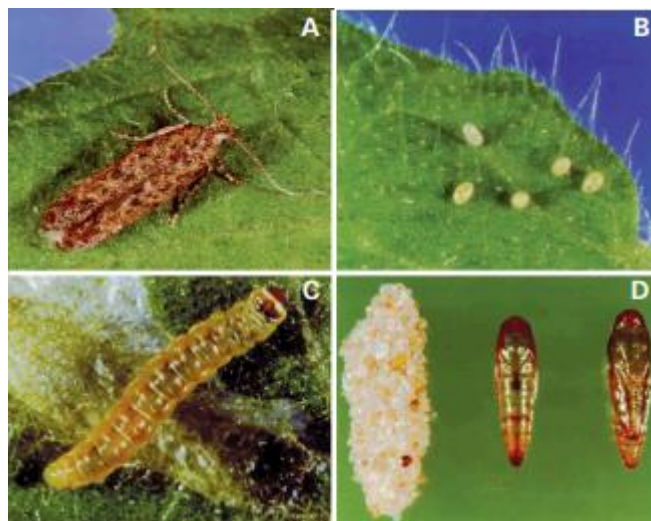
e, quando ataca os frutos, pode inutilizá-los completamente (Souza *et al.* 1992; Michereff Filho *et al.* 2000).

Quando há alimento disponível, *T. absoluta* apresenta alto potencial reprodutivo podendo ter de 10 a 12 gerações por ano em regiões de clima tropical. Seu ciclo biológico ocorre em torno de 30 dias, dependendo das variações ambientais, podendo haver sobreposição de gerações nas fases de desenvolvimento (Desneux *et al.* 2010). A duração dos estágios de crescimento dessa praga é de aproximadamente 4,8 dias para a incubação dos ovos e 13 dias para o desenvolvimento da larva, enquanto que o período de pupa e adulto completa-se em 10 e 7,5 dias (Coelho *et al.* 1987).

Os ovos são depositados preferencialmente nas folhas do terço apical e mediano do tomateiro de forma isolada ou em menores grupos, mas também podendo ser depositados em hastes, flores e frutos (Pratissoli *et al.* 2003; Embrapa, 2014). Os ovos são pequenos medindo aproximadamente 0,38 mm de comprimento por 0,22 mm de largura, cilíndricos e apresentam coloração branco-brilhante ou amarelo-claro, evoluindo quando próximos à eclosão, para a coloração marrom ou avermelhada (EPPO 2006).

A larva da *T. absoluta* passa por quatro ínstares, sendo estes identificados em função do comprimento do corpo e largura da cápsula cefálica, sua coloração tende a variar do amarelo-claro ao pardo-escuro. As pupas podem ser observadas tanto nos folíolos, envolvidas por um casulo, quanto dentro de galerias, nos frutos e/ou no solo e sua coloração varia de verde a marrom (Coelho *et al.* 1987). A traça-do-tomateiro, na sua forma adulta, é uma pequena mariposa de cor cinza-prateada, com manchas pretas sobre as asas anteriores (Figura 2). Fêmeas, quando bem alimentadas realizam uma média de postura de 262 ovos num período de 8,5 dias (Imenes *et al.* 1990).

Figura 2. Ciclo biológico da traça-do-tomateiro, *Tuta absoluta*. A – adulto; B – ovos; C – lagarta; D – pupas. Fonte: Circular técnica, Embrapa 2014



4. Tática de controle

A forma mais utilizada e escolhida pelos agricultores é o controle químico, contudo há outras formas de combate a traça-do-tomateiro. Uma das táticas é o controle cultural que pode ser realizado pela catação dos frutos infestados, em seguida esse material é incinerado para evitar a sobrevivência dos insetos contidos nos frutos coletados (França *et al.* 1996). Além disso, a irrigação por aspersão pode contribuir na inviabilização, além da retirada das posturas distribuídas no tomateiro (Costa *et al.* 1998). No caso do controle biológico pode ser feita a inoculação de parasitoides *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) e/ou também pela pulverização de *Bacillus thuringiensis* durante o ciclo do tomateiro (Haji *et al.* 2002).

As duas últimas técnicas supracitadas se utilizadas de forma inteligente podem reduzir 70% no custo do controle desta praga, além do aumento significativo na produção de frutos sadios e menor contaminação ambiental (Haji *et al.* 1995).

Embora agricultores precisem realizar até 20 pulverizações no decorrer do ciclo do tomateiro, a utilização de armadilhas com feromônios (Figura 3) pode indicar o momento no qual o controle químico deve ser iniciado com eficácia, o que acaba reduzindo os custos do cultivo desta hortaliça (França, 1993).

