

GEFFERSON PEREIRA DA PAIXÃO

**MORTALIDADE E PROBABILIDADE DE FALHA ASSOCIADAS AO CONTROLE
QUÍMICO DE *Tuta absoluta* EM TOMATE EM FUNÇÃO DO TAMANHO DE
GOTAS E DO VOLUME DE PULVERIZAÇÃO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

Orientador: Marconi Ribeiro Furtado Júnior

Coorientador: Paulo Roberto Cecon

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2021**

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

T

Paixão, Gefferson Pereira da, 1988-

P149m
2021

Mortalidade e probabilidade de falha associadas ao controle químico de *Tuta absoluta* em tomate em função do tamanho de gotas e do volume de pulverização / Gefferson Pereira da Paixão. – Viçosa, MG, 2021.

1 tese eletrônica (127 f.): il. (algumas color.).

Orientador: Marconi Ribeiro Furtado Júnior.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa,
Departamento de Engenharia Agrícola, 2021.

Inclui bibliografia.

DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2022.063>

Modo de acesso: World Wide Web.

1. Traça-do-tomateiro. 2. Produtos químicos agrícolas - Aplicação. 3. Deposição. I. Júnior, Marconi Ribeiro Furtado, 1987-. II. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Engenharia Agrícola. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola. III. Título.

CDD 22. ed. 635.642978

GEFFERSON PEREIRA DA PAIXÃO

**MORTALIDADE E PROBABILIDADE DE FALHA ASSOCIADAS AO CONTROLE
QUÍMICO DE *Tuta absoluta* EM TOMATE EM FUNÇÃO DO TAMANHO DE
GOTAS E DO VOLUME DE PULVERIZAÇÃO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

APROVADA: 22 de junho de 2021.

Assentimento:


Gefferson Pereira da Paixão
Autor


Marconi Ribeiro Furtado Júnior
Orientador

*Aos irmãos Herbert e Helenuccia, pela amizade verdadeira, lealdade e
companheirismo.*

Ofereço

*Aos meus pais Gerson Oliveira da Paixão e Vicentina do Carmo da Paixão,
pelo exemplo de vida e amor incondicional.*

*À minha esposa Poliana e meu filho Arthur pelo apoio, superação e
dedicação.*

Dedico

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa (UFV) em especial ao Departamento de Engenharia Agrícola, pela oportunidade em cursar o Doutorado e realizar este trabalho.

Aos meus amigos e orientadores professores Marconi Ribeiro Furtado Junior e Mauri Martins Teixeira, pela confiança, apoio e paciência.

Aos amigos de trabalho do CENTREINAR e do Instituto Federal do Norte de Minas Gerais pelo apoio.

Ao diretor presidente da Herbicat Luis César Pio, pelo apoio, confiança e sugestões na condução dos experimentos.

Aos amigos e técnicos do Laboratório de Mecanização agrícola do Departamento de Engenharia Agrícola.

Aos amigos e técnicos do Laboratório de Manejo Integrados de Pragas do departamento de Entomologia, em especial ao Paulo Antônio Santana Junior.

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

“Não chore pelo que você perdeu, lute pelo que você tem. Não chore pelo que está morto, lute por aquilo que nasceu em você. Não chore por quem o abandonou, lute por quem está a seu lado. Não chore por quem o odeia, lute por quem o quer feliz. Não chore pelo seu passado, lute pelo seu presente. Não chore pelo seu sofrimento, lute pela sua felicidade. Não é fácil ser feliz, temos que abrir mão de várias coisas, fazer escolhas e ter coragem de assumir ônus e bônus para ser feliz. Com o tempo vamos aprendendo que nada é impossível de solucionar, apenas siga adiante com quem quer e luta para estar com você. Se engana quem acha que a riqueza e o status atraem a inveja...as pessoas invejam mesmo é o sorriso fácil, a luz própria, a felicidade simples e sincera e a paz interior...”

(Papa Francisco)

RESUMO

PAIXÃO, Gefferson Pereira da, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, junho de 2021. **Mortalidade e probabilidade de falha associadas ao controle químico de *Tuta absoluta* em tomate em função do tamanho de gotas e do volume de pulverização.** Orientador: Marconi Ribeiro Furtado Júnior. Coorientador: Paulo Roberto Cecon.

Dentre os diversos fatores que podem afetar o controle químico da *Tuta absoluta* a eficiência dos diferentes métodos de aplicação empregados a campo merece destaque uma vez que devem garantir a deposição do ingrediente ativo em quantidade suficiente para o controle da espécie. No entanto, as diferenças tanto na deposição da calda nas folhas como também na capacidade de distribuição da mesma para o interior do dossel das plantas podem ocasionar diferentes probabilidades de falhas no controle e assim, funcionar como um catalizador para o aumento da resistência de populações da espécie aos inseticidas. Sendo assim, este estudo foi dividido em dois capítulos tendo como objetivos avaliar a mortalidade da *Tuta absoluta* e a dispersão do volume depositado em folíolos de tomate em função do tamanho de gotas e do método de tratamento químico com Abamectina como também identificar e estimar a correção da probabilidade de falhas associada à expectativa de controle de diferentes populações de *Tuta absoluta*, baseadas na eficiência de aplicação proporcionada por diferentes volumes, tamanhos de gotas e tipos de pulverizadores no controle químico dessa espécie em plantas de tomate. No primeiro capítulo foi realizado um estudo a nível laboratorial, em que foram avaliadas as variáveis mortalidade, volume depositado, densidade superficial de ingrediente ativo na superfície foliar, densidade de gotas e porcentagem de cobertura em função do tratamento químico com Abamectina realizado por diferentes métodos de pulverização e tamanho de gotas. No segundo, os tratamentos foram aplicados em plantas de tomate a campo utilizando dois pulverizadores portáteis, um hidráulico e outro pneumático e foram mensuradas as variáveis densidade de gotas, porcentagem de cobertura e deposição do volume retido em função de diferentes volumes de pulverização e posições nas plantas. Em seguida foi avaliada a probabilidade de controle em função da densidade superficial simulada utilizando diferentes concentrações do ingrediente ativo na solução e em diferentes populações de *Tuta absoluta*. De uma forma geral foi possível observar a possibilidade de utilização de

diferentes métodos de tratamento químico com Abamectina e em diferentes tamanhos de gotas e volumes de pulverização no controle de *Tuta absoluta*. Contudo o controle da espécie foi mais eficaz, com maiores mortalidades e menores probabilidades de falhas no controle, utilizando as pulverizações pneumática com gotas muito finas e hidráulica com gotas médias com ônus da economia de 84 % no volume aplicado ao utilizar o menor índice volumétrico proposto para a pulverização pneumática (8 mL m⁻³). Por outro lado, a maior probabilidade de falha no controle foi observada para a pulverização hidráulica com gotas finas, seguida pelas pulverizações hidráulicas com gotas grossas e médias. E para a pulverização pneumática não foi observado probabilidade de falha no controle da espécie.

Palavras-chave: Deposição. Traça do tomate. Aplicação de inseticida. Concentração de inseticida. Abamectina.

ABSTRACT

PAIXÃO, Gefferson Pereira da, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, June, 2021. **Mortality and failure likelihood to chemical control of *Tuta absoluta* in tomato plants as function of droplets size and spray volume.** Adviser: Marconi Ribeiro Furtado Júnior. Co-adviser: Paulo Roberto Cecon.

Among the several factors that can affect the chemical control of *Tuta absoluta*, the efficiency of the different application methods used in field crops detach itself, because must they guarantee the deposition of the active ingredient in sufficient quantity for the control of the specie. However, differences in the deposit and in the ability to distribute into the canopy of plants can cause different control failure likelihoods. Thus, can be working like a catalyst for the increase of insecticides resistance by populations of this specie. This study was divided into two chapters with the objective: evaluating the interference of different chemical treatment methods in the control of *Tuta absoluta* as well as identifying and estimating the correction of failure likelihood associated with the expectation of control in different populations this specie, based on the application efficiency provided by different volumes, droplet sizes and types of sprayers on tomato plants. In the first chapter, a laboratory study was carried out, and the variables deposited volume, surface density of the active ingredient on the leaf surface, droplet density and percentage of coverage were evaluated as a function of the chemical treatment with abamectin carried out by different spray methods and droplet size. In the second, the treatments were obtained in tomato plants in the field using two portable sprayers, one hydraulic and the other pneumatic and were measured the variables droplet density, percentage of coverage and deposition of the retained volume as a function of different spray volumes and plant positions. Then, the control likelihood was evaluated as a function of the simulated surface density using different active ingredients concentration in the solution and in different *Tuta absoluta* populations. In general, it was possible to observe the possibility of using different methods of chemical treatment with Abamectin and in different droplet sizes and spray volumes in the control of *Tuta absoluta*. However, the control of the species was more effective, with higher mortalities and lower control failure likelihood, using pneumatic spraying with very fine droplets and hydraulic spraying with medium drops. In addition, 84% in the applied volume was saving with the lowest proposed volumetric indice for the pneumatic spraying (8 mL m⁻³). On the other hand, the highest control failure

likelihood was observed for hydraulic spraying with fine droplets, followed by hydraulic spraying with coarse and medium drops. For pneumatic spraying, the control failure likelihood was not observed for this specie.

Keywords: Deposit spray. Tomato pinworm. Insecticide application. Insecticide concentration. Abamectin.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL	13
2 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	17

CAPÍTULO I

MORTALIDADE ASSOCIADA AO CONTROLE QUÍMICO DE *Tuta absoluta* EM TOMATE EM FUNÇÃO DO TAMANHO DE GOTAS E DO MÉTODO DE PULVERIZAÇÃO

RESUMO	20
ABSTRACT	21
1 INTRODUÇÃO	22
2 OBJETIVO GERAL	23
2.1 Objetivos específicos	23
3 MATERIAL E MÉTODOS	24
3.1 Caracterização da população de <i>Tuta absoluta</i> e do inseticida	24
3.1.1 População de <i>Tuta absoluta</i>	24
3.1.2 Inseticida	24
3.1.3 Verificação da eficácia do inseticida	24
3.1.3.1 Método de tratamento utilizando a Imersão	25
3.1.3.2 Quantificação do volume retido (Deposição)	26
3.1.3.3 Determinação da Mortalidade	26
3.1.4 Toxicidade do inseticida à população de <i>Tuta absoluta</i>	27
3.1.5 Densidade superficial letal crítica	28
3.2 Avaliação da mortalidade da população de <i>Tuta absoluta</i> em função dos métodos de tratamento químico	29
3.3 Avaliação da deposição e dispersão proporcionados pelos métodos de tratamento químico	29
3.3.1 Deposição	30
3.3.2 Densidade superficial	30
3.3.2.1 Densidade de gotas e porcentagem de cobertura	30

3.4 Métodos de aplicação	31
3.4.1 Imersão	31
3.4.2 Pulverizações	31
3.4.2.1 Pulverização hidráulica	32
3.4.2.2 Pulverização pneumática	34
3.5 Análise Estatística	36
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
4.1 Caracterização da população de <i>Tuta absoluta</i> e do inseticida	37
4.1.1 Verificação da eficácia do inseticida	37
4.1.2 Deposição	37
4.1.3 Toxicidade de Abamectina a larvas da população de <i>Tuta absoluta</i>	37
4.1.4 Densidade superficial letal crítica	38
4.2 Caracterização dos pulverizadores	39
4.2.1 Caracterização do espectro de gotas	39
4.2.2 Modelos utilizados na determinação da deposição	40
4.3 Avaliação da mortalidade e do volume depositado em função dos diferentes métodos de tratamento químico	40
5 CONCLUSÕES	47
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48

CAPÍTULO II

PROBABILIDADE DE FALHA ASSOCIADA AO CONTROLE QUÍMICO DE *Tuta absoluta* EM TOMATE EM FUNÇÃO DO TAMANHO DE GOTAS E DO VOLUME DE PULVERIZAÇÃO

RESUMO	52
ABSTRACT	53
1 INTRODUÇÃO	54
2 OBJETIVO GERAL	56
2.1 Objetivos específicos	56
3 MATERIAL E MÉTODOS	58
3.1 Pulverizador Hidráulico	58

3.2 Pulverizador Pneumático	60
3.3 Delineamento experimental	61
3.4 Variáveis	62
3.4.1 Densidade de gotas e porcentagem de cobertura	62
3.4.2 Deposição	63
3.4.3 Densidade Superficial	63
3.4.4 Densidade superficial letal crítica (DSL ₈₀)	64
3.4.5 Subletalidade	65
3.4.6 Análise Estatística	66
3.4.6.1 Densidade de gotas e porcentagem de cobertura	66
3.4.6.2 Densidade Superficial	66
3.4.6.3 Densidade superficial letal crítica (DSL ₈₀)	67
3.4.6.4 Subletalidade	67
3.4.7 Construção da curva de probabilidade de controle	67
3.4.7.1 Variáveis obtidas	68
3.5 Correção da subletalidade	68
4 RESULTADOS	70
4.1 Caracterização	70
4.1.1 Espectro de gotas	70
4.1.2 Curva de calibração	71
4.2 Probabilidade de falha no controle associada ao pulverizador hidráulico	72
4.2.1 Pulverização hidráulica utilizando Gotas Finas	72
4.2.2 Pulverização hidráulica utilizando Gotas Médias	85
4.2.3 Pulverização hidráulica utilizando Gotas Grossas	95
4.3 Probabilidade de falha no controle associada ao Pulverizador Pneumático	105
5 DISCUSSÃO	115
6 CONCLUSÕES	123
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	124

1 INTRODUÇÃO GERAL

A *Tuta absoluta*, conhecida como Traça do Tomateiro, é uma das principais pragas da cultura do Tomate (*Solanum lycopersicum* L.). Ela foi constatada no Brasil no início da década de 80 e desde então, vem espalhando pelas principais regiões produtoras de tomate, comprometendo seriamente a produtividade devido a sua alta capacidade destrutiva (PICANÇO et al., 2007). As larvas desse inseto diminuem a produtividade devido a redução da área fotossintética ao consumir o mesófilo foliar, por afetar o crescimento vertical ao se alimentar dos ponteiros e por broquear os botões florais, flores e principalmente os frutos.

Para diversos pesquisadores esses hábitos de alimentação associados à arquitetura e densidade de folhas do dossel tornam a espécie um alvo difícil para controle por meio de pulverizações de inseticidas (BIONDI et al., 2018; GUEDES et al., 2019). No entanto, por propiciar maior agilidade e menor demanda de mão de obra nas operações o controle químico é o mais utilizado. Diante disso, a maior dependência aos inseticidas vem aumentando a pressão de seleção de populações resistentes à diversas moléculas e, conseqüentemente, vem sendo relacionada como um dos principais fatores para o risco de falhas no controle.

Diversos autores apontam o risco de falhas no controle químico à *Tuta absoluta* como ferramenta essencial para o manejo integrado da espécie. Entretanto, estimar a probabilidade dessas falhas requerem métodos adequados que, atualmente, se baseiam em avaliações de resistência a ingredientes ativos e suas distribuições em escalas temporal e espacial frente a parâmetros que influenciam no ciclo de vida da espécie, como temperatura e relevo (GONTIJO et al., 2013; RODITAKIS et al., 2018; SANTANA et al., 2017).

Em uma escala global, esses estudos apresentam contornos bem delineados e vêm sendo essenciais para as agências de manejo de pragas no auxílio para o controle da distribuição das populações resistentes (BIONDI et al., 2018; GUEDES et al., 2019). No entanto, esses autores são taxativos ao alertarem da necessidade da ampliação dos estudos por meio de abordagens combinadas uma vez que o desenvolvimento de resistência a inseticidas tem sido uma ameaça contínua. Sendo assim, é de suma importância concentrar esforços em identificar e adotar estratégias que permitam não só prever a evolução dos riscos, mas também, que sejam capazes de retardar o desenvolvimento da resistência às moléculas inseticidas.

Sendo assim, o objetivo na aplicação de qualquer defensivo agrícola deve ser de otimizar a deposição do ingrediente ativo no alvo e em quantidade suficiente para alcançar um resultado biológico desejado com segurança e economia (SILVA et al., 2017). No entanto, essa afirmação tornará mais eficiente se a quantidade do ingrediente ativo necessário para o controle biológico for depositada na mínima concentração possível e, nesse sentido, as pesquisas ainda caminham a passos lentos (EBERT, 2006).

Para os pesquisadores, os estudos envolvendo as relações da qualidade do volume depositado com o resultado biológico possuem baixa transferibilidade a nível de campo, e isso torna a identificação de uma concentração mínima efetiva muito complexa (EBERT, 1999). E, apesar dos conhecimentos acerca da eficiência dos equipamentos bem como do comportamento biológico da praga frente a características específicas do volume depositado, a efetividade das aplicações são atreladas à volumes e/ou concentrações excessivas, tendo isso, como uma tentativa de neutralizar as variabilidades inerentes às espécies e aos sistemas de cultivo.

Com a prerrogativa de minimizar os impactos negativos, os avanços na tecnologia de aplicação de defensivos revelam uma tendência na redução do volume de pulverização utilizado nas operações (MATTHEWS et al., 2014). Em diferentes culturas, vários autores relatam a viabilidade técnica no uso de volumes de calda entre 40 e 130 L ha⁻¹ em aplicações aéreas e terrestres, respectivamente (CUNHA et al., 2011; SARI et al., 2014; THOMSON et al., 2009). No entanto, essa viabilidade, em sua maioria, fica atrelada ao aumento no número de aplicações.

Na maioria das técnicas de aplicação, atualmente, a principal estratégia para permitir a redução do volume aplicado é a produção de gotas pequenas, ou seja, espectro das gotas com diâmetro da mediana volumétrica menor ou igual a 235 µm de acordo com a norma S-572 da Associação Americana de Engenheiros Agrícolas e Biológicos (ASABE, 2011). Nessas condições o espectro das gotas pode variar de fino a extremamente fino e vem sendo recomendado para aplicações que requerem maior cobertura, como é o caso dos produtos com baixa translocação na planta. Entretanto, essas recomendações geralmente baseiam-se em intervalos fixos de densidade de gotas (gotas cm⁻²) (MATTHEWS, 2014) e estão sendo utilizadas de forma generalizada ignorando, na maioria das vezes, as particularidades impostas pelo sistema de cultivo em tratamento. Isso permite que nem sempre o controle da praga esteja associado com a forma mais segura e econômica, ou seja, mais eficiente.

De fato, muitas gotas pequenas tendem a aumentar a homogeneidade de distribuição da calda, no entanto ficam mais propensas à deriva e à evaporação. Em condições de campo, essas características podem proporcionar a diminuição do volume depositado no alvo pois, o tamanho reduzido das gotas que conseguem impactar o alvo, principalmente no interior do dossel, podem não ser capaz de fornecerem uma concentração suficiente para o controle do agente causador de danos (EBERT et al., 1999ab), mesmo que se observe certo aumento na densidade de gotas impactadas.

Portanto, a tendência em utilizar volumes reduzidos associada ao maior risco de transferência de doses sub-letais no controle da Traça do tomateiro corroboram com a diminuição da eficácia de moléculas inseticidas relatadas por diversos pesquisadores (BIONDI et al., 2018; GUEDES et al., 2019; SILVA, 2011; RODITAKIS et al., 2013). Sendo assim, para compensar essa deficiência, a decisão na maioria das propriedades tem sido aumentar as doses e/ou o número de aplicações, o que tem elevado o grau de exposição dos aplicadores bem como os custos e os riscos de desequilíbrios e contaminações ambientais. Segundo Guedes e Siqueira (2013) essa proporção evoluiu de 10 a 12 para 30 aplicações por ciclo em poucos anos após a introdução da espécie no Brasil, o que equivale de 4 a 6 aplicações semanais.

Vale ressaltar que na metodologia utilizada para avaliação da susceptibilidade de pragas à inseticidas, ou seja, avaliações da eficácia de produtos, procura-se garantir 100 % ou muito próximo disso de cobertura do alvo para garantir o contato do inseto com o produto testado (ex. folhas imersas em solução) (IRAC, 2020). Porém quando se realiza a pulverização a campo, o produto, que é aplicado em gotas, está sujeito a perdas e, por mais que a concentração letal possa ser depositada no alvo, o volume e a dispersão das gotas depositadas podem variar entre os equipamentos e, conseqüentemente, pode interferir no controle da praga.

Nos estudos de eficiência da aplicação proporcionada por pulverizadores, os parâmetros avaliados concentram-se nas características de tamanho e número das gotas do espectro além do volume de calda empregado. No entanto, são raras as pesquisas em que as características do espectro são relacionadas com a concentração letal mínima e a eficácia no controle de uma praga. Dessa forma, objetivou-se com o trabalho avaliar a mortalidade da *Tuta absoluta* e a dispersão do volume depositado em folíolos de tomate em função do tamanho de gotas e do método de tratamento químico com Abamectina como, também, identificar e estimar a

correção da probabilidade de falhas associada à expectativa de controle de diferentes populações de *Tuta absoluta*, baseadas na eficiência de aplicação proporcionada por diferentes volumes, tamanhos de gotas e tipos de pulverizadores no controle químico dessa espécie em plantas de tomate.

2 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL AND BIOLOGICAL ENGINEERS. **ASABE Standard S-572**: Spray nozzle classification by droplet spectra. St. Joseph, Michigan. 2011.

BIONDI, A.; GUEDES, R. N. C.; WAN, F. H.; DESNEUX, N. Ecology, worldwide spread, and management of the invasive South American tomato pinworm, *Tuta absoluta*: past, present, and future. **Annual Review of Entomology**, v. 63, p. 239-258, 2018.

CUNHA, J. P.; FARNESE, A. C.; OLIVET, J. J.; & VILLALBA, J. Deposição de calda pulverizada na cultura da soja promovida pela aplicação aérea e terrestre Spray deposition on soybean crop in aerial and ground application. **Engenharia Agrícola**, v.31, n.2, p.343-351, 2011.

EBERT, T. A., & DOWNER, R. A. A different look at experiments on pesticide distribution. **Crop Protection**, v. 25, n. 4, p. 299-309, 2006.

EBERT, T. A.; TAYLOR, R. A. J.; DOWNER, R. A.; & HALL, F. R. Deposit structure and efficacy of pesticide application. 1: Interactions between deposit size, toxicant concentration and deposit number. **Pesticide Science**, v.55, n.8, 783-792, 1999.

GONTIJO, P. C.; PICANÇO, M. C.; PEREIRA, E. J. G.; MARTINS, J. C.; CHEDIK, M.; GUEDES, R. N. C. Spatial and temporal variation in the control failure likelihood of the tomato leaf miner, *Tuta absoluta*. **Annals of applied biology**, v. 162, n. 1, p. 50-59, 2013.

GUEDES, R. N. C.; RODITAKIS, E.; CAMPOS, M. R.; HADDI, K.; BIELZA, P.; SIQUEIRA, H. A. A.; TSAGKARAKOU, A.; VONTAS, J.; NAUEN, R. Insecticide resistance in the tomato pinworm *Tuta absoluta*: patterns, spread, mechanisms, management and outlook. **Journal of Pest Science**, v. 92, p. 1329–1342, 2019.

GUEDES, R. N. C.; SIQUEIRA, H. A. A. The tomato borer *Tuta absoluta*: insecticide resistance and control failure. **Plant Sciences Reviews**, v. 7, p. 245-251, 2013.

INSECTICIDE RESISTANCE ACTION COMMITTEE. **IRAC Method nº 22**: Susceptibility Test Methods of *Tuta absoluta*, version 3, 2020.

MATTHEWS, G. BATEMAN, R. MILLER, P. Pesticide application methods. 4. ed. John Wiley & Sons. 517 p. 2014.

PICANÇO, M. C.; GUSMÃO, M. R.; GALVAN, T. L. Manejo integrado de pragas de hortaliças. In: Zambolim, L. (Ed). **Manejo integrado de doenças, pragas e ervas daninhas**. Viçosa: UFV, p.275-324. 2000.

RODITAKIS, E.; SKARMOUTSOU, C.; STAURAKAKI, M. Toxicity of insecticides to populations of tomato borer *Tuta absoluta* (Meyrick) from Greece. **Pest management science**, v. 69, n. 7, p. 834-840, 2013.

RODITAKIS, E.; VASAKIS, E.; GARCIA-VIDAL, L.; DEL ROSARIO MARTÍNEZ-AGUIRRE, M.; RISON, J. L.; HAXAIRE-LUTUN, M. O.; NAUEN, R.; TSAGKARAKOU, A.; BIELZA, P. A four-year survey on insecticide resistance and likelihood of chemical control failure for tomato leaf miner *Tuta absoluta* in the European/Asian region. **Journal of Pest Science**, v. 91, n. 1, p. 421-435, 2018.

SANTANA, P. A.; KUMAR, L.; DA SILVA, R. S.; PICANÇO, M. C. Global geographic distribution of *Tuta absoluta* as affected by climate change. **Journal of Pest Science**, v. 92, n. 4, p. 1373-1385, 2019.

SARI, B. G.; STEFANELO, M. S.; LENZ, G.; COSTA, I. F. D. D.; ARRUÉ, A., AUGUSTI, G. R.; PES, M. P. Controle de doenças foliares em trigo com equipamentos de pulverização de baixo volume de aplicação. **Ciência Rural**, v. 44, n. 11, p. 1966-1972, 2014.

SILVA, G. A.; PICANÇO, M. C.; BACCI, L.; CRESPO, A. L. B.; ROSADO, J. F.; GUEDES, R. N. C. Control failure likelihood and spatial dependence of insecticide resistance in the tomato pinworm, *Tuta absoluta*. **Pest management science**, v. 67, n. 8, p. 913-920, 2011.

SILVA, S. M.; NOGUEIRA, P. A. M.; DIAS, R. S.; JORGE, G. L.; & MACHADO, W. A. Nota técnica: inspeção de pulverizadores e qualidade na aplicação de produtos fitossanitários. **Engenharia na Agricultura**, v. 24, n.5, p. 439-449, 2017.

THOMSON, S. J.; SMITH, L. A.; HANKS, J. E. Evaluation of application accuracy and performance of a hydraulically operated variable-rate aerial application system. **Transactions of the ASABE**, v. 52, n. 3, p. 715-722, 2009.

CAPÍTULO I

MORTALIDADE ASSOCIADA AO CONTROLE QUÍMICO DE *Tuta absoluta* EM TOMATE EM FUNÇÃO DO TAMANHO DE GOTAS E DO MÉTODO DE PULVERIZAÇÃO

RESUMO

Nas avaliações de toxicidade de inseticidas às larvas de *Tuta absoluta*, procura-se obter 100 % ou próximo disso de cobertura foliar para garantir o contato do inseto com o produto testado. Entretanto, a deposição pode variar entre os diferentes métodos de aplicação empregados a nível de campo e, conseqüentemente, podem interferir no controle da praga. Objetivou-se com esse trabalho avaliar a mortalidade da *Tuta absoluta* e a dispersão do volume depositado em folíolos de tomate em função do tamanho de gotas e do método de tratamento químico com Abamectina. Para isso foi realizado um experimento no delineamento de blocos ao acaso com cinco tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos foram constituídos por diferentes métodos de tratamento químico sendo estes: imersão, pulverização hidráulica em três tamanhos de gotas, sendo cada tamanho de gota um tratamento, e pulverização pneumática em que foi avaliado a mortalidade de larvas da espécie bem como o volume retido e a densidade superficial de ingrediente ativo em função dos métodos de aplicação. Na avaliação da densidade de gotas e da porcentagem de cobertura em função de diferentes métodos de aplicação, no entanto, excluiu-se o método da imersão e, o restante, seguiu como realizado para as outras variáveis. Os diferentes métodos de tratamento químico com Abamectina proporcionaram mortalidade de larvas acima de 90 % e, além disso, os maiores valores de mortalidade (98 % e 95,9 %) foram associados, respectivamente, às pulverizações que proporcionaram maiores densidades de gotas sendo elas: hidráulica com gotas médias (181 gotas cm⁻²) e pneumática com gotas muito finas (256 gotas cm⁻²), sendo esta última, utilizando um volume de aplicação 84 % menor (80 L ha⁻¹) em relação ao menor volume recomendado pelo fabricante (500 L ha⁻¹). Na ocasião, a pulverização hidráulica com gotas médias proporcionou a maior porcentagem de cobertura (46,34 %) e a pulverização pneumática apresentou a menor (14,8 %). Este mesmo comportamento foi observado para as variáveis deposição (1,68 e 0,26 µL cm⁻²) e densidade superficial (50, 44 e 28,86 ng cm⁻²), porém, quando avaliado somente entre os métodos das pulverizações.