Figura 3. Modelos de armadilhas com feromônio sexual sintético para monitoramento da traça-do-tomateiro. A – Delta (comercial); B – Redonda (artesanal). Fonte: Circular técnica, Embrapa 2014



5. Controle químico e resistência da traça-do-tomateiro a inseticidas

Pulverizações sistemáticas são necessárias no decorrer do ciclo do tomateiro e atualmente 116 produtos estão registrados para o controle da traça-do-tomateiro (Agrofit, 2019). Contudo, muitos dos compostos disponíveis atualmente no mercado não têm mostrado eficácia no controle desta praga e uma das possibilidades para perda da eficácia destes produtos pode ser atribuída ao surgimento de populações resistentes que apresentam respostas de sobrevivência a estes produtos (Thomazini, 2001).

A resistência é o desenvolvimento de uma característica adaptativa em uma determinada linhagem devido a pressão seletiva sofrida com o contato constante aos produtos químicos, causando alterações genéticas que afetam as proteínas alvos dos inseticidas e/ou o seu metabolismo. Dessa forma, populações que antes eram suscetíveis a um determinado xenobiótico passam a tolerar altas doses do mesmo (Georghiou *et al.* 1977).

A redução da sensibilidade aos inseticidas pode ser causada por diferentes mecanismos, tais como: 1- modificações comportamentais, onde os insetos aprendem a reconhecer o inseticida e evita o contato; 2- redução na penetração cuticular, associada a modificações na sua composição; 3- resistência metabólica, por aumento da capacidade de metabolização desses produtos, através de enzimas de detoxificação; e 4- modificação nos sítios alvos dos inseticidas (Moreira *et al.* 2012).

Como o uso de inseticidas é a primeira escolha para o controle da traça-do-tomateiro, os casos de resistência vem aumentando ao longo dos anos, provocando diversos prejuízos para o cultivo dessa olerícola. Esse é agravado em países de agricultura tropical, como é o caso do Brasil, por possibilitar o cultivo de tomateiro o ano inteiro. Com isso, o uso de inseticidas para combater esta praga é intensificado e a resistência a esses químicos ocorre de maneira muito mais rápida (Croft, B. A., 1990; Siqueira et al., 2000).

Além disso, diversas consequências podem ser relatadas como o maior número de aplicações e/ou aumento da dosagem do inseticida já em uso e a substituição por outro produto que geralmente de maior toxicidade e preço, gerando problemas ecológicos, econômicos e toxicológicos, comprometendo assim os princípios do Manejo Integrado de Pragas (MIP) (Denholm *et al.* 1992).

6. Resistência cruzada e múltipla

No contexto da resistência, esta pode ocorrer de duas formas: A resistência cruzada que ocorre quando um único mecanismo de defesa confere resistência a dois ou mais inseticidas de uma mesma classe ou de modos de ação relacionados, podendo assim aumentar o risco de insucesso de novos inseticidas de outros grupos químicos (Silva *et al.* 2016). Entretanto, a resistência cruzada não infere necessariamente na resistência a outros grupos químicos de pesticidas que apresentam o mesmo local de ação (Powles *et al.* 1998).

A resistência múltipla é caracterizada como um problema de difícil solução. Ocorre quando dois ou mais mecanismos de resistência distintos e coexistentes conferem resistência a diversos inseticidas de diversos grupos químicos (Embrapa, 2014).

OBJETIVOS

GERAL

Realizar o monitoramento de populações nacionais de *T. absoluta* com metoxifenoazida, um inibidor de crescimento de insetos usados na tomaticultura.

ESPECÍFICOS

- Realizar o monitoramento de populações de *T. absoluta* utilizando a dose diagnóstica e dose recomendada do princípio ativo metoxifenoazida;
- Estimar curvas concentrações-resposta visando esclarecer uma provável resistência cruzada com o princípio ativo tebufenoazida.

MATERIAL E MÉTODOS

Coleta e criação dos insetos

Populações de *T. absoluta* foram coletadas em fase de pupa ou lagartas, nas seguintes regiões: Araguari/MG, Paty do Alferes/RJ, Iraquara/BA, Bezerras/PE, Sumaré/SP, Juazeiro/BA, Guaraciaba do Norte/CE, Pesqueira/PE, Mogimirim/SP, Gameleira/PE, Brasília/DF, Anápolis/GO, João Dourado/BA, Pirajui/SP e Gravatá/PE. As populações foram mantidas no Laboratório de Interações Inseto-tóxicos (LIIT) da UFRPE (Agronomia – Fitossanidade) usando técnicas padrões de criação para obtenção de lagartas para os bioensaios subsequentes.

Os procedimentos de criação de *T. absoluta* foram baseados naqueles utilizados por Siqueira *et al.*, (2000). Adultos da traça-do-tomateiro foram mantidos em gaiolas de 40x40x40cm para oviposição e foram alimentados com uma solução de sacarose 10%. Os ovos foram coletados diariamente e transferidos para gaiolas destinada a criação de lagartas com dimensões de 80x100x50cm contendo folhas de tomateiro para a alimentação das mesmas (Figura 4). As populações foram acondicionadas em ambiente controlado com temperatura de $25 \pm 2^\circ\text{C}$, fotoperíodo de 12:12 (L:D) e umidade relativa em torno de 60%.

Figura 4. Gaiolas para criação e oviposição dos insetos em 2019



Inseticidas

Bioensaios foram realizados com metoxifenoazida e tebufenoazida (IGR), seguindo as orientações do fabricante (Figura 5).

Figura 5. Inseticidas utilizados neste estudo. Fonte: <http://www.agross.com.br/produtos>.
Fonte: <https://portuguese.alibaba.com/g/tebufenoazide-insecticide.html>

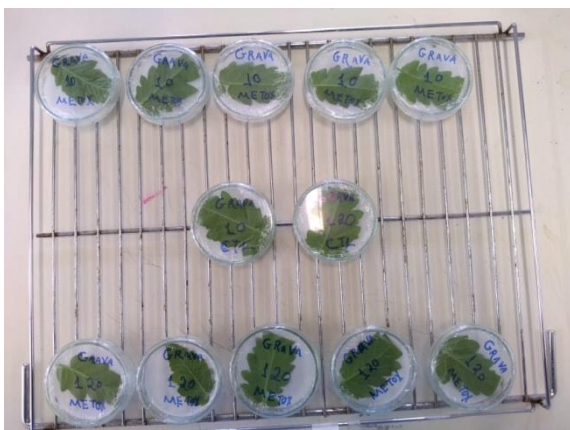


Monitoramento por dose diagnóstica e dose recomendada

Os bioensaios foram conduzidos usando a concentração diagnóstica de 10 mg/L obtida em ensaios anteriores para identificação de populações sensíveis e a dose recomendada pelo fabricante do princípio ativo metoxifenoazida (120 mg/L). Para cada ensaio foram realizadas cinco repetições e um controle foi composto por água + adjuvante. Utilizou-se dez lagartas no segundo instar por repetição, totalizando 60 lagartas por ensaio.

Para este experimento foram utilizadas as duas concentrações supracitadas + o adjuvante Agr'Óleo (Gota Indústria, Brasil) a 0,025% e o tratamento controle foi composto por água + Agr'Óleo a 0,025%. Folhas de tomateiro foram tratadas por imersão e, após secagem, foram acondicionadas em placas de Petri contendo papel filtro umedecido com 450µL de água (figura 6). Estes ensaios foram preferencialmente conduzidos com insetos da geração F1 após o estabelecimento da população em laboratório.

Figura 6. Ensaio da dose de campo e dose diagnostica 2019



Em seguida foram mantidos em câmara de crescimento (B.O.D.) (Figura 7) a $25 \pm 0,5^\circ\text{C}$, 12h de fotofase e $65 \pm 5\%$ UR por pelo menos 96 horas até a avaliação da

mortalidade. Para a avaliação da mortalidade foi adotado o critério do caminhamento das larvas por pelo menos o comprimento do corpo.

Figura 7. Câmara climatizada(B.O.D.) Fonte: <http://www.splabor.com.br>

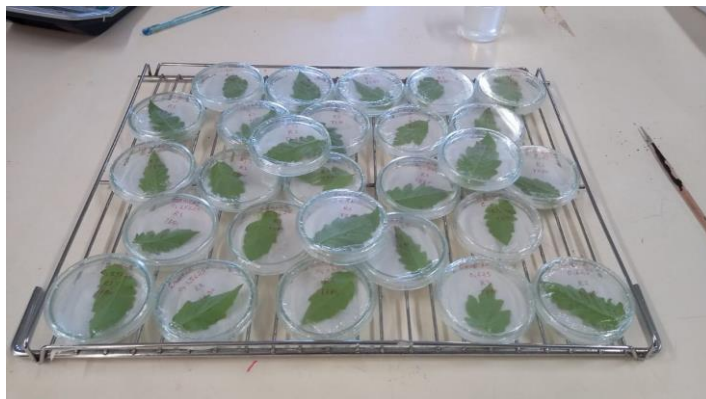


fonte <http://www.splabor.com.br>

Resistência cruzada

Para constatar a hipótese de resistência cruzada entre metoxifenoazida e tebufenoazida em *T. absoluta* foram estimadas curvas de dose-resposta para a população resistente (GBN) e suscetível (GML1), e assim obter os parâmetros de mortalidade como a CL_{50} . Oito concentrações crescentes de cada inseticida e um controle foram utilizadas em bioensaios. Para cada Bioensaio (Figura 8), foram realizadas três repetições com dez lagartas de 2º ínstar por tratamento. O experimento foi feito seguindo o mesmo método utilizado no experimento anterior.