Palavras-chave: Deposição. Traça do tomate. Aplicação de inseticida. Concentração de inseticida. Abamectina.

ABSTRACT

In insecticides toxicity evaluations against *Tuta Absoluta* larvae, 100 %, or almost that, of leaf coverage is used to ensure contact between the insect and the product in test. However, the spray deposit can vary by different application methods used at productions field, consequently, it can interfere on pest control. The objective of this work was to evaluate the mortality of *Tuta absoluta* and the dispersion of the volume deposited on tomato leaflets as a function of droplet size and chemical treatment method with Abamectin. For this, an experiment was carried out in a randomized block design with five treatments and five replications. The treatments consisted of different methods of chemical treatment, such as: leaf immersion, hydraulic spraying in three drop sizes, being each drop size a treatment, and pneumatic spraying. Were evaluated the larvae mortality of the specie, the retained volume and the surface density of active ingredient as a function of application methods. In the evaluation of droplet density and coverage percentage as a function of different application methods, however, put out the immersion method and the rest followed as performed for the other variables. The different methods of chemical treatment with Abamectin provided larval mortality above 90%. In addition, the highest mortality values (98 % e 95,9 %) were associated with spray applications that provided higher droplet densities, namely: hydraulic spraying with medium drops (181 droplets cm^{-2}) and pneumatic spraying with very fine drops (256 droplets cm^{-2}), the latter, with a reduction of 84 % in the application rate (80 L ha^{-1}) in relation to the smallest volume recommended by the manufacturer (500 L ha^{-1}).

Keywords: Deposit spray. Tomato pinworm. Insecticide application. Insecticide concentration. Abamectin.

1 INTRODUÇÃO

A *Tuta absoluta*, conhecida como Traça do Tomateiro, é uma das principais pragas da cultura do Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). Ela foi constatada no Brasil no início da década de 80 e desde então, vem espalhando pelas principais regiões produtoras de tomate, comprometendo seriamente a produtividade devido a sua alta capacidade destrutiva (PICANÇO et al., 2000). As larvas desse inseto diminuem a produtividade devido a redução da área fotossintética ao consumir o mesófilo foliar, por afetar o crescimento vertical ao se alimentar dos ponteiros e por broquear os botões florais, flores e principalmente os frutos.

Para diversos pesquisadores esses hábitos de alimentação associados à arquitetura e densidade de folhas do dossel tornam a espécie um alvo difícil para controle por meio de pulverizações de inseticidas (BIONDI et al., 2018; GUEDES et al., 2019). No entanto, por propiciar maior agilidade e menor demanda de mão de obra nas operações o controle químico é o mais utilizado. Diante disso, a maior dependência aos inseticidas vem aumentando a pressão de seleção de populações resistentes à diversas moléculas e, conseqüentemente, vem sendo relacionada como um dos principais fatores para o risco de falhas no controle.

Entretanto, na metodologia utilizada para avaliação da susceptibilidade de pragas à inseticidas, ou seja, avaliações da eficácia de produtos, procura-se garantir 100 % ou muito próximo disso de cobertura do alvo químico para garantir o contato do inseto com o produto testado (ex. folhas imersas em solução) (IRAC, 2020). Porém quando se realiza a pulverização a campo, o produto, que é aplicado em gotas, está sujeito a perdas e, por mais que a concentração letal possa ser depositada no alvo, o volume e a dispersão das gotas depositadas podem variar entre os equipamentos e, conseqüentemente, pode interferir no controle da praga.

Por sua vez, nos estudos de eficiência da aplicação proporcionado por pulverizadores, os parâmetros avaliados concentram-se nas características de tamanho e número das gotas do espectro além do volume de calda empregado. No entanto, são raras as pesquisas em que as características do espectro são relacionadas com a concentração letal mínima e com a eficácia no controle de uma praga. Dessa forma, buscou-se com esta pesquisa avaliar a mortalidade da *Tuta absoluta* e a dispersão do volume depositado em folíolos de tomate em função do tamanho de gotas e do método de tratamento químico com Abamectina

2 OBJETIVO GERAL

Avaliar a mortalidade da *Tuta absoluta* e a dispersão do volume depositado em folíolos de tomate em função do tamanho de gotas e do método de tratamento químico com Abamectina.

2.1 Objetivos específicos

- Caracterizar a população de *Tuta absoluta* e o inseticida para controle;
 - Verificar a eficácia do inseticida no controle da população de *Tuta absoluta*;
 - Quantificar o volume de solução retido nos folíolos (Deposição)
 - Determinar a toxicidade do inseticida por meio da construção da curva de mortalidade em função da concentração do ingrediente ativo;
 - Obter concentração letal para controle de 50 e 80 % da população;
 - Determinar a densidade superficial letal crítica necessária para controlar 80 % da população de *Tuta absoluta* (DSL₈₀);
- Avaliar a mortalidade da população de *Tuta absoluta* em função dos diferentes métodos de tratamento químico;
- Avaliar a deposição e a dispersão do volume depositado proporcionados pelos diferentes métodos de tratamento químico obtendo as variáveis, deposição, densidade superficial, densidade de gotas e porcentagem de cobertura.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Para este trabalho foi avaliado a suscetibilidade da traça do tomateiro ao inseticida Abamectina utilizando-se diferentes métodos de aplicação para tratamento da superfície foliar de folíolos da planta do tomateiro.

3.1 Caracterização da população de *Tuta absoluta* e do inseticida

3.1.1 População de *Tuta absoluta*

Foi utilizada uma criação de *Tuta absoluta* já estabelecida no Laboratório de Manejo Integrado de Pragas da UFV, proveniente da região de Viçosa. Os insetos foram confinados em gaiolas de organza e madeira de 40 x 40 x 40 cm de dimensão e a criação era composta por quatro gaiolas; uma para oviposição, uma para folhas recém retiradas da gaiola de oviposição, uma para alimentação de larvas e uma para eclosão de adultos. Na alimentação das larvas foi fornecido folhas de tomateiro cultivada em casa de vegetação sem tratamento de inseticidas.

3.1.2 Inseticida

Foi utilizado o inseticida Abamectina (Tabela 1) escolhido a partir de estudos preliminares em que a concentração recomendada pelo fabricante causou mortalidade maior ou igual a 80 % em populações de *Tuta absoluta*, conforme relatado por Silva (2009). Esse procedimento foi adotado, pois o valor de 80 % é a mortalidade mínima exigida para registro de uso de inseticida para controle de uma determinada praga no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) do Brasil.

Tabela 1 - Classificação do inseticida utilizado nos ensaios de susceptibilidade da *Tuta absoluta* em função do grupo químico, formulação e mecanismo de ação

Inseticida	Grupo Químico	Concentração (g L ⁻¹ de i.a.) (formulação)	Mecanismo de Ação
Abamectina	Avermectinas	18 (CE)	Ativador dos canais de Cloro

i.a.: ingrediente ativo. CE: Concentrado emulsional.

Fonte: Adaptado de Syngenta, 2021.

3.1.3 Verificação da eficácia do inseticida

Antes de proceder a construção da curva de mortalidade em função das concentrações do ingrediente ativo, foi realizada a verificação da eficácia do inseticida

por meio da determinação da mortalidade da população de *Tuta absoluta* utilizando a concentração recomendada pelo fabricante (Tabela 2), conforme descrito por Carvalho (2017). Na ocasião, foi utilizado o método da imersão para o tratamento dos folíolos, sendo este, o método padrão nesse tipo de avaliação (IRAC, 2020).

Tabela 2 - Recomendações do fabricante para utilização do ingrediente ativo Abamectina para o controle da *Tuta absoluta*

¹ Dose (mL 100L ⁻¹)	Concentração do inseticida (g L ⁻¹ de i.a.)	Volume de Pulverização (L ha ⁻¹)		Concentração de i.a. na solução (ng µL ⁻¹ de i.a.)	Concentração de i.a. por área (g ha ⁻¹ de i.a.)	
		Mínimo	Máximo		Mínimo	Máximo
100	18	500	1200	18	9	21,6

¹ mL do produto comercial por 100L de solução. i.a.: ingrediente ativo.

Fonte: Adaptado de Syngenta, 2021.

3.1.3.1 Método de tratamento utilizando a Imersão

Os folíolos foram imersos por cinco segundos na solução de tratamento e, na sequência, foram colocados para secar à sombra por aproximadamente duas horas (Figura 1). Em seguida foram determinados a deposição (DEP), ou seja, o volume de solução retido nos folíolos, e a mortalidade das larvas de *Tuta absoluta*.

Figura 1 – Representações do tratamento dos folíolos utilizando o método da imersão e da secagem após o tratamento



Fonte: O autor.

O ensaio foi realizado em 5 repetições, sendo um folíolo por repetição separadamente para cada variável, e a solução foi composta por água, inseticida, corante azul brilhante na concentração de 3 g L⁻¹ e óleo mineral na concentração de

0,25 % (v/v). O corante foi utilizado como traçador para quantificação do volume retido e o óleo mineral como espalhante/adesivo e, na determinação da mortalidade, foi realizado um tratamento controle sem a presença do inseticida para fins de mensuração da mortalidade natural da população ou em decorrência do manuseio experimental.

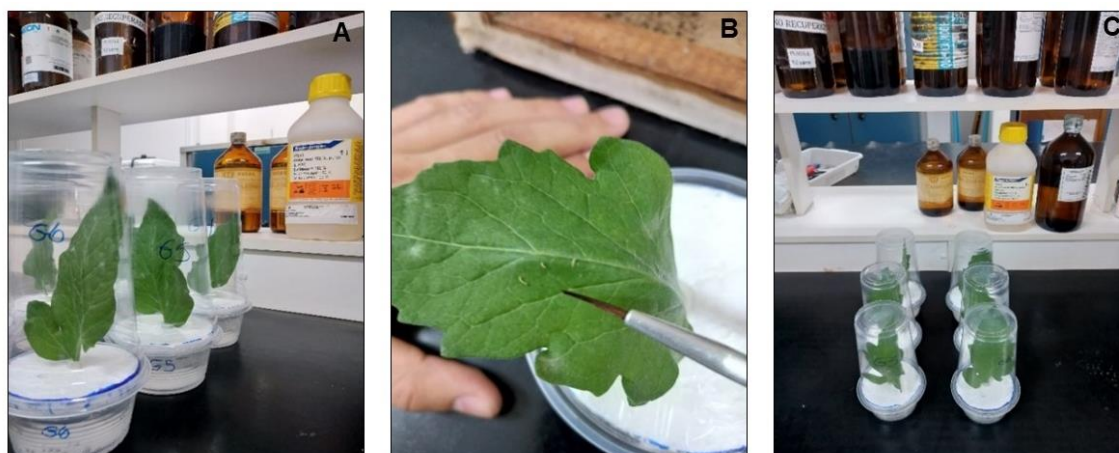
3.1.3.2 Quantificação do volume retido (Deposição)

Após a secagem, os folíolos foram acondicionados em sacos plásticos e lavados adicionando-se 20 mL de água destilada em cada saco e agitadas durante 30 segundos. Em seguida, procedeu-se a quantificação do volume retido em cada amostra por meio da relação de diluição entre a concentração do corante na solução aplicada (3.000 mg L^{-1}) com a estimada da solução de lavagem dos folíolos conforme metodologia proposta por Palladini (2005), sendo o valor expresso em μL . Por fim, após todos os folíolos utilizados para a extração do marcador serem mensurados no medidor de área foliar LI-3100C Area Meter da Li-Cor[®], foi possível estabelecer a deposição da solução aplicada expressa em $\mu\text{L cm}^{-2}$, ao dividir o volume quantificado da amostra pela respectiva área foliar do folíolo utilizado para extração do corante.

3.1.3.3 Determinação da Mortalidade

Após a secagem, o pecíolo de cada folíolo foi envolto por algodão sendo os mesmos introduzidos em tubos de Eppendorf[®] perfurados na base. Em seguida os tubos foram encaixados em uma placa circular de isopor de 7cm de diâmetro perfurada no centro e estes encaixados em um recipiente descartável de 150 mL de volume e 8 cm de diâmetro contendo água, de tal forma, que o pecíolo ou o algodão que o envolvia, ficasse em contato com a água (Figura 2A). Com os folíolos acondicionados, foram transferidas de 10 a 12 lagartas de 2º instar para o limbo de cada folíolo (Figura 2B). Por fim, os folíolos foram cobertos por um copo descartável com volume de 500 mL e diâmetro de 9 cm (Figuras 2C), identificados e acondicionados em estufa incubadora à temperatura de $25 \pm 0,5^\circ\text{C}$, umidade relativa do ar de $75 \pm 5 \%$ e fotoperíodo de 12 horas.

Figura 2 – Representações da fixação dos folíolos na base contendo água (A), da transferência das lagartas de *Tuta absoluta* (B) e da cobertura e acondicionamento dos folíolos (C)



Fonte: O autor.

As avaliações de mortalidade foram realizadas em 48 horas após a transferência sendo considerados mortos os insetos sem mobilidade. A variável foi expressa em porcentagem considerando em cada folíolo a razão dos insetos mortos sobre o número total de larvas depositadas e, portanto, os valores variaram de 0 a 100 %.

3.1.4 Toxicidade do inseticida à população de *Tuta absoluta*

A avaliação da toxicidade foi realizada por meio da construção da curva de mortalidade em função da concentração do ingrediente ativo na solução (CARVALHO et al., 2017; IRAC, 2020). Foram utilizados seis valores crescentes de concentrações que proporcionaram mortalidade entre 10 e 90 % da população sendo que em cada concentração, utilizou-se seis repetições. A determinação da mortalidade foi realizada como descrito no item anterior e, em seguida, a mortalidade dos tratamentos foi corrigida considerando o controle, conforme a Equação 1 proposta por Abbott (1925). Foi considerado como controle o valor médio da mortalidade natural ou em decorrência do manuseio experimental no tratamento controle obtido na verificação da eficácia do inseticida.

$$M_{\text{Corr}} = \frac{(M_{\text{T}} - M_{\text{C}})}{(100 - M_{\text{C}})} \times 100 \quad (1)$$

Em que,

M_{Corr} = Mortalidade Corrigida (%);

M_{T} = Mortalidade do Tratamento (%); e,

M_{C} = Mortalidade Controle (%).

Por fim, os valores médios de mortalidade corrigida das concentrações foram submetidos à análise de Probit com $p > 0,05$ e, então, foram estimadas as concentrações letais para as mortalidades de 50 e 80 % da população (CL_{50} e CL_{80}) bem como seu intervalo fiducial em $\mu\text{g } \mu\text{L}^{-1}$. O software R (R CORE TEAM, 2021) foi utilizado para execução da análise de probit e foram utilizados os pacotes *ExpDes.pt* (R package version 1.2.2, 2021) (FERREIRA et al., 2021) e o *Ecotoxicology* (R package version 1.0.1, 2015) (GAMA, 2015).

3.1.5 Densidade superficial letal crítica

Foi adotado como nível crítico a concentração letal do ingrediente ativo Abamectina para controlar 80 % da população de *Tuta absoluta* (CL_{80}), sendo essa, a mortalidade mínima exigida para registro de uso de inseticida para controle de uma determinada praga no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento do Brasil (SILVA, 2009). Dessa forma, a densidade superficial letal crítica (DSL_{80}) foi obtida por meio da multiplicação do volume máximo retido nos folíolos ($\mu\text{L cm}^{-2}$) com o limite inferior do intervalo fiducial da CL_{80} ($\text{ng } \mu\text{L}^{-1}$) sendo expressa em nanograma por centímetro quadrado de ingrediente ativo (ng cm^{-2} de i.a.), e representou a densidade superficial mínima ou crítica por área da superfície foliar do tomateiro necessária para obter eficácia no controle da população de *Tuta absoluta*, ou seja, mortalidade igual a 80 % para o ingrediente ativo Abamectina.

$$DSL_{80} = \text{DEP} \times L_{\text{inf}} CL_{80} \quad (2)$$

Em que,

DSL_{80} = Densidade superficial letal crítica do Ingrediente ativo na superfície vegetal (ng cm^{-2} de i.a.);

DEP = Deposição da solução na superfície vegetal ($\mu\text{L cm}^{-2}$); e,

$L_{\text{inf}} CL_{80}$ = Limite inferior da CL_{80} ($\text{ng } \mu\text{L}^{-1}$ de i.a.).

O valor da deposição, corresponde ao valor médio do volume retido na superfície foliar mensurado na caracterização da população e do inseticida (item 3.1.3.2).

3.2 Avaliação da mortalidade da população de *Tuta absoluta* em função dos métodos de tratamento químico

Para avaliação da mortalidade, foi realizado uma análise utilizando o delineamento em blocos casualizados com cinco tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos consistiram em cinco métodos de aplicação sendo eles: imersão, pulverização hidráulica em três classes de tamanho de gotas (Fina, Média e Grossa) sendo cada classe um tratamento, e pulverização pneumática.

As unidades experimentais foram constituídas de folíolos de tomate, um para cada repetição, que receberam tratamento com a solução inseticida. Em todos os tratamentos foram adicionados à calda inseticida o corante azul brilhante na concentração de 3 g L⁻¹, utilizado como traçador para quantificação do volume retido, e óleo mineral a 0,25 % (v/v) recomendado pelo fabricante e utilizado como adjuvante (espalhante/adesivo).

Após o tratamento e a secagem dos folíolos, foi determinada a mortalidade das larvas da população de *Tuta absoluta*, como descrito no item 3.1.3.3. Em seguida, a mortalidade foi corrigida com base na mortalidade do tratamento controle realizado na verificação da eficácia do inseticida, como descrito no item 3.1.4 para fins de eliminar a mortalidade natural da população ou em decorrência do manuseio experimental.

3.3 Avaliação da deposição e dispersão proporcionados pelos métodos de tratamento químico

Foram mensuradas as variáveis: deposição (volume retido nos folíolos), densidade superficial, densidade de gotas e porcentagem de cobertura. Para avaliação da deposição e da densidade superficial as análises foram realizadas utilizando delineamento em blocos casualizados com cinco tratamentos e cinco repetições, sendo estes tratamentos compostos pelos cinco métodos de tratamento citados na avaliação da mortalidade: imersão, pulverização hidráulica em três classes de tamanho de gotas (Fina, Média e Grossa) e pulverização pneumática. Já para avaliação da densidade de gotas e porcentagem de cobertura, excluiu o método da

imersão e, portanto, o experimento foi conduzido com quatro tratamentos e cinco repetições.

3.3.1 Deposição

Para determinação da deposição, foram utilizados cinco folíolos os quais foram posicionados simultaneamente na estrutura de fixação dos folíolos destinada à determinação da mortalidade. Após o tratamento e a secagem, o volume retido foi quantificado de acordo com a metodologia proposta por Palladini (2005), e conforme descrito no item 3.1.3.2.

3.3.2 Densidade superficial

Os valores de deposição foram transformados em densidade superficial, empregando as concentrações do ingrediente ativo Abamectina utilizadas em cada método de aplicação, conforme Equação 3. Os valores foram expressos em nanograma por centímetro quadrado de ingrediente ativo (ng cm^{-2} de i.a.).

$$\text{DS} = \text{DEP} \times \text{CIS} \quad (3)$$

Em que,

DS = Densidade Superficial do Ingrediente ativo na superfície vegetal (ng cm^{-2} de i.a.);

DEP = Deposição da solução na superfície vegetal ($\mu\text{L cm}^{-2}$); e,

CIS = Concentração do ingrediente ativo na solução $\text{ng } \mu\text{L}^{-1}$ de i.a.

3.3.2.1 Densidade de gotas e porcentagem de cobertura

As unidades experimentais foram constituídas por cinco etiquetas de papel hidrossensíveis fixadas conjuntamente com os folíolos, sendo cada etiqueta uma repetição. Após a pulverização, as etiquetas foram coletadas e digitalizadas na resolução de 600 dpi. Em seguida as imagens foram analisadas por meio do programa computacional de análise de imagens GOTAS, obtendo os valores de densidade de gotas (gotas cm^{-2}) e porcentagem de Cobertura (% Cob) (EMBRAPA, 2000).

3.4 Métodos de aplicação

3.4.1 Imersão

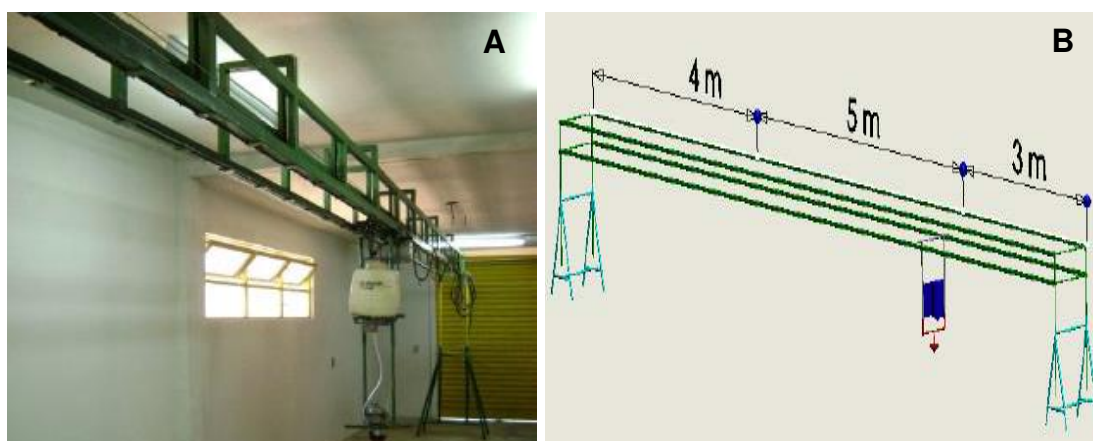
O método da imersão foi o mesmo utilizado na verificação da eficácia do inseticida (item 3.1.3.1) em que se utilizou a concentração de ingrediente ativo recomendada pelo fabricante (18 mg L^{-1}).

3.4.2 Pulverizações

Para realização dos tratamentos com as pulverizações, as unidades amostrais foram posicionadas em uma bancada e o tratamento químico foi feito utilizando-se os equipamentos hidráulico e pneumático, os quais foram fixados a uma estrutura de trilhos por onde foi realizado o deslocamento do pulverizador com velocidade controlada.

A estrutura do trilho foi composta de *metalon* com dimensões de $0,5 \times 0,3 \text{ m}$ (altura x largura), com 12 m de comprimento e altura máxima da estrutura de $2,5 \text{ m}$ (Figura 3AB). Ao trilho deslizante, foi acoplada uma estrutura que possibilita o ajuste da altura de trabalho da barra de pulverização em até $1,50 \text{ m}$ em relação ao alvo.

Figura 3 – Representação da estrutura do trilho deslizante (A) e, da direita para a esquerda, distâncias utilizadas para aceleração, movimentação constante e desaceleração do pulverizador



Fonte: Quirino, 2010, p. 19, 20.

Ao longo da barra, foi definido o comprimento de três metros para que o dispositivo de pulverização atingisse a velocidade de operação. Nos cinco metros seguintes, a operação ocorreu em velocidade constante. Nos quatro metros restantes, se destinou à desaceleração segura do dispositivo de pulverização (Figura 3B). Os

folíolos e etiquetas foram posicionados no centro da estrutura ocorrendo as pulverizações com o pulverizador em velocidade constante.

A estrutura de acoplamento dos pulverizadores foi impulsionada por um motor elétrico trifásico com potência de 1 CV com um mecanismo de redução de velocidade na saída. Para acionamento desse motor, foi utilizado um inversor de frequência o que possibilitou as alterações tanto da velocidade quanto do sentido de rotação, conforme descrito por Quirino (2010).

3.4.2.1 Pulverização hidráulica

A solução inseticida foi pulverizada em três classes de tamanho de gotas (fina, média e grossa) e foi utilizado volume de aplicação de 300 L ha⁻¹. Como este volume é menor que o volume mínimo recomendado pelo fabricante (500 L ha⁻¹) a concentração do ingrediente ativo na solução foi ajustada para fornecer a concentração mínima do ingrediente ativo por área, caso fosse utilizado o volume mínimo recomendado pelo fabricante, como apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 – Recomendações do fabricante para aplicação da Abamectina e correção da concentração empregando o pulverizador hidráulico em função do volume de pulverização e concentração por área de ingrediente ativo

Recomendações/ Método de aplicação	¹ Dose (mL 100L ⁻¹)	Concentração do produto comercial (g L ⁻¹ de i.a.*)	Volume de Pulverização (L ha ⁻¹)	Concentração por área (g ha ⁻¹ de i.a.)	Concentração da solução (ng µL ⁻¹ de i.a.)
Fabricante	100	18	500	9	18
Hidráulico	100	18	300	9	30

¹ mL do produto comercial por 100L de solução, *i.a.: ingrediente ativo.

Fonte: O autor.

Foi utilizado um pulverizador de pesquisa da marca Herbicat[®] pressurizado por CO₂, equipado com cilindro de alumínio com capacidade para 2 kg de gás, reservatório de calda de 2 L, regulador de pressão, manômetro e lança contendo um bico de pulverização. A pulverização foi iniciada pelo acionamento de uma válvula solenoide classe H de 110 V de tensão ligada em um interruptor posicionado ao lado do inversor de frequência na extremidade da ponte rolante. Dessa forma a pulverização era iniciada no momento de partida do pulverizador e encerrada no início da desaceleração do conjunto.

Preliminarmente, foi realizada a caracterização do espectro de gotas por meio de um analisador de partículas a laser (Spraytech, Malvern Instruments Co[®]). Para

cada combinação de ponta e pressão indicadas no Quadro 1 foram realizadas amostragens no analisador de partículas além de aferir a vazão em proveta graduada, ambas amostragens em quatro repetições.

Dentre as variáveis calculadas pelo equipamento, o diâmetro da mediana volumétrica (DMV) foi considerado como referência para a classificação do espectro das gotas adotando assim, as recomendações para aplicação de defensivos agrícolas proposta pela norma S-572 da Associação Americana de Engenheiros Agrícolas e Biológicos (ASABE, 2011). De acordo com a norma, o padrão que classifica as categorias de tamanho de gotas do espectro em FINA, MÉDIA E GROSSA são os valores de DMV aproximados nos intervalos de 100-175, 176-250 e 251-375 μm , respectivamente.

Para produzir as diferentes classes de tamanhos de gotas, o pulverizador foi equipado com pontas hidráulicas da marca Teejet® modelos XR e AIXR e da marca Hypro® modelo LD e regulado conforme o Quadro 1. Tanto na caracterização das pontas hidráulicas quanto nos ensaios com a pulverização, os manômetros foram aferidos e comparados com um manômetro de referências classe A. Os modelos foram ajustados e as pressões corrigidas.

Quadro 1 - Regulagem e calibração do pulverizador hidráulico em função da velocidade e modelo de ponta para produzir o volume de pulverização de 300 litros de calda por hectare para as diferentes classes de tamanhos de gotas

Vol. de Calda (L/ha)	CLASSES DE TAMANHO DE GOTA								
	FINA			MÉDIA			GROSSA		
	Modelo	Pressão/ Vazão kPa (L/min)	Vel (km/h)(Hz)	Modelo	Pressão/ Vazão kPa (L/min)	Vel (km/h)(Hz)	Modelo	Pressão/ Vazão kPa (L/min)	Vel (km/h)(Hz)
300	XR 11002	200(1,68)	250(25,60)	LD 11002	250(2,18)	3(30,72)	AIXR 110015	330(0,625)	2,5(25,60)

Vol.: Volume, Vel.: Velocidade, (Hz): regulagem do inversor de frequência.

Fonte: O autor.

Para a determinação das variáveis, as unidades amostrais foram posicionadas sob a estrutura numa distância de 0,5 m da ponta de pulverização (Figura 4). Os ensaios foram realizados em ambiente fechado com temperatura média de 22,3 °C e umidade relativa de 79,5 % que foram aferidos por meio do termo-higrômetro digital modelo SH-122 da marca Herbicat®.

Figura 4 - Posicionamento dos folíolos e etiquetas hidrossensíveis sob a ponte rolante para os tratamentos utilizando o pulverizador hidráulico.



Fonte: O autor.

3.4.2.2 Pulverização pneumática

A solução inseticida foi pulverizada utilizando volume de aplicação de 80 L ha⁻¹. Assim como realizado nas pulverizações hidráulicas, a concentração do ingrediente ativo na solução foi ajustada para fornecer a concentração mínima do ingrediente ativo por área, ou seja, caso fosse utilizado o volume mínimo recomendado pelo fabricante como apresentado na Tabela 4.

Tabela 4 – Recomendações do fabricante para aplicação da Abamectina e correção da concentração empregando o pulverizador pneumático em função do volume de pulverização e concentração por área de ingrediente ativo.

Recomendações/ Método de aplicação	¹ Dose (mL 100L ⁻¹)	Concentração do inseticida (g L ⁻¹ de i.a.)	Volume de Pulverização (L ha ⁻¹)	Concentração por área (g ha ⁻¹ de i.a.)	Concentração da solução (ng µL ⁻¹ de i.a.)
Fabricante	100	18	500	9	18
Pneumático	100	18	80	9	112,5

¹ mL do produto comercial por 100L de solução, *i.a.: ingrediente ativo.

Fonte: O autor.

Foi utilizado o pulverizador pneumático da marca Guarany[®], com tanque de capacidade para 18 L o qual se caracteriza pela utilização do fluxo de ar em alta pressão para formação e transporte das gotas (Figura 5). A pulverização foi iniciada manualmente e, no início da desaceleração, a ignição foi interrompida por meio do acionamento de um interruptor que foi posicionado ao lado do inversor de frequência na extremidade da ponte rolante.

Figura 5 - Modelo do pulverizador pneumático utilizado nas avaliações.



Fonte: Guarany, 2021.

Preliminarmente, foi realizada a caracterização do espectro de gotas por meio de um analisador de partículas a laser como descrito para o pulverizador hidráulico. Para isso, o atomizador foi colocado sobre uma bancada e o bocal posicionado no sentido perpendicular ao feixe luminoso do analisador a 0,50 metros de distância. Após colocar o sistema em funcionamento e até que o fluxo se estabilizasse, realizou-se o movimento vertical de cima para baixo de tal forma que o jorro atingisse transversalmente o feixe luminoso. O procedimento foi realizado em cinco repetições e, em todas as pulverizações, foi utilizado o disco dosador de vazão na cor branca ($0,18 \text{ L min}^{-1}$) com o comando do motor na aceleração máxima conforme recomendado pelo fabricante (GUARANY, 2021). Dessa forma, as regulagens foram ajustadas para produzir o volume de 80 L ha^{-1} , como descrito na Tabela 5.

Tabela 5 – Regulagem e calibração do pulverizador pneumático em função da velocidade e modelo da ponta dosadora para produzir o volume de pulverização de 80 litros de calda por hectare

Volume de Calda (L ha^{-1})	Velocidade (km h^{-1}) (Hz)	Ponta dosadora	
		Modelo	Vazão (L min^{-1})
80	2,7 (27,6)	Branca	0,18

(Hz): regulagem do inversor de frequência em Hertz.

Fonte: O autor.

Para a determinação da mortalidade, os folíolos foram posicionados transversalmente ao bocal do atomizador, formando um ângulo de aproximadamente 45° a uma distância de 1,5 m do alvo, esse último posicionado verticalmente. Os folíolos foram fixados com alfinetes em uma base de isopor que, por sua vez, foi fixado a uma bandeja de madeira (Figura 6).

Figura 6 - Destaque do posicionamento do pulverizador pneumático e da estrutura de fixação dos folíolos.



Fonte: O autor.

3.5 Análise Estatística

Os dados de Mortalidade Corrigida, Deposição, Densidade Superficial, Porcentagem de cobertura e Densidade de Gotas foram submetidos à análise de variância e em caso de significância, ou seja, pelo menos um tratamento distingue dos demais, foi realizada a comparação das médias pelo teste de Duncan com nível de significância a 5 %.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização da população de *Tuta absoluta* e do inseticida

4.1.1 Verificação da eficácia do inseticida

A Abamectina na concentração recomendada pelo fabricante (18 mg L⁻¹), causou mortalidade de 100 % na população de *Tuta absoluta* utilizando o método de imersão dos folíolos na solução inseticida. Isso demonstra que o inseticida se enquadrou no critério de mortalidade superior a 80 % o que confirma a eficácia no controle desta população. A mortalidade no tratamento controle foi de 6,39 % e foi atribuída à mortalidade natural ou em decorrência do manuseio experimental.

4.1.2 Deposição

O volume médio de calda retido nos folíolos na verificação da eficácia do inseticida foi de 5,03 µL cm⁻². Na Tabela 6, é apresentada a equação de regressão da concentração em função da absorvância nas amostras de tratamento dos folíolos utilizada na determinação do volume retido nos folíolos para determinação da deposição média empregada no cálculo da DSL₈₀. O modelo se mostrou adequado apresentando coeficiente de determinação (R²) de 0,997.

Tabela 6 - Modelo da concentração do corante em função da absorvância nas amostras de tratamento dos folíolos utilizado para determinação da deposição para o cálculo da DSL₈₀

Objetivo da deposição	Equação (R ²)
Cálculo da DSL ₈₀	$y = -1,341 + 80,816 * x$ (0,997)

DSL₈₀: densidade superficial letal crítica, R²: coeficiente de determinação. *Significativo a 1 % de probabilidade pelo teste t.

Fonte: O autor.

4.1.3 Toxicidade de Abamectina a larvas da população de *Tuta absoluta*

Foram estimadas as concentrações letais para causar as mortalidades de 50 e 80 % da população como descrito na Tabela 7.

Tabela 7 - Toxicidade de Abamectina a larvas da população de *Tuta absoluta* em função da CL₅₀ e CL₈₀ e valor da inclinação do modelo estimado

População	N	Inclinação ± EP	CL ₅₀ (IF ₉₅ %)	CL ₈₀ (IF ₉₅ %)	χ ²	p-valor
Região			ng μL ⁻¹ de i.a.	ng μL ⁻¹ de i.a.		
Viçosa-MG	395	8,05 ± 1,01	0,54 (0,51-0,57)	0,68 (0,64-0,76)	7,22	0,8753

N: Número total de larvas, EP: Erro Padrão, CL₅₀: Concentração Letal para controle de 50 % da população, CL₈₀: Concentração Letal para controle de 80 % da população IF: Intervalo Fiducial. χ²: Chi-quadrado de Pearson.

Fonte: O autor.

O valor da concentração da Abamectina para controlar 50 e 80 % da população apresentaram-se aproximadamente 33 e 26 vezes, respectivamente, menores do que a concentração recomendada pelo fabricante confirmando, portanto, elevada susceptibilidade desta população à Abamectina. Além disso, a proximidade entre esses valores demonstra baixa variabilidade entre os indivíduos da população uma vez que com pequeno incremento na concentração do ingrediente ativo resultou em expressivo aumento da mortalidade de 50 para 80 %.

Esses resultados corroboram com o valor da inclinação ajustado pelo modelo de Probit. Em diversas pesquisas, a inclinação é utilizada para avaliar a susceptibilidade entre indivíduos de uma mesma população ao ingrediente ativo, sendo que quanto maior o valor, maior é a predominância de um genótipo nesta população o que denota maior homogeneidade de resposta frente aos inseticidas (SILVA et al., 2011; SIQUEIRA et al., 2000). Vale destacar que o valor da inclinação ajustado para a população deste estudo foi superior aos observados nos estudos realizados pelos pesquisadores citados.

A baixa variabilidade genética desta população se deve ao fato de sua obtenção ter sido de uma criação mantida em laboratório por longo tempo e com ausência de exposição a inseticidas. Dessa forma, a seleção de indivíduos com presença de genes resistentes ou tolerantes é, de certa forma, inviabilizada.

4.1.4 Densidade superficial letal crítica

De acordo com a CL₈₀ e a deposição média, a DSL₈₀ para população de *Tuta absoluta* foi determinada e apresentada na Tabela 8.

Tabela 8 – Valor médio da densidade superficial letal crítica para controlar 80 % da população de *Tuta absoluta* em função da deposição média e da CL₈₀

População de <i>Tuta absoluta</i>	CL₈₀ (IF_{95%}) ng μL^{-1} de i.a.	DEP $\mu\text{L cm}^{-2}$	DSL₈₀ ng cm^{-2} de i.a.
Cidade			
Viçosa-MG	0,68 (0,64-0,76)	5,03	3,21

CL₈₀: Concentração Letal para o controle de 80 % da população de *Tuta absoluta*, IF: Intervalo Fiducial, DEP: Deposição, DSL₈₀: Densidade Superficial Letal Crítica para o controle de 80 % da população de *Tuta absoluta*.

Fonte: O autor.

4.2 Caracterização dos pulverizadores

4.2.1 Caracterização do espectro de gotas

De acordo com os resultados obtidos no analisador de partículas, foi dada essa classificação em função do DMV (Tabela 9).

Tabela 9 - Caracterização do espectro de gotas produzido pelo pulverizador hidráulico em função de diferentes modelos de pontas e pressão de trabalho

Classe de Tamanho de gota	Volume de Pulverização (L ha ⁻¹)	Ponta de Pulverização (Modelo)	Pressão de Trabalho (kPa)	DMV (μm)	%<100μm	Span
FINA	300	XR11002	200	173	15,53	1,90
MÉDIA	300	LD11002	250	215	10,44	1,95
GROSSA	300	AIXR110015	330	303	6,69	1,83

DMV: Diâmetro da Mediana Volumétrica, %<100 μm : Porcentagem de Gotas com diâmetro menor do que 100 micrometros, Span: Coeficiente de Homogeneidade.

Fonte: O autor.

Entre as classes de tamanho de gota, o risco de deriva diminuiu com o aumento do DMV como foi observado ao avaliar da classe fina para grossa, uma vez que houve redução na %<100 μm . Entretanto, maiores valores de DMV tendem a diminuir a densidade de gotas e a porcentagem de área coberta para um mesmo volume de pulverização (FERGUSON et al., 2016a).

Na caracterização para o pulverizador pneumático, o espectro de gotas produzido pela ponta dosadora branca classificou-se como Muito Fina (Tabela 10). Apesar de serem princípios diferentes de fracionamento do líquido, ressalta-se a elevação do risco de deriva frente aos elevados valores de %<100 μm em relação ao espectro das pontas hidráulicas.

Tabela 10 - Caracterização do espectro de gotas produzido pelo pulverizador pneumático em função da vazão da ponta dosadora branca

Pulverizador	Volume de Pulverização (L ha ⁻¹)	Ponta Dosadora	Vazão L min ⁻¹	DMV (μm)	%<100μm	Span
PNEUMÁTICO	80	Branca	0,18	94	53,44	1,78

DMV: Diâmetro da Mediana Volumétrica, %<100μm: Porcentagem de Gotas com diâmetro menor do que 100 micrometros, Span: Coeficiente de Homogeneidade.

Fonte: O autor.

Em ambas as avaliações são apresentados os valores de Span, caracterizando a homogeneidade das gotas produzidas. Quanto mais próximo de zero, maior é a homogeneidade do espectro. Dessa forma, na pulverização hidráulica o espectro de gotas da classe Grossa mostrou-se mais homogêneo com valores próximos aos encontrados para a pulverização pneumática.

4.2.2 Modelos utilizados na determinação da deposição

Na Tabela 11, são apresentadas as equações de regressão da concentração do corante em função da absorbância nas amostras de tratamento dos folíolos utilizadas na determinação do volume retido utilizando o pulverizador hidráulico e o pulverizador pneumático. Os modelos se mostraram adequados apresentando coeficiente de determinação (R^2) de 0,997.

Tabela 11 – Modelos estimados da concentração do corante em função da absorbância nas amostras de tratamento dos folíolos utilizados na determinação da deposição com os pulverizadores hidráulico e pneumático

Equação (R^2)	
Pulverizador Hidráulico	Pulverizador Pneumático
$y = -1,341 + 80,816 * x$ (0,997)	$y = -0,924 + 75,444 * x$ (0,998)

R^2 : coeficiente de determinação. *Significativo a 1 % de probabilidade pelo teste t.

Fonte: O autor.

4.3 Avaliação da mortalidade e do volume depositado em função dos diferentes métodos de tratamento químico

Na análise da mortalidade da população de *Tuta absoluta* submetida ao tratamento com Abamectina, foi observado diferença significativa entre os diferentes métodos de pulverização, conforme Tabela 12.

Tabela 12 - Resumo da análise de variância para mortalidade corrigida de *Tuta absoluta* em função dos diferentes métodos de tratamento químico

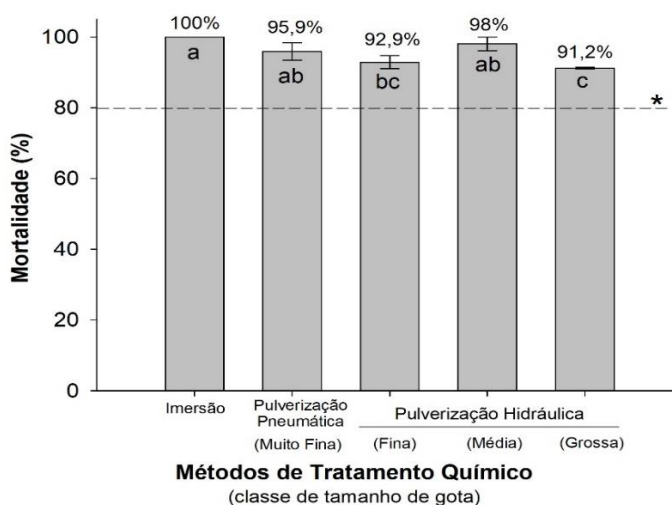
FV	GL	Quadrado Médio
		Mortalidade Corrigida
Bloco	4	5,41 ^{ns}
Tratamento	4	64,94*
Resíduo	16	15,48
CV(%)		4,11

FV: fator de variação, GL: graus de liberdade, CV: coeficiente de variação. *Significativo ao nível de 5 % de probabilidade, ns: não significativo pelo teste F.

Fonte: O autor.

Em relação ao método da imersão foliar, somente os tratamentos realizados com pulverização hidráulica utilizando gotas finas e grossas diferiram estatisticamente e causaram menor mortalidade sobre a população da espécie (Figura 7). Essa diferença também foi observada entre os tamanhos de gotas avaliados, sendo a pulverização com gotas grossas a menos eficiente. Apesar das diferenças observadas, todos os tratamentos, independentes do método de tratamento e tamanho de gota, causaram mortalidade superior a 80 % e assim, foram satisfatórios conforme critério estabelecido pelo MAPA para ser considerado um controle eficaz (Figura 7) e vão ao encontro à satisfatoriedade observada por Silva (2011) ao utilizar o método de imersão foliar para avaliar a toxicidade de Abamectina à diferentes populações de *Tuta absoluta*.

Figura 7 - Valores médios observados para a variável mortalidade proporcionados por diferentes métodos de tratamento e tamanhos de gotas no controle químico da *Tuta absoluta*. Médias com letras iguais entre as barras não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5 % de probabilidade



* Critério estabelecido pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento do Brasil para ser considerado um controle eficaz.

Fonte: O autor.

Apesar da satisfatoriedade do critério citado, foi possível observar algumas associações do comportamento biológico da espécie frente aos parâmetros vinculados aos métodos de tratamento foliar. Diante disso, para as variáveis deposição, densidade superficial, densidade de gotas e porcentagem de cobertura foi observado efeito significativo entre os métodos de pulverização empregados, conforme apresentado na Tabela 13.

Tabela 13 - Resumo da análise de variância para as variáveis deposição, densidade superficial, densidade de gotas e porcentagem de cobertura em função dos diferentes métodos de controle químico da população de *Tuta absoluta*

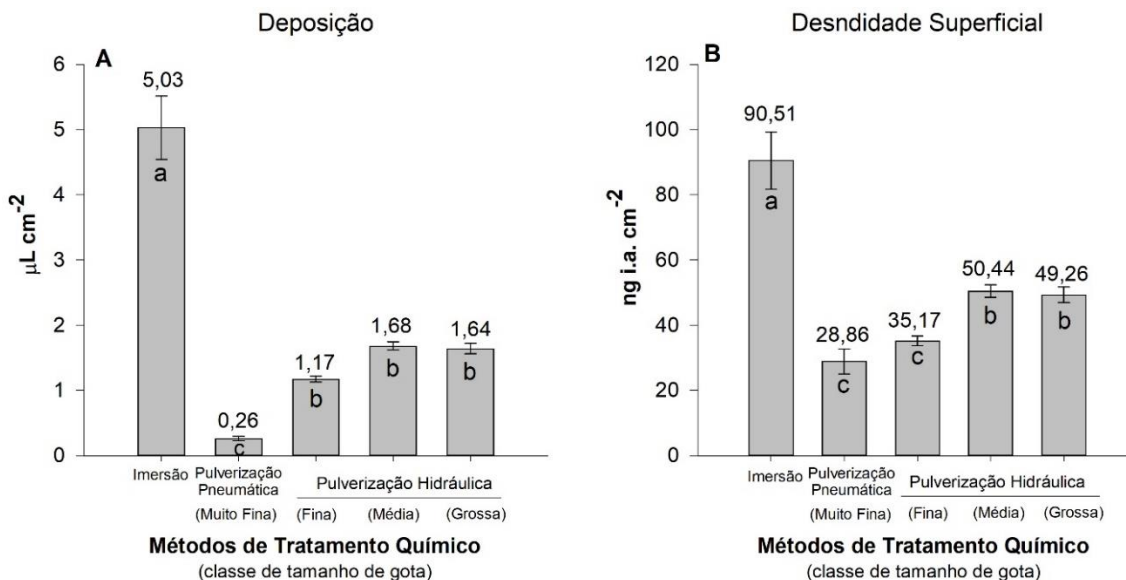
FV	GL	Quadrado Médio	
		Deposição	Densidade Superficial
Bloco	4	0,29 ^{ns}	131,25 ^{ns}
Tratamento	4	16,40 ^{**}	2881,51 ^{**}
Resíduo	16	0,24	95,69
CV(%)		25,09	19,24
FV	GL	Densidade de gotas	Porcentagem de Cobertura
Bloco	4	180,41 ^{ns}	0,78 ^{ns}
Tratamento	3	26408,47 ^{**}	999,80 ^{**}
Resíduo	12	324,37	2,82
CV(%)		10,87	4,86

FV: fator de variação, GL: graus de liberdade, CV: coeficiente de variação. ^{**}Significativo ao nível de 1 % de probabilidade, ns: não significativo pelo teste F.

Fonte: O autor.

Em termos quantitativos, observou-se que a combinação da redução do volume com a correção da concentração foi eficiente para o controle das larvas e teve baixa influência na mortalidade. Como apresentado na Figura 8, a deposição proporcionada pelo método de imersão foi superior em 19 vezes em relação à pulverização pneumática e 3 vezes em relação à pulverização hidráulica utilizando gotas médias (Figura 8A) e, dessa forma e conforme a concentração utilizada em cada aplicação, resultou na superioridade em 3 e 1,8 vezes na densidade superficial respectivamente (Figura 8B). Entretanto, apesar da diferença observada nos valores de deposição e densidade superficial, não houve diferença entre as mortalidades proporcionadas entre os métodos citados que, aliás, foram os maiores valores (Figura 7).

Figura 8 - Valores médios observados para as variáveis deposição (A) e densidade superficial (B) proporcionados por diferentes métodos de tratamento e tamanhos de gotas no controle químico da *Tuta absoluta*. Médias com letras iguais entre as barras para cada variável não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5 % de probabilidade



Fonte: O autor.

Com isso, pode-se inferir que o comportamento biológico desta população de *Tuta absoluta* foi relativamente neutro em relação à concentração do ingrediente ativo retido, uma vez que devido a correção, as pulverizações com os menores volumes resultaram em gotas mais concentradas. Essa constatação reduz as evidências da ocorrência de resistência comportamental conforme relatado por Martini (2012), a qual está associada à diminuição da mortalidade de uma espécie devido à repelência e evitação do contato com o ingrediente ativo, principalmente, em altas concentrações. Na ocasião, os autores concluíram que para o controle do ácaro aranha (*Tetranychus cinnabarinus*), espécie com alta mobilidade, não foram necessárias elevadas taxas de cobertura quando utilizado ingrediente ativo não repelente, ao contrário do produto mais repelente que combinado com baixa porcentagem de cobertura, foi interpretado como causa do desempenho inferior na incidência da espécie.

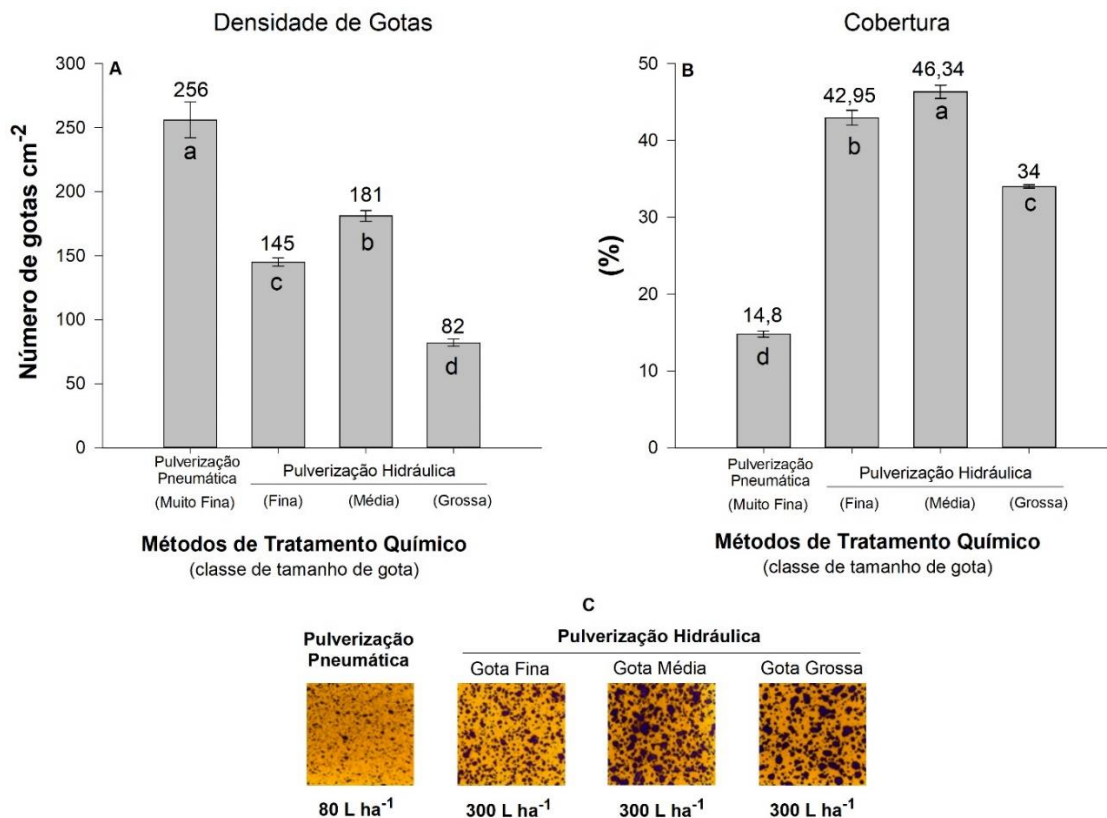
Ao avaliar as características da dispersão do volume retido proporcionada pelos pulverizadores, observou-se que as constatações acima corroboram com os valores de porcentagem de cobertura que, aliás, apresentou relação direta com o comportamento exposto para a deposição. Porém, a superioridade dos valores de cobertura do método de imersão (100 %) em relação à pulverização pneumática com

gotas muito finas e hidráulica com gotas médias respectivamente, foram nas proporções de 6,76 e 2,16 vezes (Figura 9B).

Por outro lado, foi possível estabelecer associação positiva entre as diferenças nas taxas de mortalidade e a densidade de gotas, ou seja, os tratamentos com as pulverizações que apresentaram as maiores mortalidades e equivalentes ao método de imersão (pulverizações pneumática com gotas muito finas e hidráulica com gotas médias), foram acompanhadas pelos maiores valores de densidade de gotas, sendo a recíproca verdadeira para as pulverizações hidráulicas com gotas finas e grossas respectivamente (Figura 9A), estes últimos com os menores valores de mortalidade quando comparados com o método da imersão foliar (Figura 7).

Isso demonstra que quanto melhor a distribuição do volume retido na superfície foliar proporcionada pela pulverização, melhor a resposta na mortalidade da população de *Tuta absoluta*, desde que a concentração depositada proporcione uma densidade superficial do ingrediente ativo superior ao mínimo necessário para o controle de 80 % da população avaliada, neste caso, de 3,21 ng cm⁻² de i.a. Esses resultados são condizentes com as avaliações realizadas por Salloum (2019) uma vez que a maior eficácia no controle de *Tuta absoluta* foi associada aos pulverizadores que produziram gotas muito finas e maiores densidades, comparado ao pulverizador que produziu gotas grossas e que apresentou menor densidade de gotas.

Figura 9 – Valores médios observados para as variáveis densidade de gotas (A) e porcentagem de cobertura (B), e etiquetas hodrossensíveis (C) proporcionados por diferentes métodos de tratamento e tamanhos de gotas no controle químico da *Tuta absoluta*. Médias com letras iguais entre as barras para cada variável não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5 % de probabilidade



Fonte: O autor.

Em relação ao tamanho das gotas do espectro produzido pelos equipamentos, já se encontra bem estabelecido que quanto menores as gotas, maiores são a densidade de impactos e a cobertura para um volume constante (COURSHEE, 1967). Entretanto, maiores são os riscos de ocorrer perdas por evaporação e deriva o que pode resultar em reduções no volume. Por outro lado, o menor risco de deriva das gotas de maiores diâmetros pode resultar em menor capacidade de penetração no dossel das plantas (FERGUSON et al., 2016ab). Esse comportamento ficou evidente na avaliação das pulverizações hidráulicas em que a utilização de gotas grossas resultou em menores valores de densidade de gotas e cobertura seguido pela utilização de gotas finas cujo espectro caracterizado apresentou maior risco de deriva com os maiores valores de porcentagem de gotas com diâmetro inferior a 100 μm .

Os maiores valores de densidade de gotas observados na pulverização pneumática atribuem-se ao fluxo em alta pressão do ar produzido pelo equipamento que, além de fracionar o líquido em gotas muito finas, auxilia no transporte das gotas

até o alvo (SASAKI et al., 2013). Essas características explicam a superioridade em relação às pulverizações hidráulicas mesmo apresentando na caracterização, espectro com maior risco de deriva pelo maior valor da porcentagem de gotas produzidas com diâmetro inferior a 100 μm .

Portanto, apesar das variações do tamanho de gota e tipo de pulverizadores não terem influenciado na eficácia do controle da população de *Tuta absoluta* com Abamectina conforme critério dos 80 % foi possível compreender melhor os efeitos dos parâmetros das pulverizações sobre o comportamento biológico da espécie. Vale ressaltar, que a correção da concentração se mostrou eficiente e deve ser realizada a fim de disponibilizar a densidade superficial mínima requerida pela população e dessa forma, deve se considerar o nível de resistência predominante desta população em relação ao ingrediente ativo empregado. No entanto, essa correção deve ser realizada conforme o volume aplicado e não deve ultrapassar o limite máximo estabelecido pelo fabricante que neste estudo, foi de 21,6 g do ingrediente ativo Abamectina por hectare.

Além disso, a maior eficácia no controle desta população de *Tuta absoluta* foi associada às maiores densidades de gotas e, dessa forma, os tratamentos utilizando os pulverizadores pneumático com gotas muito finas e hidráulico com gotas médias foram os mais eficientes. A viabilidade de se utilizar volumes de aplicação menores que o recomendado visa a redução do custo operacional devido à maior agilidade das operações, entretanto, resulta em volume depositado com maior concentração do ingrediente ativo que pode influenciar negativamente organismos não alvos (BARROS et al., 2015; PEREIRA et al., 2014). Por fim, destacamos que as avaliações foram realizadas em condições controladas e sem considerar a arquitetura e densidade foliar das plantas e, portanto, novas pesquisas devem ser realizadas dando sequências às observações em condição de campo.

5 CONCLUSÕES

Os diferentes métodos de tratamento químico com Abamectina proporcionaram mortalidade de larvas acima de 90 % sendo considerados eficazes para o controle desta população de *Tuta absoluta* da região de Viçosa-MG conforme critério estabelecido pelo Ministério de Agricultura Pecuária e Abastecimento do Brasil. Além disso, todos proporcionaram a deposição da densidade superficial do ingrediente ativo acima da densidade superficial mínima requerida para o controle de 80% da população.

Os tratamentos químicos mais eficientes para mortalidade desta população de *Tuta absoluta* foram observados para a pulverização pneumática com gotas muito finas e para a pulverização hidráulica com gotas médias. E além disso, o controle dessa espécie apresentou associação direta com as maiores densidades de gotas proporcionadas por estes tratamentos.