Figura 8. Ensaio para curva de concentração 2019



Análise estatística

Os dados de mortalidade obtidos no monitoramento foram usados para calcular a percentagem de mortalidade, que posteriormente foi corrigida pela percentagem de mortalidade do tratamento controle usando a fórmula de Abbott (1925). Em seguida, análise descritiva (PROC Univariate) foi conduzida para estimativa de médias e variações. Os resultados foram comparados as mortalidades esperadas de 80 % (dose de rótulo) e 90% (dose diagnóstica), se o erro padrão não incluir valor $\geq 80\%$, a população foi diagnosticada como resistente. Para curvas de dose-resposta, os dados de mortalidade foram corrigidos pela mortalidade observada no controle (Abbott 1925) e submetidos à análise de Probit (Finney 1971) usando o programa POLO-Plus (LeOra Software Co., Petaluma, CA, USA) com $P > 0,05$ para estimar curvas de concentração-resposta para cada população e inseticida. Intervalos de confiança a 95% de probabilidade foram calculados para os valores de CL_{50} . As razões de resistência (RR_{50}) foram calculadas com base no valor de CL_{50} da população mais suscetível a cada inseticida e, portanto, usadas como referência. Os intervalos de confiança da razão de resistência foram calculados pelo método de Robertson et al. (2007) e RRs considerados significativos quando o intervalo de confiança em 95% não incluiu o valor 1,0.

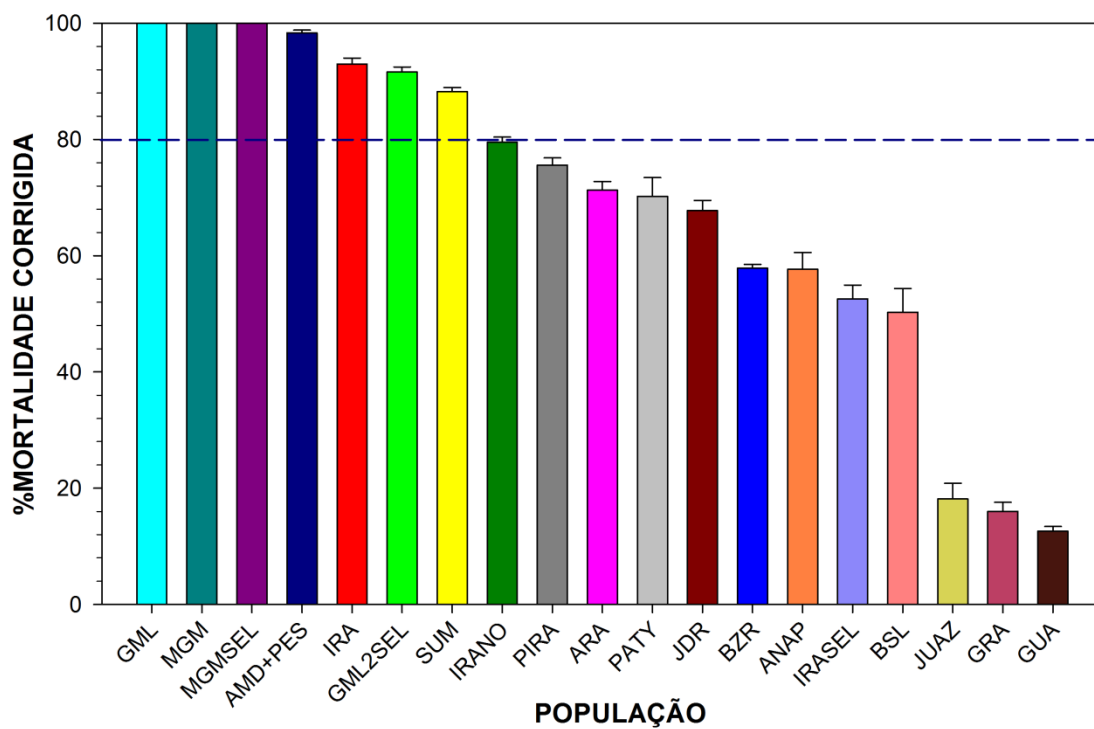
RESULTADOS

Diferentes respostas de mortalidade das populações foram observadas tanto para a concentração diagnóstica quanto para a dose recomendada. Dentre as 19 populações de *T. absoluta* avaliadas, somente oito (GML, MGM, MGM-SEL, SUM, GML2-SEL, IRA, IRANO, AMD+PES) tiveram mortalidade acima de 80% na dose de campo (figura 9). Com relação dose diagnóstica somente cinco (GML, MGM, MGMSEL, IRA, AMD+PES) populações apresentaram mortalidade acima de 80% (figura 10).