O emprego da pulverização pneumática com gotas muito finas, além de eficiente, proporcionou a maior redução no volume aplicado (80 L ha^{-1}) quando comparado ao menor volume recomendado pelo fabricante (500 L ha^{-1}), ou seja, redução de 84 %.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL AND BIOLOGICAL ENGINEERS. **ASABE Standard S-572**: Spray nozzle classification by droplet spectra. St. Joseph, Michigan, 2011.

BARROS, E. C.; BACCI, L.; PICANCO, M. C.; MARTINS, J. C.; ROSADO, J. F.; SILVA, G. A. Physiological selectivity and activity reduction of insecticides by rainfall to predatory wasps of *Tuta absoluta*. **Journal of Environmental Science and Health, Part B**, v. 50, n. 1, p. 45-54, 2015.

BIONDI, A.; GUEDES, R. N. C.; WAN, F. H.; DESNEUX, N. Ecology, worldwide spread, and management of the invasive South American tomato pinworm, *Tuta absoluta*: past, present, and future. **Annual Review of Entomology**, v. 63, p. 239-258, 2018.

CARVALHO, J. R.; PRATISSOLI, D.; VIANNA, U. R.; HOLTZ, A. M. **Análise de probit aplicada a bioensaios com insetos**. Colatina: IFES, 2017. 102p.

COURSHEE, R. J. Application and use of foliar fungicides. In: TORGESON, D.C. (ed.) **Fungicide: An advanced treatise**. Academic Press, New York, 1967. p. 239-86.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. EMBRAPA Meio ambiente: GOTAS - Programa de calibração de pulverização. Jaguariúna, São Paulo, 2000. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnicas/-/produto-servico/1421/gotas---programa-de-calibracao-de-pulverizacao---gotas>. Acesso em: 10/05/2021.

FERGUSON, J. C.; CHECHETTO, R. G.; HEWITT, A. J.; CHAUHAN, B. S.; ADKINS, S. W.; KRUGER, G. R.; O'DONNELL, C. C. Assessing the deposition and canopy penetration of nozzles with different spray qualities in an oat (*Avena sativa* L.) canopy. **Crop Protection**, v. 81, p. 14-19, 2016a.

FERGUSON, J. C.; HEWITT, A. J.; O'DONNELL, C. C. Pressure, droplet size classification, and nozzle arrangement effects on coverage and droplet number density using air-inclusion dual fan nozzles for pesticide applications. **Crop Protection**, v. 89, p. 231-238, 2016b.

FERREIRA, E. B. et al. **ExpDes.pt: Experimental Designs package (Portuguese)**, R package version 1.2.2, 2021.

FINNEY, D. J. **Probit analysis: a statistical treatment of the sigmoid response curve**. Cambridge: Univ. Press, 1952.

GAMA, J. **Ecotoxicology: methods for ecotoxicology**. R package version 1.0.1, 2015.

GUARANY. **Atomizador costal motorizado**, 2021. Disponível em: <http://www.guaranyind.com.br/equipamento/atomizador-costal-motorizado-18l>. Acesso em: 17/05/2021.

GUEDES, R. N. C.; RODITAKIS, E.; CAMPOS, M. R.; HADDI, K.; BIELZA, P.; SIQUEIRA, H. A. A.; TSAGKARAKOU, A.; VONTAS, J.; NAUEN, R. Insecticide resistance in the tomato pinworm *Tuta absoluta*: patterns, spread, mechanisms, management and outlook. **Journal of Pest Science**, v. 92, p. 1329–1342, 2019.

INSECTICIDE RESISTANCE ACTION COMMITTEE. **IRAC Method nº 22: Susceptibility Test Methods of *Tuta absoluta***, version 3, 2020.

MARTINI, X.; KINCY, N.; NANSEN, C. Quantitative impact assessment of spray coverage and pest behavior on contact pesticide performance. **Pest management science**, v. 68, n. 11, p. 1471-1477, 2012.

PALLADINI, L. A.; RAETANO, C. G.; VELINI, E. D. Choice of tracers for the evaluation of spray deposits. **Scientia Agricola**, v. 62, n. 5, p. 440-445, 2005.

PEREIRA, R. R.; PICANÇO, M. C.; SANTANA JR, P. A.; MOREIRA, S. S.; GUEDES, R. N.; CORRÊA, A. S. Insecticide toxicity and walking response of three pirate bug predators of the tomato leaf miner *Tuta absoluta*. **Agricultural and Forest Entomology**, v. 16, n. 3, p. 293-301, 2014.

PICANÇO, M. C.; GUSMÃO, M. R.; GALVAN, T. L. Manejo integrado de pragas de hortaliças. In: Zambolim, L. (Ed). **Manejo integrado de doenças, pragas e ervas daninhas**. Viçosa: UFV, p.275-324. 2000.

QUIRINO, A. L. S. **Parâmetros técnicos para a aplicação do glyphosate visando o aumento da eficácia segurança ambiental e do aplicador**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, UFV, 61p. 2010.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2021

SALLOUM, W. M. Effect of sprayer, nozzle types and spraying volume on efficacy of chemical compounds against tomato leafminer *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) infesting tomato. **Egyptian Journal of Plant Protection Research Institute**, v. 2, n. 2, p. 247-255, 2019.

SASAKI, R. S.; TEIXEIRA M. M.; FERNANDES, H. C.; MONTEIRO, P. M. B.; RODRIGUES, D. E. Deposição e uniformidade de distribuição da calda de aplicação em plantas de café utilizando a pulverização eletrostática. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.43, n.9, p. 1605-1609, 2013.

SILVA, G. A. **Resistência a inseticidas e falhas no controle de *Tuta absoluta***. Dissertação (Mestrado em Entomologia) – Universidade Federal de Viçosa, UFV, 41p. 2009.

SILVA, G. A.; PICANÇO, M. C.; BACCI, L.; CRESPO, A. L. B; ROSADO, J. F.; GUEDES, R. N. C. Control failure likelihood and spatial dependence of insecticide resistance in the tomato pinworm, *Tuta absoluta*. **Pest management science**, v. 67, n. 8, p. 913-920, 2011.

SIQUEIRA, H. A. A.; GUEDES, R. N. C.; FRAGOSO, D. D. B.; MAGALHAES, L. C. Abamectin resistance and synergism in Brazilian populations of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). **International Journal of Pest Management**, v. 47, n. 4, p. 247-251, 2001.

SYNGENTA PROTEÇÃO DE CULTIVOS LTDA. **Bula Vertimec® 18 EC**, 2021. Disponível em: https://www.syngenta.com.br/sites/g/files/zhg256/f/vertimec_18_ec.pdf?token=1603808389. Acesso em: 07/06/2021.

CAPÍTULO II

PROBABILIDADE DE FALHA ASSOCIADA AO CONTROLE QUÍMICO DE *Tuta absoluta* EM TOMATE EM FUNÇÃO DO TAMANHO DE GOTAS E DO VOLUME DE PULVERIZAÇÃO

RESUMO

A probabilidade de falhas associada à tecnologia de aplicação no controle químico da *Tuta absoluta* está diretamente ligada à combinação do volume depositado e da concentração do ingrediente ativo retidos nas folhas. Como diferentes tamanhos de gotas, volume de calda e tipos de pulverização podem interferir no volume depositado, objetivou-se com este trabalho identificar e estimar a correção da probabilidade de falhas associada à expectativa de controle de diferentes populações de *Tuta absoluta*, baseadas na eficiência de aplicação proporcionada por diferentes volumes, tamanhos de gotas e tipos de pulverizadores em plantas de tomate. Utilizou-se dois pulverizadores portáteis, um hidráulico e outro pneumático e foram mensuradas as variáveis densidade de gotas, porcentagem de cobertura e deposição do volume retido em função de diferentes volumes de pulverização e posição na planta. Em seguida foram estimadas probabilidades de controle, por meio da análise de Probit, utilizando diferentes concentrações do ingrediente ativo seguido pela proposta da correção das deposições subletais. Nas pulverizações hidráulicas os incrementos dos índices volumétricos provocaram efeito direto nas variáveis densidade de gotas, cobertura e deposição, entretanto, mostraram uniformidade na distribuição vertical entre os terços com superioridade na parte externa das plantas. Por outro lado, para a pulverização pneumática, a deposição aumentou do ápice para a base das plantas e se manteve uniforme entre as profundidades. Além disso, para a deposição foi observada maior amplitude e, portanto, maior heterogeneidade entre os índices volumétricos na pulverização hidráulica com gotas finas ($0,94 \mu\text{L cm}^{-2}$) seguidas pelas gotas grossas ($0,58 \mu\text{L cm}^{-2}$) e médias ($0,48 \mu\text{L cm}^{-2}$) e por último a pulverização pneumática com menor amplitude ($0,33 \mu\text{L cm}^{-2}$) e mais homogênea. Essa constatação corrobora os resultados observados com a análise de probit as quais apontaram maior probabilidade de falha no controle da *Tuta absoluta* ao utilizar a pulverização hidráulica com gotas finas, seguida pelas pulverizações hidráulicas com gotas grossas e médias e, para pulverização pneumática, não foi constatado probabilidade de falha no controle a qual condicionou, ainda, economia de 84 % no volume de calda aplicado. Nessa sequência, observou-se os totais de 6, 4 e 1 índices volumétricos com resultados insatisfatórios para o controle entre as três populações.

Palavras-chave: Deposição. Traça do tomate. Aplicação de inseticida. Concentração de inseticida. Abamectina.

ABSTRACT

The failure likelihood associated with the pesticide application technology in *Tuta absoluta* chemical control is directly linked to the combination of the volume and concentration of the active ingredient retained in the leaves. As different drop sizes, spray volume and types of spraying can interfere with the deposited volume, this work had the objective to identify and estimate the correction of the failure likelihood associated with the expectation of control in different populations of *Tuta absoluta*, considering the application efficiency provided by different volumes, drop sizes and types of sprayers on tomato plants. The treatments were applied in a commercial tomato crop using two portable sprayers, one hydraulic and the other pneumatic, and the variables droplet density, percentage of coverage and deposition of the retained volume were measured as a function of different spray volumes and position in the plant. Then, control probabilities were estimated, through Probit analysis, using different concentrations of the active ingredient followed by the proposal of correction of sublethal depositions. In the hydraulic spraying, the application rate increments had a direct effect on the droplet density, coverage and deposition variables, however, they showed uniformity in the vertical distribution between the vertical positions with superiority in the external part of the plants. On the other hand, for pneumatic spraying, deposition increased from the top to the base of the plants and remained uniform between depths. In addition, for the deposition, the highest amplitude and, therefore, highest heterogeneity was observed between the volumetric indices in hydraulic spraying with fine drops ($0.94 \mu\text{L cm}^{-2}$) followed by coarse drops ($0.58 \mu\text{L cm}^{-2}$) and medium drops ($0.48 \mu\text{L cm}^{-2}$) and finally the pneumatic spraying with smaller amplitude ($0.33 \mu\text{L cm}^{-2}$) and more homogeneous. This results corroborates the results observed with the probit analysis, which showed a higher failure likelihood in the control of *Tuta absoluta* using hydraulic spraying with fine drops, followed by hydraulic spraying with coarse and medium drops and. For pneumatic spraying, failure likelihood was not observed and this sprayer provided an economy of 84% in the application rate. In this sequence, the totals of 6, 4 and 1 volumetric indices were observed with unsatisfactory results for the control among the three populations.

Keywords: Deposit spray. Tomato pinworm. Insecticide application. Insecticide concentration. Abamectin.

1 INTRODUÇÃO

Diversos autores apontam o risco de falhas no controle químico à *Tuta absoluta* como ferramenta essencial para o manejo integrado da espécie. Entretanto, estimar a probabilidade dessas falhas requerem métodos adequados que, atualmente, se baseiam em avaliações de resistência a ingredientes ativos e suas distribuições em escalas temporal e espacial frente a parâmetros que influenciam no ciclo de vida da espécie, como temperatura e relevo (GONTIJO et al., 2013; RODITAKIS et al., 2018; SANTANA et al., 2017).

Em uma escala global, esses estudos apresentam contornos bem delineados e vêm sendo essenciais para as agências de manejo de pragas no auxílio para o controle da distribuição das populações resistentes (BIONDI et al., 2018; GUEDES et al., 2019). No entanto, esses autores são taxativos ao alertarem da necessidade da ampliação dos estudos por meio de abordagens combinadas uma vez que o desenvolvimento de resistência a inseticidas tem sido uma ameaça contínua. Sendo assim, é de suma importância concentrar esforços em identificar e adotar estratégias que permitam não só prever a evolução dos riscos, mas também, que sejam capazes de retardar o desenvolvimento da resistência às moléculas inseticidas.

Sendo assim, o objetivo na aplicação de qualquer defensivo agrícola deve ser de otimizar a deposição do ingrediente ativo no alvo e em quantidade suficiente para alcançar um resultado biológico desejado com segurança e economia (SILVA et al., 2017). No entanto, essa afirmação tornará mais eficiente se a quantidade do ingrediente ativo necessário para o controle biológico for depositada na mínima concentração possível e, nesse sentido, as pesquisas ainda caminham a passos lentos (EBERT, 2006).

Para os pesquisadores, os estudos envolvendo as relações da estrutura e a qualidade de volume depositado com o resultado biológico possuem baixa transferibilidade a nível de campo, e isso torna a identificação de uma concentração mínima efetiva muito complexa (EBERT, 1999). E, apesar dos conhecimentos acerca da eficiência dos equipamentos bem como do comportamento biológico da praga frente à retenção e distribuição do volume depositado, a efetividade das aplicações são atreladas à volumes e/ou concentrações excessivas, tendo isso, como uma tentativa de neutralizar as variabilidades inerentes às espécies pragas e aos sistemas de cultivo.

Nos estudos de eficiência da aplicação proporcionado por pulverizadores, os parâmetros avaliados concentram-se nas características de tamanho e número das gotas do espectro além do volume de calda empregado. No entanto, são raras as pesquisas em que as características do espectro são relacionadas com a concentração letal mínima e da eficácia no controle de uma praga.

Dessa forma, além da possibilidade de prever as diferenças da eficiência de dois tipos de pulverizadores, buscou-se com este estudo, identificar e estimar a correção da probabilidade de falhas associada à expectativa de controle de diferentes populações de *Tuta absoluta*, baseadas na eficiência de aplicação proporcionada por diferentes volumes, tamanhos de gotas e tipos de pulverizadores em plantas de tomate. Assim, pretende-se elevar a versatilidade de operação dos equipamentos perante as necessidades requeridas por programas de pulverizações, gerando economia e mais segurança, sem contar, na diminuição dos riscos de transferências de concentrações subletais as quais podem intensificar a indução de populações resistentes.

2 OBJETIVO GERAL

Identificar e estimar a correção da probabilidade de falhas associada à expectativa de controle de diferentes populações de *Tuta absoluta*, baseadas na eficiência de aplicação proporcionada por diferentes volumes, tamanhos de gotas e tipos de pulverizadores em plantas de tomate.

2.1 Objetivos específicos

- Caracterizar a pulverização proporcionada por dois pulverizadores portáteis em plantas de tomate obtendo as variáveis densidade de gotas, porcentagem de cobertura e deposição do volume retido nas folhas;
- Obter os índices volumétricos para aplicação associados aos volumes de calda utilizados e ao volume de vegetação por hectare;
- Obter a densidade superficial depositada pelas aplicações, expressa em nano grama por centímetro quadrado de ingrediente ativo (ng cm^{-2} de i.a.) por meio da associação do volume retido com a simulação da concentração do ingrediente ativo na solução de aplicação;
- Determinar a densidade superficial letal crítica necessária para controlar 80 % da população de *Tuta absoluta* (DSL_{80});
- Avaliar a eficiência das aplicações para depositar a densidade superficial com valor igual ou maior à DSL_{80} utilizando diferentes metodologias de avaliação;
- Determinar a taxa de subletalidade, ou seja, a porcentagem dos pontos amostrais onde a densidade superficial do ingrediente ativo depositada não foi suficiente para atingir a DSL_{80} ;
- Determinar um modelo para estimar a probabilidade de controle em função da concentração do ingrediente ativo na calda;
- Propor a correção da subletalidade em função da correção da concentração do ingrediente ativo na solução para alcançar a DSL_{80} em 99 % dos pontos amostrados;
- Determinar a probabilidade de falha em função dos índices volumétricos satisfatórios para o controle da traça do tomateiro; e,

- Avaliar a eficiência no controle da traça do tomateiro em função dos menores consumo de água, concentração de ingrediente ativo na solução e massa de ingrediente ativo por volume de vegetação das plantas de tomate

3 MATERIAL E MÉTODOS

Foi realizada a aplicação de uma solução contendo água, corante e óleo mineral em plantas de tomate, utilizando dois equipamentos de aplicação, um pulverizador costal pneumático e um pulverizador costal hidráulico. Para o pulverizador hidráulico, os tratamentos foram empregados utilizando-se cinco volumes de aplicação (300, 400, 500, 600 e 700 L ha⁻¹) e três classes de tamanho de gotas (Fina, Média e Grossa), as quais foram avaliadas isoladamente. Já para o pulverizador pneumático, o ensaio teve como única fonte de variação o volume de aplicação, em que foram utilizados três volumes (80, 160 e 240 L ha⁻¹).

Os volumes de pulverização foram transformados em índices volumétricos, variável essa que associa o volume de pulverização com o volume de vegetação da cultura e foram expressos em mililitros de calda por metro cúbico de vegetação (mL m⁻³). O volume da vegetação foi mensurado por meio do método *Tree Row Volume* (TRV) (BYERS et al., 1971) conforme o espaçamento de plantio bem como dos valores médios de altura e diâmetro de 30 plantas, apresentados no Quadro 1.

Quadro 1 - Número de plantas, valores médios de altura e diâmetro das plantas e espaçamento de cultivo utilizados para obtenção do volume de vegetação (TRV) na cultura do tomate

Número de Plantas	Altura (m)	Diâmetro (m)	Espaçamento (m)		TRV (m ⁻³)
			Entre Fileiras	Entre Plantas	
30	1,82	0,53	1,0	0,5	9639,37

Fonte: O autor.

Dessa forma, foram obtidos os valores de índice volumétricos de 31, 41, 52, 62 e 73 mL m⁻³ correspondente aos volumes de 300, 400, 500, 600 e 700 L ha⁻¹ utilizados na pulverização hidráulica e de 8, 17 e 25 mL m⁻³ correspondentes aos volumes de 80, 160 e 240 L ha⁻¹ utilizados na pulverização pneumática.

3.1 Pulverizador Hidráulico

Foi utilizado um pulverizador de pesquisa da marca Herbicat[®] pressurizado por CO₂, equipado com cilindro de alumínio com capacidade para 2 kg de gás, reservatório de calda de 2 L, regulador de pressão, manômetro e lança contendo um bico de pulverização. Preliminarmente, foi realizado a caracterização do espectro de gotas por meio de um analisador de partículas a laser (Spraytech, Malvern Instruments Co[®]). Para cada combinação de ponta e pressão indicadas no Quadro 2 foram realizadas

amostragens no analisador de partículas além da aferir da vazão em proveta graduada, ambas amostragens em quatro repetições.

Dentre as variáveis calculadas pelo equipamento, o diâmetro da mediana volumétrica (DMV) foi considerado como referência para a classificação do espectro das gotas adotando assim, as recomendações para aplicação de defensivos agrícolas proposta pela norma S-572 da Associação Americana de Engenheiros Agrícolas e Biológicos (ASABE, 2011). De acordo com a norma, o padrão que classifica as categorias de tamanho de gotas do espectro em FINA, MÉDIA E GROSSA são os valores de DMV aproximados nos intervalos de 100-175, 176-250 e 251-375 μm , respectivamente.

Para produzir as diferentes classes de tamanhos de gotas, o pulverizador foi equipado com pontas hidráulicas da marca Teejet® modelos XR e AIXR e da marca Hypro® modelo LD e regulado conforme o Quadro 2.

Quadro 2 - Configurações de regulação do pulverizador hidráulico para experimento a campo

Volume de Calda (L/ha)	CLASSES DE TAMANHO DE GOTA								
	FINA			MÉDIA			GROSSA		
	Modelo	Pressão/ Vazão kPa (L min ⁻¹)	Velocidade (km h ⁻¹)	Modelo	Pressão/ Vazão kPa (L min ⁻¹)	Velocidade (km h ⁻¹)	Modelo	Pressão/ Vazão kPa (Lmin ⁻¹)	Velocidade (km h ⁻¹)
300	XR 11002	200 (0,65)	2,5	LD 11002	250 (0,75)	2,5	AIXR 110015	336 (0,625)	2,5
	XR 11002	333(0,83)	2,5	LD 11002	333 (0,83)	2,5	AIXR 11002	333 (0,83)	2,5
400	XR 11003	250 (1,07)	2,5	LD 11002	410 (1,02)	2,5	AIXR 11002	500 (1,02)	2,5
	XR 11003	336 (1,24)	2,5	LD 11003	410 (1,24)	2,5	AIXR 110025	480 (1,25)	2,5
500	XR 11003	290 (1,16)	2	LD 11003	450 (1,44)	2,5	AIXR 110025	414 (1,16)	2
	XR 11003	290 (1,16)	2	LD 11003	450 (1,44)	2,5	AIXR 110025	414 (1,16)	2

Fonte: O autor.

Na calibração do pulverizador, a velocidade de caminhada foi controlada por meio do sinal sonoro produzido por um metrônomo virtual, instalado em um smartphone e equipado com fone auditivo o qual foi transportado pelo aplicador. O metrônomo emite sinais sonoros regulares em um período de um minuto sendo a unidade chamada de Batidas por Minuto (BPM). Portanto, a cadência de caminhada foi ajustada de acordo com a frequência de batidas inseridas no equipamento que por sua vez, foi determinada em função do número de passos por metro bem como da velocidade desejada, conforme Equação 1. Para o trabalho, cada passo do operador foi espaçado em aproximadamente 0,5 m.

$$\text{BPM} = V \times \text{PPm} \times 16,67 \quad (1)$$

em que

BPM = Batidas por Minuto;

V = Velocidade de deslocamento (km h^{-1}); e,

PPm = Passos por metro.

Conforme as velocidades indicadas no Quadro 2, a regulagem do metrônomo foi realizada conforme Tabela 1.

Tabela 1 - Regulagem do metrônomo para cadência de deslocamento com pulverizador hidráulico

Velocidade km h^{-1}	PPm Passos m^{-1}	BPM
2,5	2	83
2	2	67

BPM: batidas por minuto; PPm: passos por metro.

Fonte: O autor.

3.2 Pulverizador Pneumático

Foi utilizado o pulverizador pneumático da marca Guarany[®], com tanque de capacidade para 18 L o qual se caracteriza pela utilização do fluxo de ar em alta pressão para formação e transporte das gotas. Com este equipamento não foi variado tamanho de gota e, para reproduzir os fatores do estudo, o equipamento foi equipado e regulado conforme Tabela 2. De acordo com as velocidades indicadas na Tabela 2, a calibração do pulverizador foi realizada procedendo-se a regulagem do metrônomo empregando a Equação 1 (Tabela 3).

Tabela 2 - Configurações de regulagem do pulverizador pneumático

Volume de Calda (L ha^{-1})	Velocidade (km h^{-1})	Ponta dosadora	
		Modelo	Vazão (L min^{-1})
80	2,7	Branca	0,18
160	1,35	Branca	0,18
240	3,45	Amarela	0,69

Fonte: O autor

Tabela 3 - Regulagem do metrônomo para cadência de deslocamento com pulverizador pneumático

Velocidade km h ⁻¹	PPm Passos m ⁻¹	BPM
1,35	2	45
2,7	2	90
3,45	2	115

BPM: batidas por minuto; PPm: passos por metro.

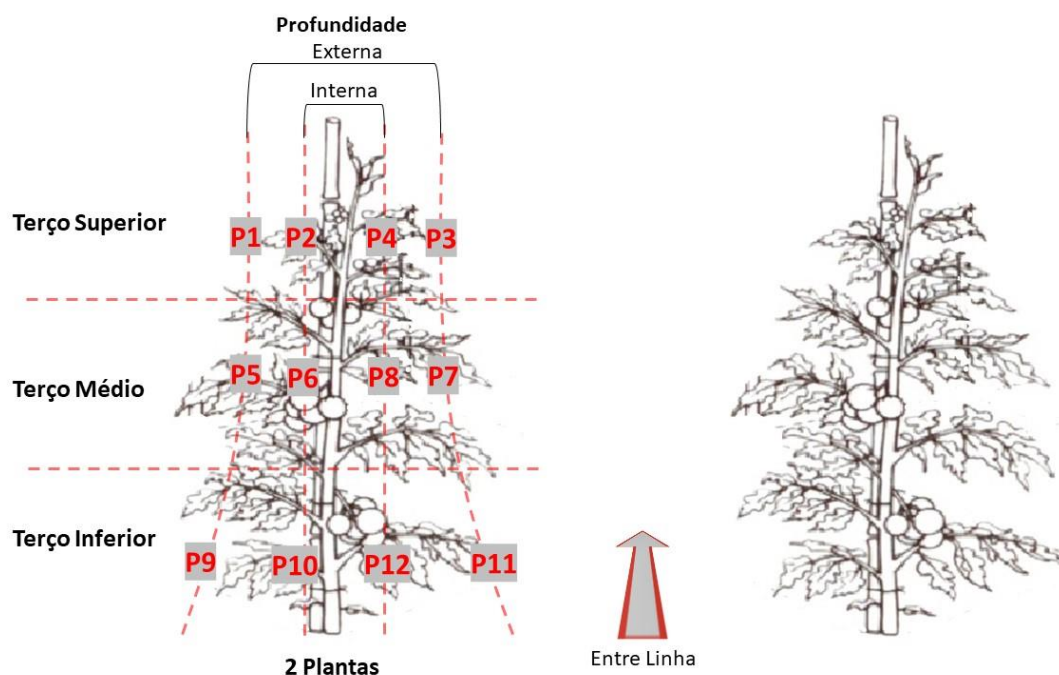
Fonte: O autor

3.3 Delineamento experimental

O experimento foi conduzido em lavoura de tomate comercial, localizada no município de Cajuri-MG, em estágio de desenvolvimento correspondente ao florescimento e início de frutificação. As avaliações foram conduzidas no delineamento em blocos casualizados com os tratamentos dispostos em esquema de parcelas subsubdivididas. Para a pulverização hidráulica utilizou-se um esquema 5 x 3 x 2, sendo na parcela cinco índices volumétricos (31, 41, 52, 62 e 73 mL m⁻³), na subparcela três terços (superior, médio e inferior) e na subsubparcela duas profundidades (externa e interna) na planta, com quatro repetições. Para a pulverização com o equipamento pneumático utilizou-se três índices volumétricos (8, 17 e 25 mL m⁻³) e o restante permaneceu inalterado apresentando, portanto, esquema 3 x 3 x 2.

Em cada combinação de volume, terço e profundidade foi adotado um ponto amostral e, em cada parcela composta por três linhas com seis plantas cada, foram amostradas as duas plantas centrais da linha do meio totalizando 24 pontos amostrais por parcela. As aplicações foram realizadas nos dois lados das plantas e, portanto, os pontos equidistantes foram considerados as repetições, por exemplo, os pontos P1 e P3 da planta um e P1 e P3 da planta dois foram as quatro repetições para a profundidade externa do terço superior.

Figura 1 - Representações das subparcelas (terços superior, médio e inferior) e subsubparcelas (profundidades externa e interna) com indicação dos pontos amostrais (P) de 1 a 12 das duas plantas amostradas por parcela (24 pontos amostrais)



Fonte: Reprodução adaptada de Ageitec, 2021.

3.4 Variáveis

3.4.1 Densidade de gotas e porcentagem de cobertura

Para determinação da densidade de gotas e porcentagem de cobertura, foram fixadas etiquetas de papel hidrossensível em cada ponto amostral (Figura 2), e após a pulverização foram digitalizadas e analisadas pelo software computacional Gotas (EMBRAPA, 2000).

Figura 2 - Fixação das etiquetas hidrossensíveis nos pontos amostrais



Fonte: O autor.

3.4.2 Deposição

Para determinar a deposição (DEP), ou seja, o volume de calda retido nos pontos amostrais, foi adicionado corante alimentício azul brilhante na concentração de 3.000 mg L⁻¹ na solução que continha água e óleo mineral na concentração de 0,25 % (v/v). Após a pulverização, foram coletados três folíolos em cada ponto amostral, acondicionados em sacos plásticos e guardados em caixa de isopor para transporte até o laboratório. Já no laboratório, as amostras foram lavadas adicionando-se 20 mL de água destilada em cada saco e agitadas durante 30 segundos.

Em seguida, procedeu-se a quantificação do volume retido em cada ponto amostral por meio da relação de diluição entre a concentração do corante na solução aplicada (3.000 mg L⁻¹) com a concentração estimada da solução de lavagem dos folíolos conforme metodologia proposta por Palladini (2005), sendo o valor expresso em µL. Por fim, após todos os folíolos utilizados para a extração do marcador serem mensurados no medidor de área foliar LI-3100C Area Meter da Li-Cor®, foi possível estabelecer a deposição da solução aplicada expressa em µL cm⁻², ao dividir o volume quantificado da amostra pela respectiva área foliar dos folíolos utilizados para extração do corante.

3.4.3 Densidade Superficial

Os valores de DEP foram transformados em densidade superficial, simulando concentrações do ingrediente ativo Abamectina conforme Equação 2. Os valores foram expressos em nanograma por centímetro quadrado de ingrediente ativo (ng cm⁻² de i.a.).

$$DS = DEP \times CIS \quad (2)$$

Em que,

DS = Densidade Superficial do Ingrediente ativo na superfície vegetal (ng cm⁻² de i.a.);

DEP = Deposição da solução na superfície vegetal (µL cm⁻²); e,

CIS = Concentração do ingrediente ativo na solução ng µL⁻¹.

Foram determinadas as densidades superficiais Padrão e Corrigida. Para densidade padrão, utilizou-se a concentração de ingrediente ativo de 18 mg L⁻¹ que,

seguindo as recomendações do fabricante, pode ser aplicada variando o volume de pulverização de 500 a 1200 L ha⁻¹ fornecendo, portanto, concentrações por área, mínima e máxima, de 9 e 21,6 gramas por hectare de ingrediente ativo (g ha⁻¹ de i.a.) respectivamente (Tabela 4).

Tabela 4 - Recomendações do fabricante do Inseticida para controle de *Tuta absoluta*

*Dose (mL 100L ⁻¹)	Concentração do inseticida no p.c. (g L ⁻¹ de i.a.)	Volume de Pulverização (L ha ⁻¹)		Concentração da solução (mg L ⁻¹ de i.a.)	Concentração por área (g ha ⁻¹ de i.a.)	
		Mínimo	Máximo		Mínimo	Máximo
100	18	500	1200	18	9	21,6

*produto comercial em água; p.c: produto comercial; i.a.: ingrediente ativo.

Fonte: Adaptado de Syngenta, 2021.

A densidade superficial corrigida foi determinada quando foi utilizado volume de pulverização menor que o mínimo recomendado pelo fabricante (500 L ha⁻¹). Sendo assim, a concentração do ingrediente ativo na solução foi corrigida para fornecer a mínima concentração por área de ingrediente ativo, ou seja, o quociente de 9 g ha⁻¹ de i.a. pelo volume de pulverização, como descrito na Tabela 5.

Tabela 5 – Valores mínimos das concentrações por área de ingrediente ativo para cada volume de pulverização e correção da concentração para os volumes menores que 500 L ha⁻¹

Pulverizador	Volume de Pulverização (L ha ⁻¹)	Concentração por área (g ha ⁻¹ de i.a.)	Concentração Corrigida da solução (mg L ⁻¹ de i.a. na solução)
Hidráulico	300	9	30
	400	9	22,5
	500*	9	18
	600	10,8	18
	700	12,6	18
Pneumático	80	9	112,5
	160	9	56,25
	240	9	37,5

i.a.: ingrediente ativo. *Volume de pulverização mínimo recomendado pelo fabricante.

Fonte: O autor.

3.4.4 Densidade superficial letal crítica (DSL₈₀)

Foi adotado como nível crítico a concentração letal do ingrediente ativo Abamectina para controlar 80 % de uma população de *Tuta absoluta* (CL₈₀), sendo essa, a mortalidade mínima exigida para registro de uso de inseticida para controle de uma determinada praga pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento do Brasil (SILVA, 2009). Além disso, foi determinada a deposição média ($\mu\text{L cm}^{-2}$)

utilizando o método da imersão para o tratamento da superfície foliar do tomateiro empregado nas avaliações de toxicidade para obtenção da CL_{80} .

Na ocasião, oito folíolos de tomate da cultivar Santa Clara foram imersos em solução contendo água, corante e óleo mineral por cinco segundos e colocados para secar à sombra. Em seguida, foram acondicionados em sacos plásticos e lavados e assim, determinou-se a deposição média conforme descrito no item 3.4.2.

Assim, foram determinadas as densidades superficiais letais críticas (DSL_{80}), expressas em $ng\ cm^{-2}$ de i.a., de três populações de *Tuta absoluta* empregando o limite inferior do intervalo fiducial das suas respectivas CL_{80} e da deposição foliar média conforme Equação 2 do item anterior. A população de *Tuta absoluta* originada do Município de Viçosa e sua respectiva avaliação de toxicidade foi proposta no capítulo anterior e, os dados das demais populações, foram propostos por Silva (2009) e utilizados como referência para as análises. Na ocasião, as populações utilizadas pelo referido autor foram originadas de duas regiões, Santa Tereza – ES e Goianópolis – GO (Tabela 6).

Tabela 6 - Valores da CL_{80} e da deposição média utilizados na determinação da densidade superficial letal crítica de diferentes populações de *Tuta absoluta*

População de <i>Tuta absoluta</i>	CL_{80} (IF₉₅ %) ng μL^{-1} de i.a.	DEP $\mu L\ cm^{-2}$	DSL_{80} ng cm^{-2} de i.a.
Cidade			
Viçosa-MG	0,68(0,64-0,76)	5,02	3,21
Santa Tereza-ES	2,74(1,48-7,06)	5,02	7,44
Goianópolis-GO	5,13(2,56-13,88)	5,02	12,87

CL_{80} : Concentração Letal para controle de 80 % da população de *Tuta absoluta*, IF: Intervalo Fiducial, DEP: Deposição, DSL: Densidade Superficial Letal Crítica.

Fonte: O autor.

3.4.5 Subletalidade

A taxa de subletalidade expressa em porcentagem, foi utilizada para representar os pontos amostrais onde a densidade superficial do ingrediente ativo depositada na superfície foliar do tomateiro não foi suficiente para atingir o valor crítico, ou seja, representa pontos que receberam concentrações subletais para o controle da praga. Foi determinada por meio da comparação entre os valores de densidade superficial dos pontos amostrais e os valores de DSL_{80} . Dessa forma, a soma do número de valores das amostras que foram menores que a DSL_{80} , foram

transformados em porcentagem em relação ao número total de repetições para cada fator. A subletalidade considerando a densidade superficial padrão foi chamada de subletalidade padrão e foi mensurada considerando a planta inteira. Já para os valores de subletalidade considerando a densidade superficial corrigida foram denominadas de subletalidade corrigida e, portanto, suas análises foram realizadas considerando a planta inteira, os terços e as profundidades que foram analisados isoladamente.

3.4.6 Análise Estatística

3.4.6.1 Densidade de gotas e porcentagem de cobertura

Os dados foram submetidos à análise de variância, ao teste de média e à análise de regressão de acordo com a natureza qualitativa ou quantitativa do fator respectivamente. Na análise de variância empregou-se o teste F no nível de até 5 % de probabilidade. As médias foram comparadas utilizando-se o teste de Tukey a 5 % de probabilidade. Os modelos de regressão foram escolhidos com base na significância dos coeficientes de regressão utilizando-se o teste t num nível de até 5 %, no coeficiente de determinação e no processo em estudo.

3.4.6.2 Densidade Superficial

Nas análises para as pulverizações hidráulicas, independente da análise de variância os dados de densidade superficial padrão foram submetidos à análise de regressão em função dos índices volumétricos e considerando somente a planta inteira. Já para densidade superficial corrigida, além da planta inteira os dados foram submetidos à análise de regressão em função do índice volumétrico considerando isoladamente os terços e as profundidades.

Já para as pulverizações utilizando o pulverizador pneumático, também considerou, independente da análise de variância, somente a planta inteira na análise dos dados da densidade superficial padrão, entretanto, foram submetidos à comparação com base na sobreposição do intervalo de confiança ao nível de confiança de 95 %. Os valores foram considerados iguais em caso de sobreposição dos intervalos de confiança no confronto das médias das densidades superficiais de dois índices volumétricos, ou seja, quando o valor do limite mínimo ou máximo do intervalo obtido para um IV estivesse dentro do intervalo estimado para o outro IV a ser comparado, e vice-versa.

Na análise da densidade superficial corrigida utilizando o pulverizador pneumático, os dados foram submetidos à comparação com base na sobreposição do intervalo de confiança ao nível de 95 %, porém, as avaliações ocorreram em função dos índices volumétricos considerando a planta inteira e dentro das interações “Terço x Índice Volumétrico” e “Profundidade x Índice Volumétrico”.

Portanto, as análises isoladas considerando a planta inteira foram realizadas com 24 repetições, considerando o terço foram 8 repetições e considerando a profundidade foram 12 repetições.

3.4.6.3 Densidade superficial letal crítica (DSL₈₀)

Foi considerado satisfatório os valores médios de densidade superficial proporcionados pelas pulverizações em função dos índices volumétricos, que atingisse valor igual ou maior que a DSL₈₀ de uma determinada população. As avaliações para densidade superficial padrão foram realizadas considerando a planta inteira. Já para densidade superficial corrigida, as análises foram realizadas considerando a planta inteira, os terços e as profundidades, no entanto, esses fatores foram analisados de forma isolada.

3.4.6.4 Subletalidade

Os dados de subletalidade foram submetidos à análise da estatística descritiva com apresentação das médias obtidas em função dos índices volumétricos. As análises foram realizadas considerando a planta inteira, os terços e as profundidades isoladamente.

3.4.7 Construção da curva de probabilidade de controle

As curvas foram construídas considerando somente a planta inteira e para os valores de índice volumétrico que apresentaram subletalidade corrigida. Portanto, os valores de deposição em ($\mu\text{L cm}^{-2}$) obtidos nos 24 pontos amostrais para cada tamanho de gota da pulverização hidráulica e para a pulverização pneumática, foram multiplicados por valores crescentes de concentração do ingrediente ativo na solução em $\text{ng } \mu\text{L}^{-1}$ obtendo assim, valores crescentes de densidade superficial em ng cm^{-2} de i.a. em função da concentração do ingrediente ativo. Em seguida, em cada concentração, foi calculada a taxa de letalidade, ou seja, a porcentagem dos pontos amostrais que atingiram valores maior ou igual à DSL₈₀ da população, ou seja, que

atingiram a expectativa de controle, considerando os 24 pontos amostrais e assim, obteve-se os pontos correspondentes às concentrações que proporcionaram a porcentagem de controle entre 0 e 100 %. Na sequência os dados foram submetidos à análise de Probit com $p > 0,05$ para determinação das curvas da probabilidade de controle em função da concentração de ingrediente ativo de Abamectina na solução de tratamento (CARVALHO et al., 2017).

3.4.7.1 Variáveis obtidas

Para cada índice volumétrico em que se obteve a curva, foram estimadas as probabilidades de controle (%) utilizando as concentrações letais padrão e corrigida. Dessa forma, foi possível descrever o máximo da probabilidade de controle proporcionada pela pulverização utilizando um determinado volume de calda nas concentrações padrão e corrigida.

A partir dos modelos gerados para cada índice volumétrico, foram obtidos os valores dos coeficientes angulares das curvas, ou seja, as inclinações, bem como dos seus intervalos de confiança a 95 %. Assim, as inclinações foram utilizadas para avaliação da homogeneidade de resposta à probabilidade de controle entre os índices volumétricos, para uma mesma população como descrito por Siqueira (2001) e Carvalho (2017), em que quanto menor a inclinação, mais rápida é a resposta de controle em pequenas variações da concentração do ingrediente ativo.

A comparação entre as inclinações foi realizada por meio da análise dos intervalos de confiança estimados para cada índice volumétrico. Os valores foram considerados iguais em caso de sobreposição dos intervalos de confiança no confronto de dois índices volumétricos, ou seja, caso o valor do limite mínimo ou máximo do intervalo obtido para um IV estivesse dentro do intervalo estimado para o outro IV a ser comparado, e vice-versa.

3.5 Correção da subletalidade

Foram estimadas as concentrações letais para alcançar a deposição da DSL_{80} em 99 % da superfície foliar do tomateiro e, conseqüentemente, 99 % de probabilidade de controle da praga (CL_{99}), condição essa, considerada para anular a probabilidade de falhas associada ao controle das populações de *Tuta absoluta*. A correção foi satisfatória e, portanto, recomendada, quando o valor do limite inferior do Intervalo

Fiducial da CL₉₉ estivesse abaixo do limite máximo da concentração da solução corrigida pela concentração por área recomendada pelo fabricante (Tabela 7).

Tabela 7- Limites das concentrações por área e corrigida para recomendação da correção da subletalidade em função do índice volumétrico

Pulverizador	Volume de Pulverização (mL m ⁻³)	Concentração por área recomendada pelo fabricante (g ha ⁻¹ de i.a.)		Concentração da solução (mg L ⁻¹ de i.a.)	
		Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Hidráulico	31	9	21,6	30,00	72,00
	41	9	21,6	22,50	54,00
	52	9	21,6	18,00	43,20
	62	9	21,6	15,00	36,00
	73	9	21,6	12,86	30,86
Pneumático	8	9	21,6	112,50	270,00
	17	9	21,6	56,25	135,00
	25	9	21,6	37,50	90,00

i.a.: ingrediente ativo.

Fonte: O autor.

Portanto a probabilidade de falha para cada índice volumétrico foi atribuída quando do resultado insatisfatório para correção da subletalidade. Sendo assim, a probabilidade de falha em função dos diferentes tamanhos de gotas e tipos de pulverização foi atribuída ao número de índices volumétricos insatisfatórios para o controle da praga entre as diferentes populações avaliadas.

4 RESULTADOS

4.1 Caracterização

4.1.1 Espectro de gotas

De acordo com os resultados obtidos no analisador de partículas, foi dada essa classificação em função do DMV (Tabela 8).

Tabela 8 - Caracterização do espectro de gotas das pontas de pulverização hidráulica

Classe de Tamanho de gota	Índice Volumétrico (mL m ⁻³)	Ponta de Pulverização (Modelo)	Pressão de Trabalho (bar)	DMV (μm)	%<100μm	Span
FINA	31	XR11002	2	173	15,53	1,90
	41	XR11002	3,3	143	24,50	1,95
	52	XR11003	2,5	174	15,65	1,96
	62	XR11003	3,3	169	20,02	2,11
	73	XR11003	2,9	173	18,53	2,02
MÉDIA	31	LD11002	2,5	215	10,44	1,95
	41	LD11002	3,3	192	13,80	2,08
	52	LD11002	4,1	188	14,88	2,50
	62	LD11003	4,1	224	9,74	1,92
	73	LD11003	4,5	216	11,73	1,88
GROSSA	31	AIXR110015	3,3	303	6,69	1,83
	41	AIXR11002	3,3	325	5,18	1,76
	52	AIXR11002	5	272	7,95	1,84
	62	AIXR110025	4,8	277	8,07	1,85
	73	AIXR110025	4,1	291	7,60	1,79

DMV: Diâmetro da Mediana Volumétrica, %<100μm: Porcentagem de Gotas com diâmetro menor do que 100 micrometros, Span: Coeficiente de Homogeneidade.

Fonte: O autor.

Dentro de cada classe de tamanho de gota o aumento da pressão nas pontas de mesma vazão proporcionou diminuição no DMV e aumento da %<100 μm. Entretanto, o aumento da vazão proporcionou o inverso, ou seja, aumento do DMV e diminuição da %<100 μm quando avaliadas sob a mesma pressão de trabalho. Este comportamento é comum ser observado em pontas com pouco desgaste do orifício emissor (MACIEL, et al., 2017; VIANA, et al., 2010).

Vale ressaltar que entre as classes de tamanho de gota, o risco de deriva diminui com o aumento do DMV, como foi observado ao avaliar da classe FINA para GROSSA uma vez que houve redução na %<100 μm. Entretanto, maiores valores de DMV tendem a diminuir a penetração das gotas para o interior do dossel e, assim,

prejudicar a deposição da calda em regiões mais internas, conforme relatado por Ferguson (2016a).

Na caracterização para o pulverizador pneumático, o espectro de gotas produzido pelas pontas dosadoras branca e amarela classificou-se como Muito Fina e Fina respectivamente. Conforme a Tabela 9, observou-se que o aumento da vazão proporcionou aumento no DMV seguido pela diminuição da %<100 μ m, corroborando com os resultados apresentados pelas pontas hidráulicas, apesar de serem princípios diferentes de fracionamento do líquido. Isso posto, ressalta-se a elevação do risco de deriva frente aos elevados valores de %<100 μ m em relação ao espectro das pontas hidráulicas.

Tabela 9 - Caracterização do espectro de gotas proporcionado pela pulverização pneumática com diferentes pontas dosadoras

Pulverizador	Índice Volumétrico mL m ⁻³	Ponta Dosadora	Vazão L min ⁻¹	DMV (μ m)	%<100 μm	Span
PNEUMÁTICO	8	Branca	0,18	94	53,44	1,78
	17	Branca	0,18	94	53,44	1,78
	25	Amarela	0,69	111	47,89	1,79

DMV: Diâmetro da Mediana Volumétrica, %<100 μ m: Porcentagem de Gotas com diâmetro menor do que 100 micrometros, Span: Coeficiente de Homogeneidade.

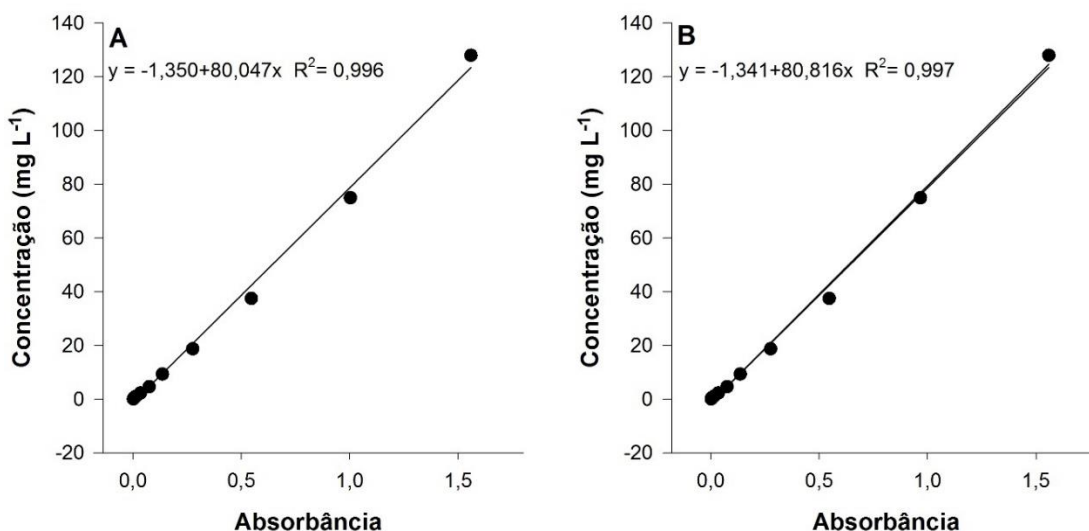
Fonte: O autor.

Em ambas as avaliações são apresentados os valores de Span, caracterizando a homogeneidade das gotas produzidas. Quanto mais próximo de zero, maior é a uniformidade do espectro. Dessa forma, na pulverização hidráulica o espectro de gotas da classe Grossa mostrou-se mais homogêneo com valores próximos aos encontrados para a pulverização pneumática, no entanto, não necessariamente essa homogeneidade das gotas em trânsito irão refletir em maior homogeneidade das gotas impactadas.

4.1.2 Curva de calibração

Na Figura 3 são apresentadas as curvas de calibração utilizadas na determinação das deposições das amostras do experimento a campo (Figura 3A) e da deposição média para o cálculo da DSL₈₀ (Figura 3B). Ambas as curvas se mostraram adequadas apresentando modelos com coeficientes de determinação (R²) acima de 0,99.

Figura 3 - Curvas de calibração das soluções aplicadas em campo (A) e para cálculo da densidade superficial letal crítica (DSL₈₀) (B)



Fonte: O autor.

4.2 Probabilidade de falha no controle associada ao pulverizador hidráulico

4.2.1 Pulverização hidráulica utilizando Gotas Finas

Ao avaliar a variável densidade de gotas, e considerando os fatores índice volumétrico, terço e profundidade, houve efeito significativo tanto na interação entre os fatores “índice volumétrico (IV) x terço” como também para o fator profundidade isoladamente. Para a variável cobertura, observou-se efeito significativo nos fatores índice volumétrico e profundidade isoladamente e, para a variável deposição, nas interações duplas entre os fatores “índice volumétrico x terço” e “índice volumétrico x profundidade” como apresentado no resumo da análise de variância na Tabela (10).

Tabela 10 – Resumo das análises de variância das variáveis densidade de gotas, cobertura e deposição no esquema de parcelas subdivididas utilizando a pulverização hidráulica com gotas finas

FV	GL	Quadrado Médio		
		Densidade de gotas	Cobertura	Deposição
Blocos	3	7690,38 ^{ns}	1000,32*	2,43*
Índice Volumétrico (IV)	4	2984,33 ^{ns}	1059,18**	3,46**
Resíduo 1	12	6890,25	178,65	0,52
Terço (T)	2	11908,57 ^{ns}	72,75 ^{ns}	1,23*
IV x T	8	923,35*	194,78 ^{ns}	0,07*
Resíduo 2	30	5664,04	340,33	0,35
Profundidade (P)	1	37589,86**	9105,08**	1,38**
IV x P	4	643,63 ^{ns}	542,88 ^{ns}	0,44*
T x P	2	1547,55 ^{ns}	324,41 ^{ns}	0,17 ^{ns}
IV x T x P	8	3085,84 ^{ns}	109,08 ^{ns}	0,05 ^{ns}
Resíduo 3	45	1768,85	211,73	0,16
CV (%) parcela		88,46	72,3	79,01
CV (%) subparcela		80,21	99,79	64,38
CV (%) subsubparcela		44,82	78,71	43,66

** Significativo a 0,01 de probabilidade e * Significativo a 0,05 de probabilidade pelo teste F; ^{ns} não significativo; FV: fator de variação; GL: grau de liberdade; CV: coeficiente de variação.

Fonte: O autor

Na análise da densidade de gotas e ao avaliar os índices volumétricos dentro dos terços no desdobramento da interação, observou-se diferença significativa somente para o terço médio o qual, após análise de regressão, apresentou efeito quadrático. Assim, neste terço, o maior valor de densidade de gotas foi ajustado em 109,95 gotas cm⁻² para o índice volumétrico de 49,91 mL m³. Já nos demais terços, não houve diferença significativa com o aumento do índice volumétrico e, portanto, apresentaram valores médios de densidade de gotas correspondentes a 111,50 e 77,02 gotas cm⁻² respectivamente para os terços superior e inferior independente do IV avaliado (Tabela 11).

Tabela 11 – Resumo das análises de regressões e equações ajustadas à variável densidade de gotas (gotas cm⁻²) dos níveis do fator terço em função dos índices volumétricos utilizando a pulverização hidráulica com gotas finas

Terço	Equação	R ²	Densidade de gotas (gotas cm ⁻²)		F	p-valor	CV %
			Valor Mínimo	Valor Máximo			
Superior	-	-	111,50 ^m		ns	-	-
Médio	$y = -78,53 + 7,55x - 0,0756x^2$	0,92	69,60	109,94	4,57*	0,0413	44,92
Inferior	-	-	77,02 ^m		ns	-	-

R²: Coeficiente de Determinação, F: Estatística F, CV: Coeficiente de Variação, *Significativo ao nível de 0,05 de probabilidade pelo teste F; ^m valor médio para o nível não significativo do fator.

Fonte: O autor.

Por outro lado, ao analisar o efeito dos terços dentro dos Índice volumétricos não houve diferença significativa entre os terços, independente dos Índice volumétricos avaliados e, portanto, apresentaram valores médios conforme Tabela 12. Esse comportamento evidencia homogeneidade na distribuição vertical da calda no dossel das plantas característico da movimentação ordenada da barra pelo aplicador.

Tabela 12 – Valores médios da variável densidade de gotas (gotas cm⁻²) para o fator terço dentro dos níveis do fator índice volumétrico utilizando a pulverização hidráulica com gotas finas

Índice Volumétrico (mL m ⁻³)	Densidade de gotas (gotas cm ⁻²)			Valor Médio
	TERÇO			
	Superior	Médio	Inferior	
31	103,12 A	80,17 A	80,58 A	87,96
41	137,15 A	108,60 A	91,40 A	112,38
52	99,19 A	111,51 A	74,40 A	95,04
62	107,33 A	92,05 A	71,04 A	90,14
73	110,70 A	72,59 A	67,68 A	83,65

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha para cada índice volumétrico, não diferem entre si a 0,05 de probabilidade pelo teste Tukey

Fonte: O autor.

Ao analisar a densidade de gotas em relação à profundidade, observou-se maior valor na parte externa das plantas sendo superior em 31,7% em relação à parte interna (Tabela 13). Sendo assim, e considerando que para o controle da *Tuta absoluta* se tem como alvo químico a planta inteira, ao utilizar a pulverização hidráulica com gotas finas a variação do índice volumétrico apresentou efeito neutro na maioria das posições avaliadas exceto para o terço médio das plantas e, portanto, independente do volume ajustado para reproduzir a densidade de gotas almejada

neste terço, as demais posições serão limitadas aos valores médios apresentados nas (Tabelas 12 e 13).

Tabela 13 – Valores médios da variável densidade de gotas (gotas cm⁻²) para o fator profundidade utilizando pulverização hidráulica com gotas finas

Profundidade	Densidade de gotas (gotas cm ⁻²)
	Média
Externa	111,53 A
Interna	76,16 B

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna, não diferem entre si a 0,05 de probabilidade pelo teste Tukey

Fonte: O autor.

Na análise da porcentagem de cobertura, o fator terço não foi significativo e, portanto, observou-se homogeneidade vertical com valor médio de 18,5 % de área coberta independente do terço e índice volumétrico avaliado, corroborando ao observado para a densidade de gotas. Em relação ao fator índice volumétrico, os dados de porcentagem de cobertura foram submetidos à análise de regressão e observou-se diferença significativa e resposta linear positiva em relação ao incremento do índice volumétrico. Conforme o modelo ajustado, o intervalo de 31 a 73 mL m⁻³ proporcionou porcentagem de cobertura de 10,8 a 26,3% (Tabela 14).

Tabela 14 – Resumo da análise de regressão e equação ajustada à variável cobertura (%) em função dos índices volumétricos utilizando a pulverização hidráulica com gotas finas

Equação	R ²	Cobertura (%)		F	p-valor	CV %
		Valor Mínimo	Valor Máximo			
$y = -0,678 + 0,369x$	0,85	10,8	26,3	16,08**	<0,0001	80,89

R²: Coeficiente de Determinação, F: Estatística F, CV: Coeficiente de Variação, **Significativo ao nível de 0,01 de probabilidade pelo teste F.

Fonte: O autor.

Ao avaliar a porcentagem de cobertura em relação à profundidade do dossel das plantas, a parte externa foi superior à parte interna em 64% mostrando que a proximidade do alvo apresentou relação direta com a área coberta pela calda aplicada, ou seja, quanto mais próximo o alvo maior a porcentagem de cobertura (Tabela 15).

Tabela 15 – Valores médios da variável cobertura (%) para o fator profundidade utilizando pulverização hidráulica com gotas finas

Profundidade	Cobertura (%)
	Média
Externa	27,20 A
Interna	9,76 B

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna, não diferem entre si a 0,05 de probabilidade pelo teste Tukey

Fonte: O autor.

Já para a variável deposição, o desdobramento da interação “índice volumétrico X terço” apresentou significância para a análise de regressão dos índices volumétricos dentro dos terços e com efeito linear positivo (Tabela 16). Por outro lado, não houve diferença significativa avaliando os terços dentro dos índices volumétricos o que reafirma a homogeneidade vertical da deposição do volume aplicado e, portanto, observou-se os valores médios de deposição conforme apresentados na (Tabela 17).

Tabela 16 – Resumo das análises de regressões e equações ajustadas à variável deposição ($\mu\text{L cm}^{-2}$) para os níveis do fator terço em função dos índices volumétricos utilizando a pulverização hidráulica com gotas finas

Terço	Equação	R ²	Deposição ($\mu\text{L cm}^{-2}$)		F	p-valor	CV %
			Valor Mínimo	Valor Máximo			
Superior	$y = -1,289 + 0,074x$	0,99	0,52	1,51	18,88**	0,0001	45,30
Médio	$y = -0,205 + 0,019x$	0,98	0,44	1,22	24,04**	<0,0001	46,30
Inferior	$y = -0,501 + 0,025x$	0,98	0,28	1,35	20,47**	<0,0001	64,56

R²: Coeficiente de Determinação, F: Estatística F, CV: Coeficiente de Variação, **Significativo ao nível de 0,01 de probabilidade pelo teste F.