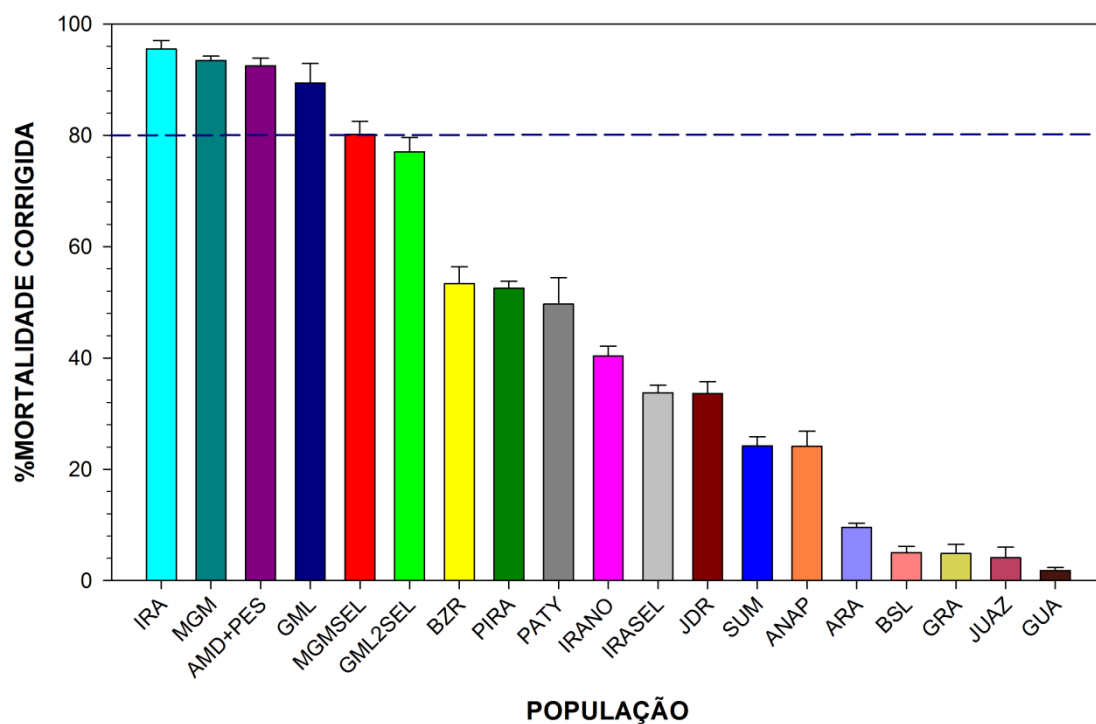
Os resultados dos bioensaios de concentração-resposta assumiram o modelo de Probit ($P > 0,05$). A concentração de metoxifenoziada estimada para ocasionar 50% da mortalidade (CL_{50}) foi 0,511 e 282,14 mg de i. a./L para Gameleira e Guaraciaba, respectivamente (Tabela 1). A população de Gameleira apresentou a menor CL_{50} para metoxifenoziada e foi utilizada como referência de suscetibilidade para este inseticida. Desta forma, a razão de resistência (RR) foi de 551,90 vezes para Guaraciaba, quando comparada com a

população de referência de suscetibilidade. As CL_{50s} para tebufenozida foram 35,67 e 348,19 mg i. a./L para Gameleira e Guaraciaba, respectivamente (Tabela 1). Assim, Guaraciaba apresentou razão de resistência de aproximadamente 10 vezes; configurando, portanto, uma resistência cruzada entre os dois inseticidas.

Figura 9. Mortalidade de diferentes populações de *T. absoluta* submetidas a dose de rótulo.



GML=Gameleira 1; MGM=Mogimirim; MGMSEL= Mogimirim sel; AMD+PES= América dourada e pesqueira; IRA= Iraquara; GML2SEL=Gameleira 2 sel; SUM= Sumaré; IRANO= Iraquara nova; PIRA=Pirajui; ARA= Araguari; PATY= Paty do alferes; JDR= João dourado; BZR= Bezerros; ANAP= Anapolis; IRASEL= Iraquara sel; BSL=Brasilia; JUAZ= Juazeiro; GRA=Gravatá; GUA= Guaraciaba;



IRA=Itaquara; MGM=Mogimirim; AMD+PES= America dourada e Pesqueira; GML=Gameleira; MGMSEL= Mogimirim sel; GML2SEL= Gameleira 2 sel; BZR= Bezerros; PIRA= Pirajui; PATY= Paty do alferes; IRANO= Itaquara nova; IRASEL= Itaquara sel; JDR= João dourado; SUM= Sumaré; ANAP= Anápolis; ARA= Araguari; BSL= Brasília; GRA= Gravatá; JUAZ=Juazeiro; GUA=Guaraciaba;

Figura 10. Mortalidade de diferentes populações de *T. absoluta* submetidas a dose diagnóstica.