Fonte: O autor.

Tabela 17 – Valores médios da variável deposição ($\mu\text{L cm}^{-2}$) para o fator terço dentro dos níveis do fator índice volumétrico para pulverização hidráulica com gotas finas

Índice Volumétrico (mL m^{-3})	Deposição ($\mu\text{L cm}^{-2}$)			Valor Médio
	TERÇO			
	Superior	Médio	Inferior	
31	0,53 A	0,45 A	0,34 A	0,44
41	0,89 A	0,53 A	0,50 A	0,64
52	1,26 A	0,81 A	0,79 A	0,95
62	1,39 A	1,02 A	1,06 A	1,15
73	1,51 A	1,23 A	1,40 A	1,38

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha para cada índice volumétrico, não diferem entre si a 0,05 de probabilidade pelo teste Tukey

Fonte: O autor.

Avaliando o desdobramento da interação “índice volumétrico X profundidade” observou-se, para a variável deposição, que o aumento do índice volumétrico teve efeito linear positivo ao analisar os índices volumétricos dentro das profundidades (Tabela 18). No entanto, ao analisar o efeito das profundidades dentro de cada índice volumétrico, houve diferença significativa somente nos Índices volumétricos de 52 e 62 mL m⁻³ de calda em que os valores observados na parte externa foram maiores à parte interna. Nos demais índices volumétricos não houve diferença e proporcionaram valores médios de deposição conforme apresentados na Tabela 19.

Tabela 18 – Resumo das análises de regressões e equações ajustadas à variável deposição ($\mu\text{L cm}^{-2}$) para os níveis do fator profundidade em função dos índices volumétricos utilizando a pulverização hidráulica com gotas finas

Profundidade	Equação	R ²	Deposição ($\mu\text{L cm}^{-2}$)		F	p-valor	CV %
			Valor Mínimo	Valor Máximo			
Externa	$y = -0,4249 + 0,0279x$	0,93	0,44	1,61	51,26**	<0,0001	43,82
Interna	$y = -0,1092 + 0,0176x$	0,92	0,43	1,18	20,61**	<0,0001	55,65

R²: Coeficiente de Determinação, F: Estatística F, CV: Coeficiente de Variação, **Significativo ao nível de 0,01 de probabilidade pelo teste F.

Fonte: O autor.

Tabela 19 – Valores médios da variável deposição ($\mu\text{L cm}^{-2}$) para o fator profundidade dentro dos níveis do fator índice volumétrico para pulverização hidráulica com gotas finas

Índice volumétrico (mL m ⁻³)	PROFUNDIDADE		Valor Médio
	Externa	Interna	
31	0,49 A	0,40 A	0,44
41	0,54 A	0,74 A	0,64
52	1,18 A	0,73 B	-
62	1,36 A	0,95 B	-
73	1,54 A	1,22 A	1,38

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha para cada índice volumétrico, não diferem entre si a 0,05 de probabilidade pelo teste Tukey

Fonte: O autor.

Analisando a variável densidade superficial padrão, foi ajustada equação de regressão avaliando o efeito do fator Índice Volumétrico (IV) para a planta inteira. Já para densidade superficial corrigida, o efeito do IV foi avaliado tanto para a planta inteira como também dentro dos terços e das profundidades. Contudo, observou-se efeito linear positivo do índice volumétrico sobre as densidades superficiais, independente dos fatores (Tabela 20).

Tabela 20: Resumo das análises de regressões das densidades superficiais padrão e corrigida em função do Índice Volumétrico considerando a planta inteira e da densidade superficial corrigida em função do Índice Volumétrico dentro dos terços e das profundidades utilizando a pulverização hidráulica com gotas finas

Densidade Superficial (ng cm ⁻²)	Fatores	Equação	R ²	Valor Mínimo	Valor Máximo	F	p-valor	CV %
Padrão		$y = -4,3310+0,3987x$	0,99	8,0	24,8	59,24**	<0,0001	51,62
Corrigida	Planta Inteira	$y = 3,9451+0,2705x$	0,97	12,3	23,7	23,61**	<0,0001	50,38
Corrigida	Terço Superior	$y = 9,123+0,250x$	0,97	16,9	27,4	5,34*	0,0284	46,12
	Terço Médio	$y = 4,213+0,229x$	0,84	11,3	20,9	8,24**	0,0077	46,44
	Terço Inferior	$y = -1,501+0,333x$	0,95	8,8	22,8	9,37**	0,0048	64,80
Corrigida	Profund. Externa	$y = 3,387+0,332x$	0,96	13,7	27,6	22,05**	<0,0001	44,12
	Profund. Interna	$y = 3,796+0,219x$	0,87	10,6	19,8	5,46*	0,0241	55,81

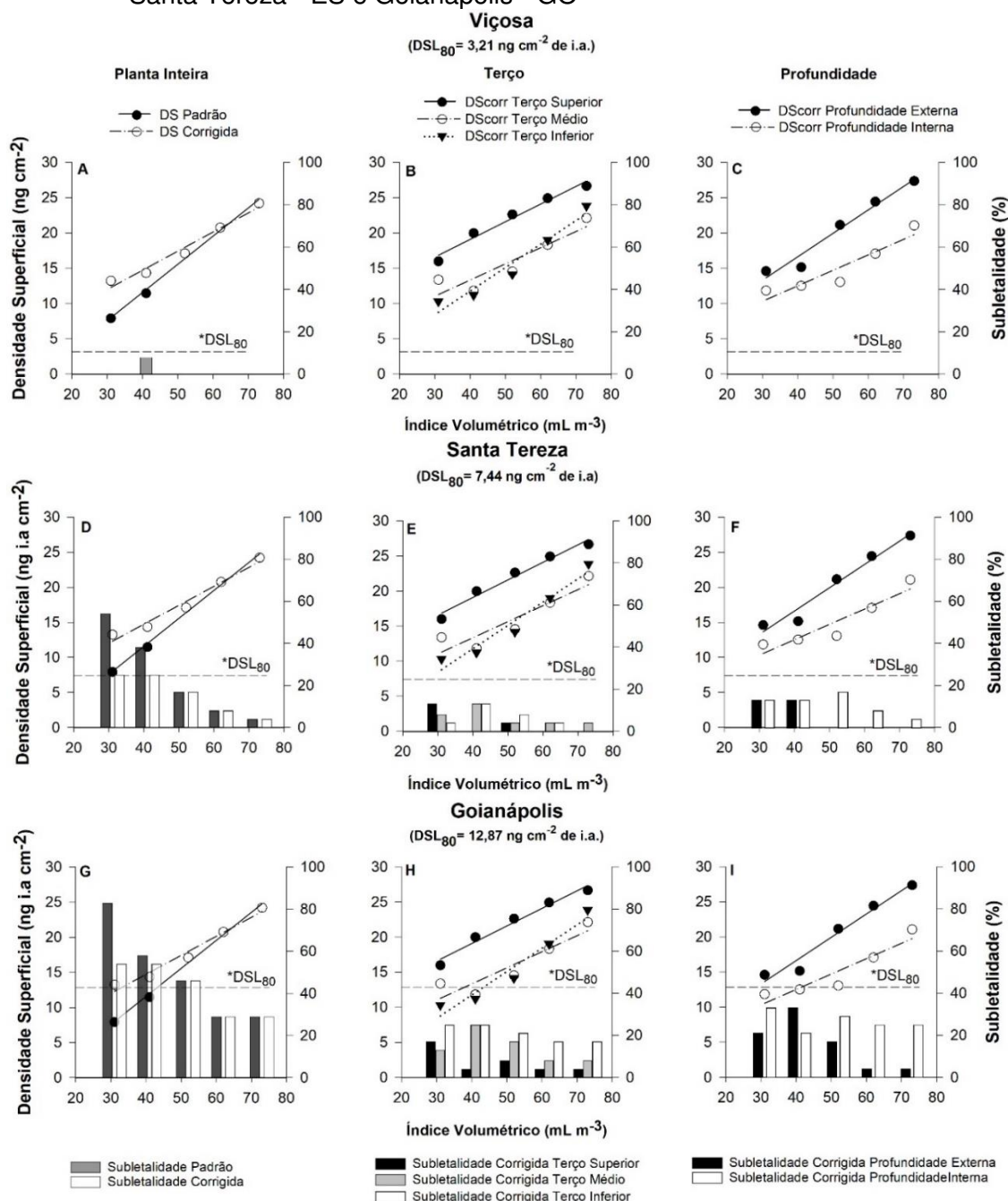
Profund.: Profundidade, R²: Coeficiente de Determinação, F: Estatística F, CV: Coeficiente de Variação, **Significativo ao nível de 0,01 de probabilidade pelo teste F, *Significativo ao nível de 0,05 de probabilidade pelo teste F.

Fonte: O autor.

Ao analisar a eficiência do pulverizador hidráulico com gotas finas em depositar a densidade superficial letal crítica para a população de *Tuta absoluta* das regiões de Viçosa-MG (população Viçosa) e de Santa Tereza – ES (população Santa Tereza) em função do índice volumétrico, observou-se que a densidade superficial foi superior às DSL₈₀ (3,21 e 7,44 ng cm⁻² de i.a., respectivamente) desde o menor valor de IV e independente dos fatores (Figura 4 A:F).

Já para a população da praga originada da região de Goianópolis – GO (população Goianópolis), observou-se resultado satisfatório e superior à DSL₈₀ de 12,87 ng cm⁻² de i.a., para valores acima do IV de 43,14 mL m⁻³ para densidade superficial padrão e acima do IV de 32,99 mL m⁻³ para a densidade superficial corrigida considerando a planta inteira (Figura 4G). Ao analisar o efeito do IV dentro dos terços, o terço superior foi maior que a DSL₈₀ a partir do menor valor de IV e os terços médio e inferior somente a partir dos Índice volumétricos de 37,80 e 43,16 mL m⁻³ respectivamente (Figura 4 H). Considerando o efeito do IV nas profundidades, os valores de densidade superficial corrigida na profundidade externa superaram a DSL₈₀ desde o menor valor de IV ao passo que para a profundidade interna, foi observado a partir do IV de 41,43 mL m⁻³ (Figura 4 I).

Figura 4 - Dados observados (símbolos) e curvas ajustadas (linhas) de acordo com os modelos de regressões das densidades superficiais padrão e corrigida (eixo primário) e dados das subletalidades padrão e corrigida (barras e eixo secundário) em função do Índice Volumétrico avaliando a planta inteira (A,D,G) e densidade superficial corrigida (eixo primário) e dados da subletalidade corrigida (eixo secundário) em função do Índice Volumétrico avaliando dentro dos terços (B,E,H) e das profundidades (C,F,I) utilizando pulverização hidráulica com gotas finas no tratamento químico das populações de *Tuta absoluta* das regiões de Viçosa - MG, Santa Tereza - ES e Goianópolis - GO



*DSL₈₀: densidade superficial letal crítica; i.a.: ingrediente ativo; DS: densidade superficial; DScorr: densidade superficial corrigida.

Fonte: O autor.

Já na análise da subletalidade, ou seja, a porcentagem dos pontos amostrais das densidades superficiais que foram inferiores à DSL_{80} entre as populações, observou-se que o incremento da resistência à Abamectina proporcionou efeito positivo, ou seja, quanto mais resistente a população, maiores os valores de subletalidade observados nos respectivos Índice volumétricos (Figura 4 A:I).

Ao avaliar a subletalidade na planta inteira em função do IV e dentro de cada população, observou-se, para a população Viçosa, somente 4% de subletalidade padrão no IV de 41 mL m^{-3} e, portanto, a utilização deste IV para o controle desta população por meio da pulverização hidráulica com gotas finas deve estar condicionada à correção da concentração. Nos demais Índice volumétricos a utilização independe da concentração padrão ou corrigida (Figura 4 A).

Já para as populações Santa Tereza e Goianópolis, observou-se subletalidades padrão e corrigida em todos os Índice volumétricos, no entanto, o incremento do IV de 31 a 73 mL m^{-3} proporcionou redução nos valores (Figura 4 DG). Para a população Santa Tereza houve redução de até 93 % de subletalidade padrão e de até 65 % de subletalidade corrigida e, para a população Goianópolis, as reduções foram de até 84 e 46 % respectivamente. Vale ressaltar, ainda, que para essas duas populações menos susceptíveis, a subletalidade padrão foi superior à corrigida nos Índice volumétricos originados dos volumes de calda inferiores ao mínimo recomendado pelo fabricante (500 L ha^{-1}), no entanto, não foram suficientes para neutralizá-las.

Por outro lado, ao avaliar a subletalidade corrigida dentro dos terços e também das profundidades em função do IV, não foi observado valores para a população Viçosa (Figura 4BC). Contudo, para as populações Santa Tereza (Figura 4 EF) e Goianópolis (Figura 4 HI), todos os níveis de IV apresentaram pelo menos um terço ou uma profundidade com subletalidade corrigida sendo, esta última, com predominância na profundidade interna.

Ao avaliar o efeito da concentração do ingrediente ativo na probabilidade de controle proporcionada pelos diferentes Índice volumétricos, foi constatado para população de *Tuta absoluta* da região de Viçosa que após a correção da concentração nos Índice volumétricos de 31 e 41 todos os Índice volumétricos apresentaram deposição satisfatória, ou seja, em todos os pontos amostrados foram depositadas densidades superficiais acima da DSL_{80} desta população e não foi necessário estimar a probabilidade de controle por meio da análise de probit. No entanto, nas estimativas para as populações Santa Tereza e Goianópolis, todos os Índice volumétricos

apresentaram probabilidades de controle inferiores a 99 % indicando, portanto, deposição insatisfatória da densidade superficial em uma ou mais regiões da planta, mesmo após correção da concentração nos dois primeiros Índice volumétricos.

Para a população Santa Tereza as probabilidades de controle na CL padrão (18 ng μL^{-1}) aumentaram com a elevação do IV variando de 45,70 a 91,99 % no intervalo de 31 a 73 mL m^{-3} de IV. Ao corrigir a concentração nos Índice volumétricos de 31 e 41 mL m^{-3} (30 e 22,5 ng μL^{-1} de i.a., respectivamente), houve aumento de 32,36 e 9,98 % respectivamente, entretanto, o controle no IV de 31 mL m^{-3} (78,06 %) passou a ser maior comparado ao IV de 41 mL m^{-3} (70,16 %) (Tabela 13). Para a população Goianápolis, em ambas as CL's o incremento do IV provocou aumento do controle que variou de 13,05 a 77,20 % para a CL padrão e de 42,61 a 77,20 % para CL corrigida, no intervalo de 31 a 73 mL m^{-3} . O incremento do controle observado para os Índice volumétricos de 31 e 41 mL m^{-3} chegaram a 29,56 e 11,23 % respectivamente (Tabela 21).

Tabela 21 - Valores de inclinação e da probabilidade de controle estimados para diferentes populações de *Tuta absoluta* e proporcionados por diferentes índices volumétricos no controle químico utilizando pulverização hidráulica com gotas finas nas concentrações padrão e corrigida

População		IV	N	Inclinação \pm EP	CL padrão	CL corrigida	χ^2	p-valor
Região	DSL ₈₀				Probabilidade (%) (IF _{95%})	Probabilidade (%) (IF _{95%})		
Santa Tereza	7,44	31	168	3,98 \pm 0,36 a	45,70 (33-59)	78,06 (63,5-88,5)	1,37	0,1503
		41	168	2,79 \pm 0,33 c	60,18 (46,5-73)	70,16 (56-82)	3,18	0,4724
		52	168	3,50 \pm 0,27 ab	83,24 (69-92)	83,24 (69-92)	1,11	0,1077
		62	168	3,34 \pm 0,37 abc	89,38 (76,5-96,5)	89,38 (76,5-96,5)	2,09	0,2815
		73	192	3,15 \pm 0,26 bc	91,99 (83-97)	91,99 (83-97)	2,02	0,0818
Goianápolis	12,87	31	168	4,23 \pm 0,52 a	13,05 (4-31)	42,61 (28,5-57,5)	3,13	0,4636
		41	168	2,99 \pm 0,37 b	35,46 (24-48)	46,69 (35,5-58)	4,00	0,4503
		52	168	3,58 \pm 0,25 ab	57,97 (44-70,5)	57,97(44-70,5)	1,10	0,1055
		62	168	3,42 \pm 0,26 b	68,21 (54,5-80)	68,21 (54,5-80)	1,23	0,1261
		73	168	3,45 \pm 0,24 b	77,20 (63,5-87)	77,20 (63,5-87)	0,83	0,0650

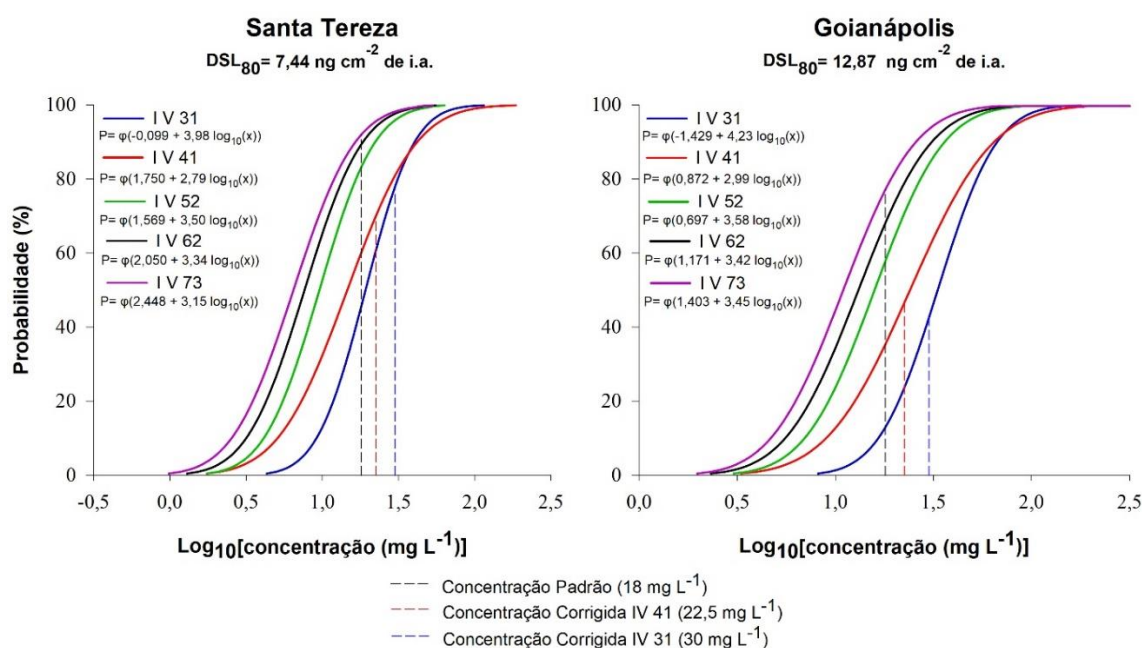
DSL₈₀: Densidade Superficial Letal Crítica (ng cm^{-2} de i.a.), IV: Índice Volumétrico (mL m^{-3}), N: Número total de pontos simulados, EP: Erro Padrão, CL: Concentração Letal, IF: Intervalo Fiducial. Para cada população analisada isoladamente, os valores da inclinação com letras iguais na coluna, não diferem entre si pela sobreposição do intervalo de confiança de 95 %. χ^2 : Chi-quadrado de Pearson.

Fonte: O autor.

Analisando o efeito das inclinações das curvas na probabilidade de controle proporcionadas por diferentes Índice volumétricos, o maior valor foi observado para o IV de 31 mL m^{-3} que diferiu dos demais e o menor valor, foi para o IV de 41 mL m^{-3} para ambas as populações (Tabela 21). Sendo assim, a resposta de controle em um

intervalo de concentração de ingrediente ativo foi mais homogênea utilizando IV de 31 mL m⁻³ comparado aos demais, sendo essa diferença mais pronunciada quando comparada com o IV de 41 mL m⁻³, como pode ser observado na Tabela 21 e Figura 5. Além disso, é possível observar entre as populações, que em cada IV os valores de probabilidade de controle foram maiores para população Santa Tereza comparado à população Goianópolis tanto na concentração padrão como também na concentração corrigida.

Figura 5 – Estimativa da probabilidade de controle acumulada para diferentes populações de *Tuta absoluta* proporcionada por diferentes índices volumétricos em função da concentração do ingrediente ativo abamectina utilizando pulverização hidráulica com gotas finas e representação da probabilidade de controle nas concentrações padrão e corrigida (linhas pontilhadas)



DSL₈₀: Densidade Superficial Letal Crítica (ng cm⁻² de i.a.); i.a.: Ingrediente ativo, IV: Índice Volumétrico (mL m⁻³ de solução); P= Estimativa em Probit – A probabilidade é tabelada e foi obtida por meio da conversão “probit to percentage” utilizando a linguagem “R”. φ = phi - Representa a distribuição normal.

Fonte: O autor.

Na análise da correção da subletalidade em função da concentração do ingrediente ativo para a população Santa Tereza somente no IV de 41 mL m⁻³ a concentração para atingir a DSL₈₀ em 99 % da superfície foliar do tomateiro foi superior ao intervalo recomendado pelo fabricante e, portanto, insatisfatório. Nos demais Índice volumétricos, os valores foram satisfatórios e permaneceram dentro do intervalo recomendado pelo fabricante. Para a população Goianópolis, os valores estimados da CL₉₉ foram superiores ao intervalo recomendado pelo fabricante e, portanto, insatisfatórios, em todos os Índice volumétricos (Tabela 22). Dessa forma, o

máximo de controle alcançado pelos Índice volumétricos que foram maiores que o limite máximo recomendado, seriam de 98 % para IV 41 mL m⁻³ da população de Santa Tereza e de 97, 93, 98, 98, 98 % para os Índice volumétricos de 31, 41, 52, 62 e 73 mL m⁻³ respectivamente, ao considerar concentração proveniente ao limite máximo de ingrediente ativo por hectare recomendado pelo fabricante em cada IV.

Tabela 22 - Estimativa da concentração letal para deposição da DSL₈₀ em 99 % da superfície foliar do tomateiro (CL₉₉) para diferentes populações de *Tuta absoluta* utilizando diferentes índices volumétricos no tratamento químico empregando pulverização hidráulica com gotas finas

População		IV	Concentração da solução recomendada pelo fabricante (ng µL ⁻¹ de i.a. na solução)		CL ₉₉
Região	DSL ₈₀		Mínimo (9 g ha ⁻¹)	Máximo (21,6 g ha ⁻¹)	
Santa Tereza	7,44	31	30	72	48,59
		41	22,5	54	56,57
		52	18	43,2	28,05
		62	15	36	23,74
		73	12,86	30,86	23,38
Goianápolis	12,87	31	30	72	82,80
		41	22,5	54	88,51
		52	18	43,2	46,06
		62	15	36	40,23
		73	12,86	30,86	32,51

i.a.: Ingrediente ativo, DSL₈₀: Densidade Superficial Letal Crítica (ng cm⁻² de i.a.), IV: Índice Volumétrico (mL m⁻³), CL₉₉: Concentração Letal para 99 % de probabilidade de controle (ng µL⁻¹ de i.a.).

Fonte: O autor.

Sendo assim, ao avaliar a probabilidade de falha no controle entre as populações de *Tuta absoluta* em função dos índices volumétricos, observou-se, utilizando pulverização hidráulica com gotas finas, efeito direto em relação à resistência da população, ou seja, houve aumento da probabilidade de falha com o aumento da resistência da população de *Tuta absoluta* à abamectina. Para a população originada da região de Goianápolis nenhum dos Índice volumétricos apresentaram resultados satisfatórios para anular a subletalidade em todos os pontos do dossel das plantas. Para a população originada da região de Santa Tereza, essa satisfatoriedade foi observada em quatro índices volumétricos. E, para a população Viçosa, todos os Índice volumétricos apresentaram resultados satisfatórios (Tabela 23).

Tabela 23 – Valores dos índices volumétricos, por população de *Tuta absoluta*, considerados satisfatórios para o controle utilizando pulverização hidráulica com gotas finas e suas respectivas estimativas de concentração da solução ($\text{ng } \mu\text{L}^{-1}$ de i.a.) e da massa de ingrediente ativo (abamectina) por volume de copa (mg m^{-3} de i.a)

População de <i>Tuta absoluta</i>		Índices volumétricos satisfatórios	Concentração Estimada ($\text{ng } \mu\text{L}^{-1}$ de i.a.)	Massa de i.a. por volume de copa (mg m^{-3} de i.a)
Região	DSL ₈₀			
Viçosa	3,21	31	18	0,56
		41	22,5	0,92
		52	18	0,94
		62	18	1,12
		73	18	1,31
Santa Tereza	7,44	31	48,59	1,51
		52	28,05	1,46
		62	23,74	1,47
		73	23,38	1,71

DSL₈₀: Densidade Superficial Letal Crítica (ng cm^{-2} de i.a.).

Fonte: O autor.

Contudo, ao avaliar os Índice volumétricos que foram satisfatórios na população de *Tuta absoluta* da região de Viçosa, observou-se maior eficiência ao utilizar o IV de 31 mL m^{-3} na concentração padrão de 18 $\text{ng } \mu\text{L}^{-1}$ de i.a. na solução (Tabela 23). Nessa condição o menor volume aplicado representará em maior rendimento operacional e, portanto, maior economia de água (57,5 % em relação ao maior volume) e energia. Não obstante, a concentração padrão, que é inferior à concentração corrigida para este IV, não só pode reduzir os riscos contra organismos não alvos como também representará redução de 40% na quantidade de produto aplicada por volume de copa e, conseqüentemente, por área aplicada.

Ao fazer esta análise para a população de *Tuta absoluta* originada da região de Santa Tereza, a maior eficiência, em função do menor consumo de água, foi observada para o IV de 31 mL m^{-3} . Em função da menor concentração de i.a. na calda, o IV de 73 mL m^{-3} foi o mais eficiente e, ao considerar a menor massa de i.a. depositada por volume de copa, a maior eficiência foi obtida utilizando o IV de 52 mL m^{-3} . Já para o controle da população de *Tuta absoluta* da região de Goianópolis, ou seja, a mais resistente, a utilização de pulverização hidráulica com gotas finas não foi eficiente de acordo com os parâmetros adotados.

4.2.2 Pulverização hidráulica utilizando Gotas Médias

Nas análises da densidade de gotas e da porcentagem de cobertura proporcionadas pela pulverização hidráulica com gotas médias e, considerando os fatores índice volumétrico, terço e profundidade, observou-se efeito significativo, e independente, somente para o fator profundidade. Já para variável deposição, observou-se efeito significativo para interação tripla entre os fatores (Tabela 24).

Tabela 24 – Resumo das análises de variância das variáveis densidade de gotas, cobertura e deposição no esquema de parcelas subsubdivididas para a pulverização hidráulica com gotas médias

FV	GL	Quadrado Médio		
		Densidade de gotas	Cobertura	Deposição
Blocos	3	376,07 ^{ns}	1294,82 ^{ns}	1,29*
Índice Volumétrico (IV)	4	6646,59 ^{ns}	296,3 ^{ns}	0,97*
Resíduo 1	12	4261,01	457,35	0,29
Terço (T)	2	5945,75 ^{ns}	2,91 ^{ns}	0,01 ^{ns}
IV x T	8	790,55 ^{ns}	100,85 ^{ns}	0,11 ^{ns}
Resíduo 2	30	3091,25	184,35	0,28
Profundidade (P)	1	11878,55**	9188,02**	11**
IV x P	4	185,62 ^{ns}	183,33 ^{ns}	0,11 ^{ns}
T x P	2	101,29 ^{ns}	672,18 ^{ns}	0,39 ^{ns}
IV x T x P	8	1704,43 ^{ns}	66,29 ^{ns}	0,05*
Resíduo 3	45	1518,93	223,55	0,30
CV (%) parcela		77,07	106,4	50,27
CV (%) subparcela		65,65	67,55	49,34
CV (%) subsubparcela		46,02	74,39	50,87

** Significativo a 0,01 de probabilidade e * Significativo a 0,05 de probabilidade pelo teste F; ^{ns} não significativo; FV: fator de variação; GL: grau de liberdade; CV: coeficiente de variação.

Fonte: O autor.

Sendo assim, os maiores valores de densidade de gotas e de cobertura foram observados para a profundidade externa do dossel a qual apresentou 94,64 gotas cm⁻² e 28,85 % de cobertura e superaram a parte interna, respectivamente, em 21 e 60,7 % (Tabela 25). Por outro lado, ao considerar os fatores índice volumétrico e terço, isoladamente, a pulverização hidráulica com gotas médias proporcionou valores médios de densidade de gotas de 84,7 gotas cm⁻² e cobertura de 20,1 % independentemente de suas variações.

Tabela 25 – Valores médios das variáveis densidade de gotas (gotas cm⁻²) e cobertura (%) para o fator profundidade utilizando a pulverização hidráulica com gotas médias

Profundidade	Densidade de gotas	Cobertura
	(gotas cm ⁻²)	(%)
	Média	Média
Externa	94,64 A	28,85 A
Interna	74,74 B	11,35 B

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna, não diferem entre si a 0,05 de probabilidade pelo teste Tukey

Fonte: O autor.

Ao analisar a variável deposição, observou-se que a pulverização com gotas médias utilizando IV de 41 mL m⁻³ foi mais homogênea uma vez que não se constatou diferença significativa no volume depositado entre os níveis dos fatores terço e profundidade, cujos valores médios são apresentados na Tabela 26. Já para os demais índices volumétricos, a deposição no terço inferior do dossel das plantas foi maior na profundidade externa.

Tabela 26 – Valores médios da variável deposição (μL cm⁻²) para o fator terço dentro dos níveis dos fatores índice volumétrico e profundidade utilizando a pulverização hidráulica com gotas médias

DEPOSIÇÃO				
(μL cm ⁻²)				
Índice Volumétrico	Terço	Profundidade		Média
		Externa	Interna	
31	Superior	1,02 A	0,67 A	0,85
	Médio	1,17 A	0,56 A	0,87
	Inferior	1,15 A	0,37 B	-
41	Superior	1,05 A	0,95 A	1,00
	Médio	1,02 A	0,47 A	0,75
	Inferior	1,25 A	0,74 A	1,00
52	Superior	1,43 A	0,84 A	1,14
	Médio	1,36 A	0,60 A	0,98
	Inferior	1,58 A	0,77 B	-
62	Superior	1,55 A	0,92 A	1,24
	Médio	1,51 A	0,89 A	1,20
	Inferior	1,66 A	0,73 B	-
73	Superior	1,43 A	1,01 A	1,22
	Médio	1,65 A	1,29 A	1,47
	Inferior	1,75 A	0,70 B	-

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha para cada terço dentro do índice volumétrico, não diferem entre si a 0,05 de probabilidade pelo teste Tukey

Fonte: O autor.

Analisando a variável densidade superficial padrão, foi ajustada equação de regressão avaliando o efeito do fator Índice Volumétrico (IV) para a planta inteira. Já

para densidade superficial corrigida, o efeito do IV foi avaliado tanto para a planta inteira como também dentro dos terços e das profundidades. Sendo assim, ao considerar a planta inteira, observou-se efeito linear positivo do IV sobre a densidade superficial padrão e efeito quadrático sobre a densidade superficial corrigida, ambos com diferenças significativas (Tabela 27).

Ao avaliar o efeito do IV dentro de cada terço, houve diferença significativa apenas para o terço médio o qual apresentou efeito quadrático sobre a densidade superficial corrigida. E ao avaliar este efeito dentro das profundidades, não se observou diferença significativa para nenhuma das profundidades e, assim como ocorreu para os terços superior e inferior, foram obtidos valores médios de densidade superficial corrigida, independente do IV utilizado (Tabela 27).

Tabela 27 - Resumo das análises de regressões das densidades superficiais padrão e corrigida em função do Índice Volumétrico considerando a planta inteira e da densidade superficial corrigida em função do Índice Volumétrico dentro dos terços e das profundidades para a pulverização hidráulica com gotas médias

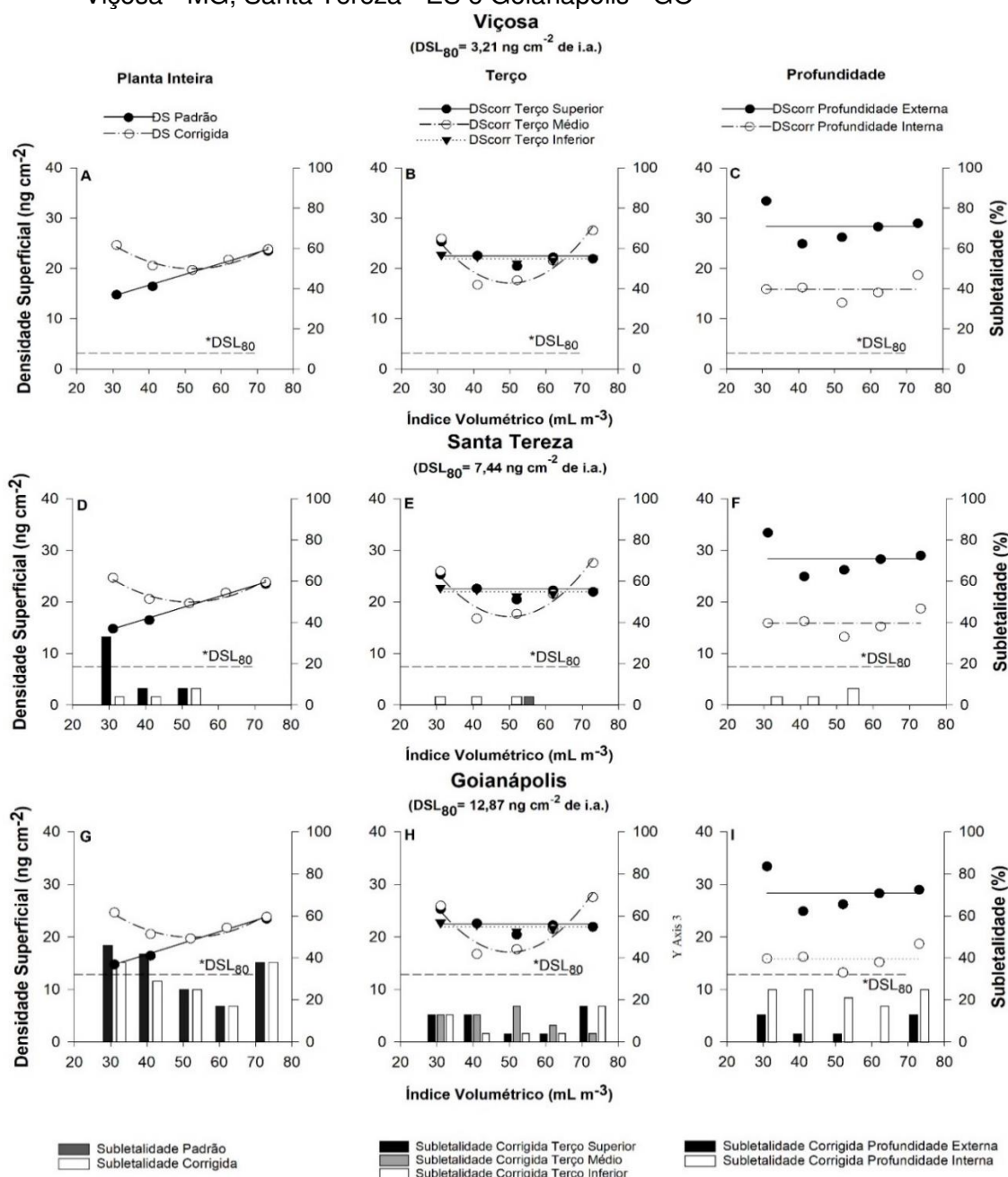
Densidade Superficial (ng cm ⁻²)	Fatores	Equação	R ²	Valor Mínimo (IV)	Valor Máximo (IV)	F	p-valor	CV %
Padrão	Planta Inteira	$y = 8,066+0,216x$	0,988	14,58 (31)	23,40 (73)	19,92**	<0,0001	40,88
Corrigida		$y = 46,523-1,019x+0,010x^2$	0,921	20,56 (50,95)	25,43 (73)	4,55*	0,0355	42,18
Corrigida	Terço Superior	$y = 40,099-0,658x+0,006x^2$	0,837	22,52 ^m		0,38 ^{ns}	0,5429	48,01
	Terço Médio	$y = 70,809-2,142x+0,021x^2$	0,911	16,18 (51)	26,35 (73)	6,76*	0,0147	44,31
	Terço Inferior	$y = 23,061-0,021x$	0,290	21,96 ^m		0,06 ^{ns}	0,7971	35,16
Corrigida	Profund. Externa	$y = 61,094-1,312x+0,012x^2$	0,660	28,38 ^m		2,67 ^{ns}	0,1091	38,16
	Profund. Interna	$y = 31,952-0,725x+0,007x^2$	0,739	15,88 ^m		1,86 ^{ns}	0,1791	48,27

Profund.: Profundidade, IV: Índice Volumétrico, R²: Coeficiente de Determinação, F: Estatística F, CV: Coeficiente de Variação, ^m valor médio entre os índices volumétricos. **Significativo ao nível de 0,01 de probabilidade, *Significativo ao nível de 0,05 de probabilidade, ns: não significativo pelo teste F.

Fonte: O autor.

Sendo assim, ao analisar a eficiência do pulverizador hidráulico com gotas médias em depositar a densidade superficial letal crítica para as populações de *Tuta absoluta* em função do índice volumétrico, observou-se que as densidades superficiais estimadas foram superiores às DSL₈₀ para as três populações e em todos os valores de IV e independente dos fatores planta inteira, terço ou profundidade (Figura 6).

Figura 6 - Dados observados (símbolos) e curvas ajustadas (linhas) de acordo com os modelos de regressões ou valores médios das densidades superficiais padrão e corrigida (eixo primário) e dados das subletalidades padrão e corrigida (barras e eixo secundário) em função do Índice Volumétrico avaliando a planta inteira (A,D,G) e densidade superficial corrigida (eixo primário) e dados da subletalidade corrigida (eixo secundário) em função do Índice Volumétrico avaliando dentro dos terços (B,E,H) e das profundidades (C,F,I) utilizando pulverização hidráulica com gotas médias no tratamento químico das populações de *Tuta absoluta* das regiões de Viçosa - MG, Santa Tereza - ES e Goianápolis - GO



*DSL₈₀: densidade superficial letal crítica; i.a.: ingrediente ativo; DS: densidade superficial; DScorr: densidade superficial corrigida.

Fonte: O autor.

Ao analisar a subletalidade em função da resistência à Abamectina entre as populações, observou-se que as subletalidades padrão e corrigida aumentaram com o incremento da resistência entre as populações Viçosa e Santa Tereza somente para os Índice volumétricos de 31 a 52 mL m⁻³ de solução (Figura 6 AD). Por outro lado, ao comparar com o incremento de resistência em relação à população Goianópolis (a mais resistente), observou-se aumento das subletalidades padrão e corrigida para todos os Índice volumétricos (Figura 6 ADG).

Na análise da subletalidade considerando a planta inteira e em função do IV dentro de cada população, não se observou subletalidades para a população de *Tuta absoluta* da região de Viçosa – MG e, portanto, são independentes perante as variações do IV e das concentrações propostas (Figura 6 A). Para a população Santa Tereza, observou-se subletalidades padrão e corrigida nos valores de 33, 8 e 8 % e de 4, 4 e 8 %, respectivamente, nos Índice volumétricos de 31, 41 e 52 mL m⁻³ de solução (Figura 6 D). Já para população Goianópolis observou-se subletalidades padrão e corrigida em todos os Índice volumétricos (Figura 6 G).

Neste último caso, os valores das subletalidades, padrão e corrigida, reduziram frente ao incremento do IV de 31 a 62 mL m⁻³ de solução as quais apresentaram reduções de 46 para 17 % e de 38 para 17 % respectivamente e, para o IV de 73 mL m⁻³, houve aumento em relação ao IV de 62 mL m⁻³ alcançando, em ambas subletalidades, 38 %. Vale ressaltar, ainda, que para as populações Santa Tereza e Goianópolis, a subletalidade padrão foi superior à corrigida nos Índice volumétricos originados dos volumes de calda inferiores ao mínimo recomendado pelo fabricante (500 L ha⁻¹), no entanto, não foram suficientes para neutralizá-las.

Por outro lado, ao avaliar a subletalidade corrigida dentro dos terços e também das profundidades em função do IV, não foi observado valores para a população Viçosa (Figura 6 BC). Contudo, para a população Santa Tereza (Figura 6 EF), houve predominância dos valores de subletalidade no terço inferior e na profundidade interna. Já para população Goianópolis (Figura 6 HI), todos os níveis de IV apresentaram pelo menos um terço ou uma profundidade com subletalidade corrigida sendo, esta última, com predominância na profundidade interna.

Ao avaliar o efeito da concentração do ingrediente ativo na probabilidade de controle proporcionada pelos diferentes Índice volumétricos, por meio da análise de probit, foi constatado para população de *Tuta absoluta* da região de Viçosa que todos os Índice volumétricos apresentaram deposição satisfatória, ou seja, em todos os

pontos amostrados foram depositadas densidades superficiais padrão e corrigida acima da DSL_{80} desta população e não foi necessário estimar a probabilidade de controle. Essa constatação também foi observada para a população Santa Tereza somente nos Índice volumétricos de 62 e 73 $mL m^{-3}$ onde também não se estimou as probabilidades de controle por meio da análise de probit. Entretanto nos demais Índice volumétricos desta última população e em todos os Índice volumétricos para população Goianópolis, as estimativas apresentaram probabilidades de controle inferiores a 99 % indicando, portanto, deposição insatisfatória da densidade superficial em uma ou mais regiões da planta, mesmo após correção da concentração nos dois primeiros Índice volumétricos.

Para a população Santa Tereza as probabilidades de controle na CL padrão ($18 ng \mu L^{-1}$) aumentaram com a elevação do IV variando de 76,37 a 93,11 % no intervalo de 31 a 52 $mL m^{-3}$ de IV. Já na análise da CL corrigida, as probabilidades de controle aumentaram de 76,37 para 92,71 % no IV de 31 $mL m^{-3}$ e de 90,80 para 96,17 % no IV de 41 $mL m^{-3}$ quando comparado com a CL padrão (Tabela 28). Para a população Goianópolis, o incremento do IV de 31 a 62 $mL m^{-3}$ provocou aumento na probabilidade de controle que variou de 49,55 a 80,91 % avaliando a CL padrão, seguido por uma redução no IV 73 $mL m^{-3}$ que apresentou controle de 77,47 %. Após a correção (CL corrigida) as probabilidades de controle para os Índice volumétricos de 31 e 41 $mL m^{-3}$ subiram de 49,55 para 76,74 % e de 61,43 para 75,67 % respectivamente em relação à CL padrão, aproximando-se das probabilidades para os demais Índice volumétricos (Tabela 28).

Tabela 28 - Valores de inclinação e da probabilidade de controle estimados para diferentes populações de *Tuta absoluta* e proporcionados por diferentes índices volumétricos no controle químico utilizando pulverização hidráulica com médias nas concentrações padrão e corrigida

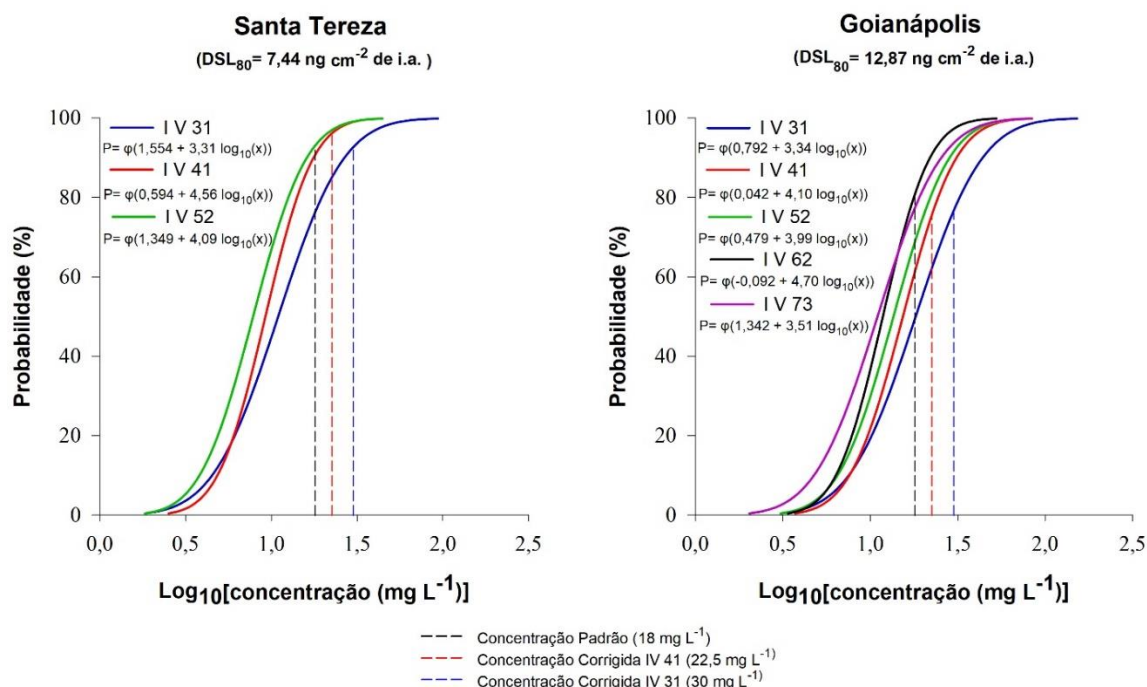
População		IV	N	Inclinação ± EP	CL padrão	CL corrigida	χ ²	p-valor
Região	DSL ₈₀				Probabilidade % (IF _{95%})	Probabilidade % (IF _{95%})		
Santa Tereza	7,44	31	168	3,31 ± 0,36 b	76,37 (63-86)	92,71 (81-97)	2,14	0,290
		41	168	4,56 ± 0,27 a	90,80 (79-96)	96,17 (87-99)	0,76	0,056
		52	168	4,09 ± 0,24 a	93,11 (81-98)	93,11 (81-98)	0,72	0,051
Goianápolis	12,87	31	168	3,34 ± 0,35 c	49,55 (36-63)	76,74 (63-87)	2,23	0,307
		41	168	4,10 ± 0,28 ab	61,43 (48-73)	75,67 (62-86)	0,93	0,079
		52	168	3,99 ± 0,42 abc	68,91 (55-80)	68,91 (55-80)	2,13	0,288
		62	168	4,70 ± 0,42 a	80,91 (66-91)	80,91 (66-91)	1,67	0,203
		73	168	3,51 ± 0,41 bc	77,47 (64-87)	77,47 (64-87)	2,72	0,394

DSL₈₀: Densidade Superficial Letal Crítica (ng i.a. cm⁻²), IV: Índice Volumétrico (mL m⁻³), N: Número total de pontos simulados, EP: Erro Padrão, CL: Concentração Letal, IF: Intervalo Fiducial. Para cada população analisada isoladamente, os valores da inclinação com letras iguais na coluna, não diferem entre si pela sobreposição do intervalo de confiança a 95 %. χ²: Chi-quadrado de Pearson.

Fonte: O autor.

Analisando o efeito das inclinações das curvas na probabilidade de controle proporcionadas por diferentes Índice volumétricos para população Santa Tereza, os maiores valores foram observados para os Índice volumétricos de 41 e 52 mL m⁻³ os quais não diferiram entre si (Tabela 28). Para a população Goianápolis, o maior valor foi observado para o IV de 62 mL m⁻³ diferindo das inclinações das curvas referentes aos Índice volumétricos de 73 e 31 mL m⁻³ (Tabela 28). Sendo assim para as populações Santa Tereza e Goianápolis, a resposta de controle em um intervalo de concentração de ingrediente ativo foi mais homogênea no Índice volumétricos de 41 e 52 mL m⁻³ para população Santa Tereza e nos Índice volumétricos de 52 e 62 mL m⁻³ para a população Goianápolis comparado ao demais e, essa diferença, foi mais pronunciada para o IV de 31, como pode ser observado na Tabela 28 e Figura 7. Além disso, é possível observar entre as populações, que em cada IV os valores de probabilidade de controle foram maiores para população de Santa Tereza comparado à população Goianápolis tanto na concentração padrão como também na concentração corrigida.

Figura 7 - Estimativa da probabilidade de controle acumulada para diferentes populações de *Tuta absoluta* proporcionada por diferentes índices volumétricos em função da concentração do ingrediente ativo abamectina utilizando pulverização hidráulica com gotas médias e representação da probabilidade de controle nas concentrações padrão e corrigida (linhas pontilhadas)



DSL₈₀: Densidade Superficial Letal Crítica (ng cm⁻² de i.a.); i.a.: Ingrediente ativo, IV: Índice Volumétrico (mL m⁻³ de solução); P= Estimativa em Probit – A probabilidade é tabelada e foi obtida por meio da conversão “probit to percentage” utilizando a linguagem “R”; φ= phi - Representa a distribuição normal.

Fonte: O autor.

Na análise da correção da subletalidade em função da concentração do ingrediente ativo para a população Santa Tereza, as concentrações para atingir a DSL₈₀ em 99 % da superfície foliar do tomateiro permaneceram dentro do intervalo recomendado pelo fabricante nos Índices volumétricos de 31 e 52 mL m⁻³ e, no IV de 41 mL m⁻³, o valor da correção foi inferior ao limite mínimo recomendado, entretanto, os resultados são considerados satisfatórios. Para a população Goianópolis, o valor estimado da CL₉₉ foi superior ao intervalo recomendado pelo fabricante somente no IV de 73 mL m⁻³ sendo este insatisfatório e, no restante, permaneceu dentro do intervalo atendendo às exigências. Dessa forma, o máximo de controle alcançado pelo IV que foi maior que o limite máximo recomendado, seria de 98 % para o IV de 73 mL m⁻³ da população Goianópolis (Tabela 29).

Tabela 29 - Estimativa da concentração letal para deposição da DSL₈₀ em 99 % da superfície foliar do tomateiro (CL₉₉) para diferentes populações de *Tuta absoluta* utilizando diferentes índices volumétricos no tratamento químico empregando pulverização hidráulica com gotas médias

População		IV	Concentração da solução recomendada pelo fabricante (ng μL^{-1} de i.a. na solução)		CL ₉₉
Região	DSL ₈₀		Mínimo (9 g ha ⁻¹)	Máximo (21,6 g ha ⁻¹)	
Santa Tereza	7,44	31	30	72	34,61
		41	22,5	54	21,50
		52	18	43,2	19,71
		62	15	36	18
		73	12,86	30,86	18
Goianápolis	12,87	31	30	72	56,74
		41	22,5	54	38,57
		52	18	43,2	35,29
		62	15	36	26,02
		73	12,86	30,86	32,63

i.a.: Ingrediente ativo, DSL₈₀: Densidade Superficial Letal Crítica (ng cm⁻² de i.a.), IV: Índice Volumétrico (mL m⁻³), CL₉₉: Concentração Letal para 99 % de probabilidade de controle (ng μL^{-1} de i.a.).

Fonte: O autor.

Portanto, ao utilizar a pulverização hidráulica com gotas médias, a maior probabilidade de falha no controle da *Tuta absoluta* entre as populações e em função do índice volumétrico foi observada para a população Goianápolis uma vez que, somente nesta população, obteve-se um resultado insatisfatório o qual foi constatado ao utilizar o IV de 73 mL m⁻³ (Tabela 30). Assim sendo, o aumento da resistência entre as populações Viçosa e Santa Tereza não influenciou a probabilidade de falha no controle dessa espécie uma vez que se obteve resultado satisfatório em todos os índices volumétricos.

Tabela 30 – Valores dos índices volumétricos, por população de *Tuta absoluta*, considerados satisfatórios para o controle utilizando pulverização hidráulica com gotas médias e suas respectivas estimativas de concentração da solução ($\text{ng } \mu\text{L}^{-1}$ de i.a.) e da massa de ingrediente ativo (abamectina) por volume de copa (mg m^{-3} de i.a)

População		Índices volumétricos satisfatórios	Concentração Estimada ($\text{ng } \mu\text{L}^{-1}$ de i.a.).	Massa de i.a. por volume de copa (mg m^{-3} de i.a)
Região	DSL ₈₀			
Viçosa	3,21	31	18	0,56
		41	18	0,74
		52	18	0,94
		62	18	1,12
		73	18	1,31
Santa Tereza	7,44	31	34,61	1,07
		41	21,50	0,88
		52	19,71	1,02
		62	18	1,12
		73	18	1,31
Goianápolis	12,87	31	56,74	1,76
		41	38,57	1,58
		52	35,29	1,84
		62	26,02	1,61

DSL₈₀: Densidade Superficial Letal Crítica (ng cm^{-2} de i.a.).

Fonte: O autor.

Contudo ao avaliar os Índice volumétricos que foram satisfatórios dentro de cada população observou-se, para a população de *Tuta absoluta* da região de Viçosa, maior eficiência ao utilizar o IV de 31 mL m^{-3} na concentração padrão de 18 $\text{ng } \mu\text{L}^{-1}$ de i.a. na solução (Tabela 30). Nessa condição o menor volume aplicado representará em maior rendimento operacional e, portanto, maior economia de água (57,5 % em relação ao maior volume) e energia. Não obstante, a concentração padrão, que é inferior à concentração corrigida para este IV, não só pode reduzir os riscos contra organismos não alvos como também representará redução de 40% na quantidade de produto aplicada por volume de copa e, conseqüentemente, por área aplicada.

Ao fazer esta análise para a população de *Tuta absoluta* originada da região de Santa Tereza, a maior eficiência, em função do menor consumo de água, foi observada para o IV de 31 mL m^{-3} . Em função da menor concentração de i.a. na calda, os Índice volumétricos de 62 e 73 mL m^{-3} foram os mais eficientes e, ao considerar a menor massa de i.a. depositada por volume de copa, a maior eficiência foi obtida utilizando o IV de 41 mL m^{-3} . Já para o controle da população de *Tuta absoluta* da

região de Goianópolis os índices volumétricos mais eficientes em função do menor consumo de água, da menor concentração de i.a. na calda e da menor massa de i.a. depositada por volume de copa foram os de 31, 62 e 41 mL m⁻³ respectivamente (Tabela 30).

4.2.3 Pulverização hidráulica utilizando Gotas Grossas

Nas análises da densidade de gotas e da porcentagem de cobertura proporcionadas pela pulverização hidráulica com gotas grossas e, considerando os fatores índice volumétrico, terço e profundidade, observou-se efeito significativo, e independente, somente para os fatores índice volumétrico e profundidade respectivamente. Já para a variável deposição, observou-se efeito significativo para interação dupla entre os fatores “índice volumétrico x profundidade” (Tabela 31).

Tabela 31 – Resumo das análises de variância das variáveis densidade de gotas, cobertura e deposição no esquema de parcelas subsubdivididas para a pulverização hidráulica com gotas grossas

FV	GL	Quadrado Médio		
		Densidade de gotas	Cobertura	Deposição
Blocos	3	3160,36 ^{ns}	1467,26*	0,39 ^{ns}
Índice Volumétrico (IV)	4	11132,19*	1197,38 ^{ns}	1,43*
Resíduo 1	12	2561,43	400,23	0,41
Terço (T)	2	3424,41 ^{ns}	278,29 ^{ns}	0,07 ^{ns}
IV x T	8	3782,79 ^{ns}	205,55 ^{ns}	0,27 ^{ns}
Resíduo 2	30	2640,95	410,61	0,26
Profundidade (P)	1	7478,68 ^{ns}	2404,32**	22,74**
IV x P	4	1025,52 ^{ns}	425,60 ^{ns}	0,82*
T x P	2	241,95 ^{ns}	371,82 ^{ns}	0,47 ^{ns}
IV x T x P	8	2863,06 ^{ns}	472,75 ^{ns}	0,14 ^{ns}
Resíduo 3	45	1943,08	320,03	0,28
CV (%) parcela		66,18	82,67	59,3
CV (%) subparcela		67,19	83,74	47,46
CV (%) subsubparcela		57,64	73,93	48,96

** Significativo a 0,01 de probabilidade e * Significativo a 0,05 de probabilidade pelo teste F; ^{ns} não significativo; FV: fator de variação; GL: grau de liberdade; CV: coeficiente de variação.

Fonte: O autor.

Desta forma, a análise de regressão para o fator índice volumétrico foi significativa e com efeito linear positivo sobre a densidade de gotas e, conforme o modelo ajustado, o intervalo de 31 a 73 mL m⁻³ proporcionou densidade de gotas de 54,25 a 99,13 gotas cm⁻² (Tabela 32). Entretanto, foi possível observar para essa variável que houve homogeneidade na distribuição da calda tanto vertical, ou seja,

entre os terços como também nas profundidades de penetração pelo dossel dos quais foi obtido valor médio de densidade de gotas de 76,48 gotas cm^2 .