Tabela 1. Suscetibilidade de populações de *T. absoluta* a inseticidas reguladores de crescimento após 96 h de exposição

Inseticidas	População	N ¹	χ^2 (GL) ²	Inclinação \pm EP ³	CL ₅₀ (LC 95%) ⁴	RR ₅₀ (LC95%) ⁵
Metoxifenoziata	Gameleira	215	5,09 (6)	2,29 \pm 0,30	0,511 (0,39 – 0,63)	1,00 (0,70 – 1,42)
	Guaraciaba	216	3,25 (6)	2,57 \pm 0,39	282,14 (201,40– 368,17)	551,90 (375,47 – 811,22)
Tebufenozida	Gameleira	302	1,94 (9)	1,55 \pm 0,18	35,67 (26,37 – 50,36)	1 (0,63 – 1,57)
	Guaraciaba	225	1,19 (6)	1,16 \pm 0,16	348,19 (206,10 – 533,81)	9,76 (5,55 – 17,17)

¹Número total de insetos tratados; ²Teste de qui-quadrado e grau de liberdade ($P > 0,05$); ³Inclinação da curva e o erro padrão; ⁴Concentração letal (mg de i.a./L); ⁵Razão de resistência: razão da estimativa de CL₅₀ entre as populações resistente e suscetível calculada por meio do teste de razão letal (Robertson et al. 2007).

DISCUSSÃO

Os inseticidas reguladores de crescimento são importantes alternativas de controle de lepidópteros-praga, pois apresentam considerável seletividade a organismos benéficos (polinizadores, predadores e parasitoides). Neste trabalho, ficou claro que tanto o metoxifenoazida quanto tebufenoazida podem estar sendo bastante utilizados para o controle de *T. absoluta* nas regiões onde a dose de campo e diagnóstica não ocasionaram mortalidade acima de 80%. Esta provável falha de controle sugere que as populações foram selecionadas e evoluíram para resistência. Altos níveis de resistência a metoxifenoazida e tebufenoazida foram observados para população de Guaraciaba o que permite concluir que exista um mecanismo em comum associado a resistência da traça-do-tomateiro a esses inseticidas. Além disso, os resultados sugerem resistência cruzada positiva de *T. absoluta* entre metoxifenoazida e tebufenoazida. É importante que os mecanismos de resistência a esta classe de inseticidas, bem como suas bases genéticas, sejam desvendados para um refinamento dos programas de manejo de resistência. Estes inseticidas pertencem ao mesmo grupo (diacilhidrazina) e atuam como agonistas do hormônio ecdisteroide, que é indispensável para a realização da muda nos insetos. Smirle et al. (2002) encontraram resultados semelhantes para *Choristoneura rosaceana* (Harris) (Lepidoptera: Tortricidae) corroborando com os resultados obtidos neste estudo.

Para o ponto de vista do manejo da resistência, a redução da pressão de seleção com as diacilhidrazinas, pode contribuir na manutenção de genes suscetíveis na população o que pode aumentar a vida útil dos produtos. Estudos avaliando o custo adaptativo em função da resistência de *T. absoluta* precisam ser realizados no futuro, o que poderá sugerir o uso de rotação de moléculas. Além disso, a população de Guaraciaba pode ser utilizada em estudo de resistência cruzada com outros compostos, bem como estudos genéticos e moleculares a fim de esclarecer qual mecanismo está envolvido nesta resistência. Rotação de inseticidas com grupos diferentes (ataque múltiplo) pode ser a alternativa adotada para manutenção da suscetibilidade e conseqüentemente da longevidade da eficiência de metoxifenoazida. Em suma, e de acordo com os resultados aqui demonstrados, conclui-se que populações de *T. absoluta* evoluíram para resistência a metoxifenoazida com resistência cruzada para tebufenoazida, sugerindo um mecanismo

em comum e os resultados obtidos neste trabalho pode ser o início da contenção da problemática denominada de resistência.

CONCLUSÃO

A maioria das populações de *T. absoluta* apresentaram sugestão falhas de controle quando submetidas à dose recomendada de metoxifenoazida.

A concentração diagnóstica é eficiente e pode auxiliar em um monitoramento mais prático com este composto.

É provável que a ocorrência de resistência cruzada entre o metoxifenoazida e o tebufenoazida ocorra por um mecanismo em comum.

Estudos complementares são necessários para esclarecer quais ou qual o mecanismo é responsável por essa resistência.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBOTT, W. S. A method of computing the effectiveness of an insecticide. **Journal of Economic Entomology**, v. 18 n. 2, p. 265-267, 1925.

AGROFIT. **Sistema de agrotóxicos fitossanitários**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Acessado em 09 de junho de 2019.

CARMO, C. A. S.; CALIMAN, L. F. **Clima, época de plantio e cultivar**. In: instituto capixaba de pesquisa, assistência técnica e extensão rural. Tomate. Vitória: incaper. 2010.

COELHO, M.C.F.; FRANÇA F.H. **Biologia, quetotaxia da larva e descrição da pupa e adulto da traça-do-tomateiro**. Pesq. Agrop. Bras. 22: 129-135. 1987

CORRÊA A. L.; FERNANDES M.C.A; AGUIAR L.A. **Produção de tomate sob manejo orgânico**. Niterói: Programa Rio Rural, 2012.

CROFT, B.A. **Management of pesticide resistance in arthropod pests**, p. 149-168. 1990.

DEMUNER A.P.V; MEIRELES. R.C; REIS .L.S; VIEIRA.G.H.S; GARCIA.W.A; ZINGER.L; PIRES.A.A; **Emergência de plântulas de tomate (*solanum lycopersicum* L.) Em diferentes tensões de retenção de água no solo**, 2017. Revista thema volume 14 | nº 4 | pág. 14 a 24.

DENHOLM, I.; DEVINE, G. J.; WILLIAMSON, M. S. **Insecticide Resistance on the Move**. Science. 297: 2222-2223. 2002.

DENHOLM, I.; ROWLAND, M.W. **Tactics for managing pesticide resistance in arthropods: theory and practice.** Annu. Rev. Entomol. 37: 91-112. 1992.

DESNEUX, N.; WAJNBERG E.; WYCKHUYS, K.A.G.; BURGIO, G.; ARPAIA, S.; NARVÁEZ VAZQUEZ, C.A.; CABRERA, J.G.; CATALÁN RUESCAS, D.; TABONE, E.; FRANDON, J.; PIZZOL, J.; PONCET, C.; CABELLO, T.; URBANEJA, A. **Biological invasion of European tomato crops by *Tuta absoluta*: ecology, geographic expansion and prospects for biological control.** J. Pest Sci. 83: 197-215. 2010.

EMBRAPA. <https://www.embrapa.br/hortalicas/tomate-de-mesa/caracteristicas>. 2019.

EMBRAPA. **Manejo integrado de pragas do tomateiro para processamento industrial.** Brasília, DF Fevereiro, 2014.

EPPO. **European and Mediterranean Plant Protection Organization** Dados: EPPO Reporting Service, N°. 12. 2009.

EPPO. **European and Mediterranean Plant Protection Organization.** Dados: sheets on quarantine pests. *Tuta absoluta* document. 2006.

EPPO. **European and Mediterranean Plant Protection Organization.** *Tuta absoluta*. Bulletin OEPP/EPPO Bulletin 35: 434-435. 2005.

EPPO. **European and Mediterranean Plant Protection Organization.** *Tuta absoluta* distribution. 2019.

FAOSTAT. **Statistical database. Food and agricultural organization.** Food and agriculture organization of the united nations, roma. 2011.

FILHO, M.; VILELA, E. F. **Traça-do-tomateiro, *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae).** pp. 81-84. In: E. F. Vilela, R. A. Zucchi & F. Cantor (eds.), *Pragas introduzidas*. Holos Editora, São Paulo, 173p. 2000.

FINNEY, D. J. **Probit Analysis.** London, England: 1971.

FRANÇA, F.H. **Por quanto tempo conseguiremos conviver com a traça-do-tomateiro.** Horticultura Brasileira 11: 176-178. 1993.

FRANÇA, F.H.; VILLAS BÔAS, G.L.; CASTELO BRANCO, M.; MEDEIROS, M.A.. **Manejo integrado de pragas.** P.112-127. In silva, J.B.C & L.B. Giordano (orgs). *Tomate para processamento industrial*. Brasília, Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, Embrapa hortaliças. 168p. 2000.

GEORGHIOU, G.P.; TAYLOR, C.E. **Genetic and biological influences in the evolution of 310 insecticide resistance.** J. Econ. Entomol. 70: 319-323. 1977.

M.B. GREEN M.B.; MOBERG W.K.; LEBARON H.M. (eds.), **Managing resistance to agrochemicals: fundamental and practical approaches to combating resistance.** Washington. Am. Chem. Soc. 498p. 1990.

Haji F.N.P; FREIRE L.C.L; ROA F.G; SILVA C.N; JUNIOR.M.M.S.; SILVA M.I.V.; **Manejo integrado de *Scrobipalpoides absoluta* (Polvony) (Lepidoptera: Gelechiidae) no Submédio São Francisco.** In: SOCIEDADE ENTOMOLÓGICA DO BRASIL, 24 *Anais...* Jaboticabal: 587-591. 1995.

IBGE. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola.**
<https://sidra.ibge.gov.br/home/lspa/pernambuco>. 2018.

IMENES, S.D.L.; FERNANDES M.A.U.; CAMPOS, T.B.; TAKEMATSU A.P.
Aspectos biológicos e comportamentais da traça-do-tomateiro *Scropipalpula absoluta* (Meyrick), (Lepidoptera: Gelechiidae). Arq. Inst. Biol. 57: 63-68. 1990.

KOGAN, M. **Integrated pest management historical perspectives and contemporary developments.** Annu. Rev. Entomol. 43: 243-270. 1998.

MEDEIROS, M. A.; VILELA, N.J; FRANÇA, F.H. **Eficiência técnica e econômica do controle biológico da traça-do-tomateiro em ambiente protegido.** 2006

MOREIRA, M. F.; MANSUR, J.F.; FIGUEIRA-MANSUR, J. **Resistência e Inseticidas: Estratégias, Desafios e Perspectivas no Controle de Insetos.** 2012.

MOURA, A.P; FILHO, M.M; GUIMARÃES, J.A; LIZ, R.S; **Manejo integrado de pragas do tomateiro para processamento industrial (Circular Técnicas).** Bbrasil, DFdf fevereiro, 2014.

MUSZINSKI, T.; LAVENDOWSKI I.M.; MASCHIO, L.M.A. **Constatação de *Scrobipalpula absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera: Gelechiidae), como praga do tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.) no litoral do Paraná.** An. Soc. Entomol. Bras. 11: 291-292. 1982.

POWLES, S.B; PRESTON, C. **Herbicida resistência cruzada e resistência múltipla em plantas** . Disponível em:<<http://ipmwww.ncsu.edu/orgs/hrac/mono2.htm>>. Acesso em: 18 de jul. 1998.

PRATISSOLI, D.; PARRA, J.R.P.; FERNANDES, O.A.; OLIVEIRA, R.C.; ZAGO, H.B.; PERREIRA, F.F. **Oviposition pattern of the tomato leafminer, *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae), on tomato under different population densities of adults in greenhouse.** Agrociência. 19: 11-15. 2003.

ROBERTSON, J. L.; SAVIN, N.E.; HAIGANOUS K.; PREISLER .**Bioassays with arthropods.** 2nd. Boca Raton, FL: CRC Press Taylor & Francis Group, 2007.

ROUSH, R.T.; MCKENZIE, J.A. **Ecological genetics of insecticide and acaricide resistance.** Annu. Rev. Entomol. 32: 361-380. 1987.

SILVA, T.B.M.; SILVA, W.M.; CAMPOS, M.R.; SILVA, J.E.; RIBEIRO, L.M.S.;

SILVA, T.B.R. **Resistência de *tuta absoluta* (meyrick) (lepidoptera: gelechiidae) a inseticidas: status e mecanismos.** Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife 2014

SIQUEIRA, H. A. A.; GUEDES, R. N. C.; PICANÇO, M. C. **Cartap resistance and synergism in populations of *Tuta absoluta* (Lep., Gelechiidae)**. J appl entomol 124:233–238. V.73. 2000.

SIQUEIRA, H.A.A. **Susceptibility levels of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) to minor classes of insecticides in Brazil**. 2016.

SMIRLE, .M.J; CHERYL, .T.L.; ZUROWSKI, .C.L.; **Resistance and Cross-Resistance to Four Insecticides in Populations of Obliquebanded Leafroller (Lepidoptera: Tortricidae)**. Journal of Economic Entomology, Volume 95, Issue 4, 1 August 2002, Pages 820–825.

SOUZA, J. C.; REIS, P. R. **Traça-do-tomateiro: histórico, reconhecimento, biologia, prejuízos e controle**. Epamig, Lavras, 20p. 1992.

THOMAZINI, A. P. B. W.; VENDRAMIN, J. D.; BRUNHEROTTO, R.; LOPES, M. T. R.. **Efeito de genótipos de tomateiro sobre a biologia e oviposição de *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae)**. Neotrop. Entomol. 30: 283-288. 2001.

URBANEJA, A.; R. VERCHER, R.; NAVARRO, V.; PORCUNA, J.L.; GARCÍA-MARÍ, F. **La polilla del tomate, *Tuta absoluta***. Phytoma Esp. 194: 16-24. 2007.

VILLAS BÔAS, G. L.L; BRANCO, M.C; MEDEIROS, M.A;. **Manejo integrado da traça-do-tomateiro (*tuta absoluta*) em sistema de produção integrada de tomate indústria (piti)**. Brasília, DF dezembro, 2009.