Tabela 32 – Resumo da análise de regressão e equação ajustada à variável densidade de gotas (gotas cm^{-2}) em função do fator índice volumétrico utilizando a pulverização hidráulica com gotas grossas

Fator	Equação	R ²	Valor Mínimo	Valor Máximo	F	p-valor	CV %
Índice Volumétrico (mL m^{-3})	$y = 21,124 + 1,069x$	0,67	54,25	99,13	14,36**	0,0002	59,59

R²: Coeficiente de Determinação, F: Estatística F, CV: Coeficiente de Variação, **Significativo ao nível de 0,01 de probabilidade pelo teste F.

Fonte: O autor.

Ao analisar a porcentagem de cobertura proporcionada pela pulverização hidráulica com gotas grossas, observou-se que a variação do IV não foi significativa bem como não houve diferença na cobertura entre os terços e, portanto, houve homogeneidade na distribuição vertical da calda obtendo o valor médio de 24,2 % de área coberta independente do IV aplicado. Por outro lado, ao avaliar a profundidade do dossel, a porcentagem de cobertura foi superior na parte externa em 31,2 % em relação à parte mais interna (Tabela 33).

Tabela 33 – Valores médios da variável cobertura (%) para o fator profundidade utilizando a pulverização hidráulica com gotas grossas

Profundidade	Cobertura (%)
	Média
Externa	28,67 A
Interna	19,72 B

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna, não diferem entre si a 0,05 de probabilidade pelo teste Tukey

Fonte: O autor.

Na análise da deposição a não significância do fator terço corrobora a uniformidade da distribuição vertical da calda observada para a densidade de gotas e para a cobertura e, dessa forma, observou-se neste fator valor médio de 1,08 $\mu\text{L cm}^{-2}$. No desdobramento da interação “IV x profundidade” a análise dos Índice volumétricos dentro das profundidades, por meio de regressão, foi significativa somente na profundidade externa na qual a deposição variou de 1,03 a 2,02 $\mu\text{L cm}^{-2}$ no intervalo do IV de 31 a 73 mL m^{-3} de calda, respectivamente. Na profundidade interna, independente dos valores de IV houve deposição média de 0,65 $\mu\text{L cm}^{-2}$ de calda (Tabela 34).

Tabela 34 – Resumo das análises de regressões e equações ajustadas à variável deposição ($\mu\text{L cm}^{-2}$) em função do fator índice volumétrico utilizando a pulverização hidráulica com gotas grossas

Profundidade	Equação	R ²	Deposição ($\mu\text{L cm}^{-2}$)		F	p-valor	CV %
			Valor Mínimo	Valor Máximo			
Externa	$y = 0,301 + 0,0234x$	0,92	1,03	2,02	20,26**	0,0001	39,59
Interna	-	-	0,65 ^m		ns	-	-

R²: Coeficiente de Determinação; F: Estatística F; CV: Coeficiente de Variação; ^m Valor médio para o nível do fator; **Significativo ao nível de 0,01 de probabilidade e ns: não significativo pelo teste F.

Fonte: O autor.

Por outro lado, ao avaliar as profundidades dentro dos índices volumétricos a deposição na parte externa do dossel foi superior à parte interna em todos os Índice volumétricos. Assim, no intervalo de 31 a 73 mL m^{-3} de calda, respectivamente, os valores de deposição na parte externa foram superiores em 42, 71, 43, 57 e 64 % em relação à parte mais interna do dossel (Tabela 35).

Tabela 35 – Valores médios da variável deposição ($\mu\text{L cm}^{-2}$) para o fator profundidade dentro dos níveis do fator índice volumétrico utilizando a pulverização hidráulica com gotas grossas

Índice volumétrico (mL m^{-3})	PROFUNDIDADE	
	Externa	Interna
31	1,06 A	0,61 B
41	1,36 A	0,39 B
52	1,34 A	0,76 B
62	1,73 A	0,74 B
73	2,11 A	0,73 B

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha para cada índice volumétrico, não diferem entre si a 0,05 de probabilidade pelo teste Tukey

Fonte: O autor.

Ao analisar a variável densidade superficial padrão, foi ajustada equação de regressão avaliando o efeito do fator Índice Volumétrico (IV) para a planta inteira. Já para densidade superficial corrigida, o efeito do IV foi avaliado tanto para a planta inteira como também dentro dos terços e das profundidades. Sendo assim, ao considerar a planta inteira, observou-se efeito linear positivo do IV sobre a densidade superficial padrão, que variou de 14,19 a 24,65 ng cm^{-2} de i.a, e efeito quadrático sobre a densidade superficial corrigida, com variação de 19,95 a 26,74 ng cm^{-2} de i.a. (Tabela 36).

Ao avaliar o efeito do IV dentro de cada terço, houve diferença significativa apenas para o terço inferior o qual apresentou efeito linear sobre a densidade superficial corrigida. E ao avaliar este efeito dentro das profundidades, não se observou diferença significativa para nenhuma das profundidades e, assim como ocorreu para os terços superior e médio, foram obtidos valores médios de densidade superficial corrigida, independente do IV utilizado (Tabela 36).

Tabela 36 - Resumo das análises de regressões das densidades superficiais padrão e corrigida em função do Índice Volumétrico considerando a planta inteira e da densidade superficial corrigida em função do Índice Volumétrico dentro dos terços e das profundidades utilizando a pulverização hidráulica com gotas grossas

Densidade Superficial (ng cm ⁻²)	Fatores	Equação	R ²	Valor Mínimo (IV)	Valor Máximo (IV)	F	p-valor	CV (%)
Padrão	Planta Inteira	$y = 6,476+0,249x$	0,97	14,19 (31)	24,65 (73)	17,95**	<0,0001	49,27
		$y = 52,652-1,304x+0,013x^2$	0,88	19,95 (50,1)	26,74 (73)	5,57*	0,0204	49,92
Corrigida	Terço Superior	$y = 67,513-1,887x+0,018x^2$	0,54	22,17 ^m		3,41 ^{ns}	0,0751	58,29
	Terço Médio	$y = 70,459-2,082x+0,021x^2$	0,77	21,51 ^m		3,47 ^{ns}	0,0729	53,21
	Terço Inferior	$y = 20,147+0,050x$	0,98	21,70 (31)	23,80 (73)	15,53**	0,0006	37,64
Corrigida	Profundidade Externa	$y = 68,287-1,687x+0,017x^2$	0,78	30,81 ^m		3,42 ^{ns}	0,071	43,07
	Profundidade Interna	$y = 37,017-0,920x+0,008x^2$	0,33	13,47 ^m		2,43 ^{ns}	0,1262	58,81

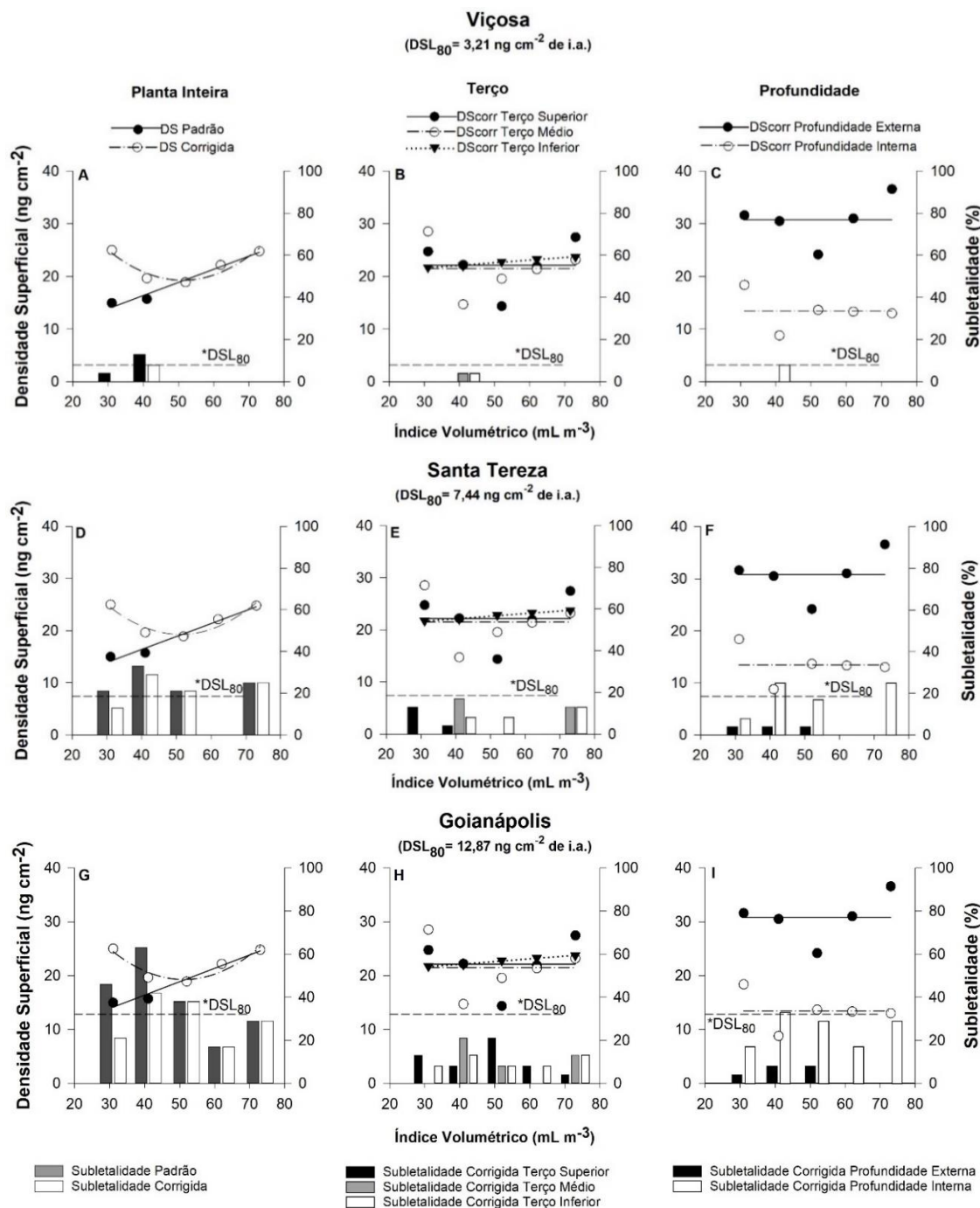
IV: Índice Volumétrico, R²: Coeficiente de Determinação, F: Estatística F, CV: Coeficiente de Variação, ^m valor médio entre os índices volumétricos. **Significativo ao nível de 0,01 de probabilidade, *Significativo ao nível de 0,05 de probabilidade, ns: não significativo pelo teste F.

Fonte: O autor

Sendo assim, ao analisar a eficiência do pulverizador hidráulico com gotas grossas em depositar a densidade superficial letal crítica para as populações de *Tuta absoluta* em função do índice volumétrico, observou-se que as densidades superficiais estimadas foram superiores às DSL₈₀ para as três populações e em todos os valores de IV independente dos fatores planta inteira, terço ou profundidade (Figura 8).

Figura 8 - Dados observados (símbolos) e curvas ajustadas (linhas) de acordo com os modelos de regressões ou valores médios das densidades superficiais padrão e

corrigida (eixo primário) e dados das subletalidades padrão e corrigida (barras e eixo secundário) em função do Índice Volumétrico avaliando a planta inteira (A,D,G) e densidade superficial corrigida (eixo primário) e dados da subletalidade corrigida (eixo secundário) em função do Índice Volumétrico avaliado dentro dos terços (B,E,H) e das profundidades (C,F,I) utilizando pulverização hidráulica com gotas grossas no tratamento químico das populações de *Tuta absoluta* das regiões de Viçosa - MG, Santa Tereza - ES e Goianópolis - GO



*DSL₈₀: densidade superficial letal crítica; i.a.: ingrediente ativo; DS: densidade superficial; DScorr: densidade superficial corrigida.

Fonte: O autor.

Ao analisar a subletalidade em função da resistência à Abamectina entre as populações, observou-se, no geral, que as subletalidades padrão e corrigida aumentaram com o incremento da resistência considerando os respectivos Índice volumétricos (Figura 8 ADG). Esta constatação só não foi observada para o IV de 62 mL m⁻³ entre as populações Viçosa e Santa Tereza uma vez que não se observou subletalidades para as duas populações (Figura 8 AD).

Na análise da subletalidade considerando a planta inteira e em função do IV dentro de cada população, não se observou subletalidades nos Índice volumétricos de 52, 62 e 73 mL m⁻³ para a população de *Tuta absoluta* da região de Viçosa – MG e, portanto, são independentes perante as variações do IV e das concentrações propostas. No entanto, observou-se subletalidade padrão nos Índice volumétricos de 31 e 41 mL m⁻³ com valores de 4 e 13 % e subletalidade corrigida no IV de 41 mL m⁻³ com 8 % (Figura 8 A).

Para a população Santa Tereza, observou-se subletalidades padrão e corrigida com valores de 21, 33, 21 e 25 % e de 13, 29, 21 e 25 %, respectivamente, nos Índice volumétricos de 31, 41, 52 e 73 mL m⁻³ de solução (Figura 8 D). Já para população Goianópolis observou-se subletalidades padrão e corrigida em todos os Índice volumétricos e, dessa forma, no intervalo de IV 31 ao 73 mL m⁻³ foram observados 46, 63, 38, 17 e 29 % de subletalidade padrão e 21, 42, 38, 17 e 29 % de subletalidade corrigida (Figura 8 G).

Por outro lado, ao avaliar a subletalidade corrigida dentro dos terços e também das profundidades em função do IV, foi constatado para a população Viçosa que o valor obtido no IV de 41 mL m⁻³ dividiu-se entre os terços médio e inferior e sua totalidade na profundidade interna do dossel (Figura 8 BC). Para as populações Santa Tereza e Goianópolis, a distribuição da subletalidade corrigida nos terços foi diversificada entre os Índice volumétricos (Figura 8 EH) mas, em relação à profundidade, houve predominância das observações na parte mais interna do dossel (Figura 8 FI).

Ao avaliar o efeito da concentração do ingrediente ativo na probabilidade de controle da população de *Tuta absoluta* da região de Viçosa proporcionada pelos diferentes Índice volumétricos por meio da análise de probit, foi ajustado modelo somente para IV de 41 mL m⁻³ o qual apresentou subletalidade corrigida. Assim, foi estimado em 88,93 % de controle utilizando a CL padrão aumentado para 92,62 % utilizando a CL corrigida (Tabela 37).

Para a população Santa Tereza, ajustou-se os modelos para os Índice volumétricos de 31, 41, 52 e 73 mL m⁻³ que apresentaram, respectivamente, valores estimados de 80,81; 65,75; 85,24 e 86 % de controle utilizando a CL padrão e, utilizando a CL corrigida, os dois primeiros Índice volumétricos aumentaram para 94,94 e 73,75 % respectivamente, e para os demais Índice volumétricos, as probabilidades de controle permaneceram inalteradas (Tabela 37). Já para a população de Goianápolis, foram ajustados modelos para os Índice volumétricos de 31, 41, 52, 62 e 73 mL m⁻³ que resultaram nos respectivos valores estimados de 53,96; 42,20; 63,21; 83,14 e 70,57 % de controle utilizando a CL padrão aumentando para 80,56 e 51,63 % nos dois primeiros Índice volumétricos utilizando a CL corrigida (Tabela 37).

Tabela 37 - Valores de inclinação e da probabilidade de controle estimados para diferentes populações de *Tuta absoluta* e proporcionados por diferentes índices volumétricos no controle químico utilizando pulverização hidráulica com grossas nas concentrações padrão e corrigida

População		IV	N	Inclinação ± EP	CL padrão	CL corrigida	χ ²	p-valor
Região	DSL ₈₀				Probabilidade % (IF ₉₅ %)	Probabilidade % (IF ₉₅ %)		
Viçosa	3,21	41	168	2,33 ± 0,16	88,93 (76-96)	92,62 (81-98)	1,01	0,0924
		31	168	3,46 ± 0,38 a	80,81 (66-91)	94,94 (83-99)	2,45	0,3465
Santa Tereza	7,44	41	168	2,37 ± 0,17 c	65,75 (53-77)	73,75 (61-84)	0,94	0,0809
		52	168	3,07 ± 0,28 ab	85,24 (73-93)	85,24 (73-93)	1,50	0,1738
		73	168	2,54 ± 0,38 bc	86,00 (73-93)	86,00 (73-93)	4,46	0,6530
		31	168	3,44 ± 0,46 b	53,96 (41-67)	80,56 (64-91)	2,70	0,3907
Goianápolis	12,87	41	168	2,45 ± 0,12 c	42,20 (29-57)	51,63 (38-65)	0,43	0,0198
		52	168	3,03 ± 0,30 b	63,21 (50-75)	63,21 (50-75)	1,97	0,2579
		62	168	4,97 ± 0,36 a	83,14 (68-92)	83,14 (68-92)	1,03	0,0942
		73	168	2,64 ± 0,33 bc	70,57 (57-82)	70,57 (57-82)	2,93	0,4311

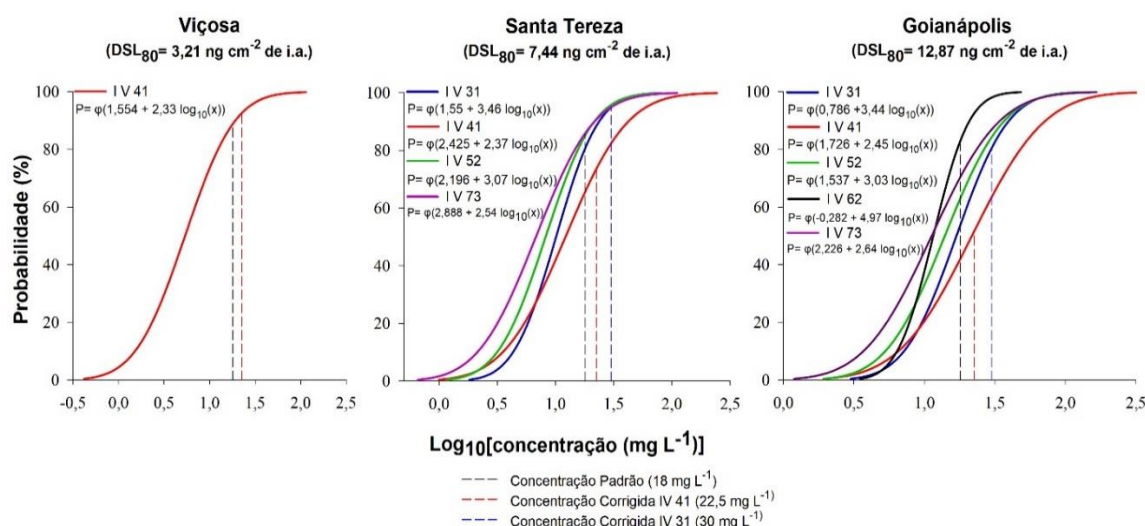
DSL₈₀: Densidade Superficial Letal Crítica (ng i.a. cm⁻²), IV: Índice Volumétrico (mL m⁻³), N: Número total de pontos simulados, EP: Erro padrão, CL: Concentração Letal, IF: Intervalo Fiducial. Para cada população analisada isoladamente, os valores da inclinação com letras iguais na coluna, não diferem entre si pela sobreposição do intervalo de confiança a 95 %. χ²: Chi-quadrado de Pearson.

Fonte: O autor.

Analisando o efeito das inclinações das curvas na probabilidade de controle proporcionadas por diferentes Índice volumétricos para população Santa Tereza, o maior valor foi observado para o IV de 31 mL m⁻³ o qual diferiu dos Índice volumétricos de 41 e 73 mL m⁻³ que foram os menores. Para a população Goianápolis, o maior valor foi observado para o IV de 62 mL m⁻³ diferindo das inclinações das curvas referentes aos demais Índice volumétricos e, assim como para população Santa Tereza, os menores valores foram observados para os Índice volumétricos de 41 e 73

mL m⁻³) (Tabela 37). Para a população Viçosa, o único valor de inclinação (2,33) se aproximou aos menores valores observados para as outras duas populações. Sendo assim, a resposta de controle em um intervalo de concentração de ingrediente ativo foi mais homogênea nos Índice volumétricos de 31 e 62 mL m⁻³ das populações Santa Tereza e Goianápolis respectivamente, comparado aos demais como pode ser observado na Figura 9.

Figura 9 - Estimativa da probabilidade de controle acumulada para diferentes populações de *Tuta absoluta* proporcionada por diferentes índices volumétricos em função da concentração do ingrediente ativo abamectina utilizando pulverização hidráulica com gotas grossas e representação da probabilidade de controle nas concentrações padrão e corrigida (linhas pontilhadas)



DSL₈₀: Densidade Superficial Letal Crítica (ng cm⁻² de i.a.); i.a.: Ingrediente ativo, IV: Índice Volumétrico (mL m⁻³ de solução); P= Estimativa em Probit – A probabilidade é tabelada e foi obtida por meio da conversão “*probit to percentage*” utilizando a linguagem “R”; φ= phi - Representa a distribuição normal.

Fonte: O autor.

Na análise da correção da subletalidade em função da concentração do ingrediente ativo para a população Viçosa, a concentração para atingir a DSL₈₀ em 99 % da superfície foliar do tomateiro permaneceu dentro do intervalo recomendado pelo fabricante e foi satisfatória para o IV de 41 mL m⁻³ (Tabela 38). Para a população Santa Tereza, a correção foi satisfatória tanto no IV de 31 mL m⁻³ cujo valor foi inferior ao limite mínimo recomendado como também nos Índice volumétricos de 52 e 73 mL m⁻³, em que os valores estimados ficaram dentro do intervalo. Já para o IV 41 mL m⁻³ desta população, o valor da correção foi superior ao limite máximo recomendado e, portanto, insatisfatório para o controle dos 99 % (Tabela 38).

Já para a população Goianópolis, os valores estimados da CL_{99} foram satisfatórios e ficaram dentro dos intervalos recomendados, somente nos Índice volumétricos de 31 e 62 $mL\ m^{-3}$ e, os demais, superaram o limite máximo (Tabela 38). Dessa forma, o máximo de controle apresentado pelos Índice volumétricos que foram maiores que intervalo recomendado, foram de 98 % para o IV de 41 $mL\ m^{-3}$ na população Santa Tereza e de 92, 97 e 95 % nos Índice volumétricos 41, 52 e 73 $mL\ m^{-3}$ respectivamente, para a população Goianópolis.

Tabela 38 - Estimativa da concentração letal para deposição da DSL_{80} em 99 % da superfície foliar do tomateiro (CL_{99}) para diferentes populações de *Tuta absoluta* utilizando diferentes índices volumétricos no tratamento químico empregando pulverização hidráulica com gotas grossas

População		IV	Concentração da solução recomendada pelo fabricante (ng μL^{-1} de i.a. na solução)		CL_{99}
Região	DSL_{80}		Mínimo (9 g ha^{-1})	Máximo (21,6 g ha^{-1})	
Viçosa	3,21	41	22,5	54	27,65
		31	30	72	29,69
Santa Tereza	7,44	41	22,5	54	60,36
		52	18	43,2	28,91
		73	12,86	30,86	30,74
Goianópolis	12,87	31	30	72	47,21
		41	22,5	54	101,94
		52	18	43,2	50,71
		62	15	36	24,49
		73	12,86	30,86	46,37

i.a.: Ingrediente ativo, DSL_{80} : Densidade Superficial Letal Crítica (ng cm^{-2} de i.a.), IV: Índice Volumétrico ($mL\ m^{-3}$), CL_{99} : Concentração Letal para 99 % de probabilidade de controle (ng μL^{-1} de i.a.).

Fonte: O autor.

Portanto, ao utilizar a pulverização hidráulica com gotas grossas, a maior probabilidade de falha no controle da *Tuta absoluta* entre as populações e em função do índice volumétrico foi observada para a população Goianópolis uma vez que se obteve resultado satisfatório em apenas dois dos Índice volumétricos propostos, seguida pela população Santa Tereza que obteve quatro Índice volumétricos satisfatórios. Para a população Viçosa não foi observado probabilidade de falha uma vez que todos os Índice volumétricos foram considerados satisfatórios (Tabela 39). Assim sendo, o aumento da resistência entre as populações influenciou a probabilidade de falha no controle dessa espécie.

Tabela 39 – Valores dos índices volumétricos, por população de *Tuta absoluta*, considerados satisfatórios para o controle utilizando pulverização hidráulica com gotas grossas e suas respectivas estimativas de concentração da solução ($\text{ng } \mu\text{L}^{-1}$ de i.a.) e da massa de ingrediente ativo (abamectina) por volume de copa (mg m^{-3} de i.a)

População		Índices volumétricos satisfatórios	Concentração Estimada ($\text{ng } \mu\text{L}^{-1}$ de i.a.).	Massa de i.a. por volume de copa (mg m^{-3} de i.a)
Região	DSL ₈₀			
Viçosa	3,21	31	30	0,93
		41	27,65	1,13
		52	18	0,94
		62	18	1,12
		73	18	1,31
Santa Tereza	7,44	31	29,69	0,92
		52	28,91	1,50
		62	18	1,12
		73	30,74	2,24
Goianápolis	12,87	31	47,21	1,46
		62	46,37	2,47

DSL₈₀: Densidade Superficial Letal Crítica (ng cm^{-2} de i.a.).

Fonte: O autor.

Contudo ao avaliar os Índice volumétricos que foram satisfatórios dentro de cada população observou-se, para a população de *Tuta absoluta* da região de Viçosa, que ao utilizar o IV de 31 mL m^{-3} se obteve maior eficiência em função do menor consumo de água e da menor massa de i.a. por volume de copa (Tabela 39). Nesta condição, a economia de água alcançou 57 % em relação ao maior IV satisfatório (73 mL m^{-3}) o que também resultaria na economia de 29 % de massa de i.a. depositada por volume de copa. Por outro lado, ao avaliar a eficiência de aplicação com base na menor concentração de i.a. na calda, as maiores eficiências foram obtidas utilizando os Índice volumétricos de 52, 62 e 73 mL m^{-3} os quais foram satisfatórios na concentração padrão de $18 \text{ ng } \mu\text{L}^{-1}$ de i.a..

Ao fazer esta análise para a população de *Tuta absoluta* originada da região de Santa Tereza, as maiores eficiências, em função do menor consumo de água e da menor massa de i.a. depositada por volume de copa, foi observada para o IV de 31 mL m^{-3} . Em função da menor concentração de i.a. na calda, o IV de 62 mL m^{-3} foi o mais eficiente. Já para o controle da população de *Tuta absoluta* da região de Goianápolis, o IV de 31 mL m^{-3} foi o mais eficiente em relação ao menor consumo de água e também à menor massa de i.a. depositada por volume de copa, no entanto, a menor concentração de i.a. na calda foi obtida no IV de 62 mL m^{-3} (Tabela 39).

4.3 Probabilidade de falha no controle associada ao Pulverizador Pneumático

Na análise da densidade de gotas proporcionada pela pulverização pneumática e, considerando os fatores índice volumétrico, terço e profundidade, observou-se efeito significativo, e independente, somente para o fator índice volumétrico. Já para variável deposição, houve efeito significativo para os fatores isolados índice volumétrico e terço e, para variável cobertura, não houve efeito significativo dos fatores (Tabela 40).

Tabela 40 – Resumo das análises de variância das variáveis densidade de gotas, cobertura e deposição no esquema de parcelas subsubdivididas para a pulverização pneumática

FV	GL	Quadrado Médio		
		Densidade de gotas	Cobertura	Deposição
Blocos	3	8021,75 ^{ns}	19,54 ^{ns}	0,14 ^{ns}
Índice Volumétrico (IV)	2	122415,04*	120,53 ^{ns}	0,76*
Resíduo 1	6	19259,47	50,75	0,11
Terço (T)	2	6302,20 ^{ns}	34,58 ^{ns}	0,21*
IV x T	4	14400,87 ^{ns}	12,76 ^{ns}	0,03 ^{ns}
Resíduo 2	18	12918,30	34,36	0,06
Profundidade (P)	1	16197,93 ^{ns}	29,96 ^{ns}	0,009 ^{ns}
IV x P	2	20619,67 ^{ns}	66,46 ^{ns}	0,023 ^{ns}
T x P	2	6769,49 ^{ns}	2,45 ^{ns}	0,03 ^{ns}
IV x T x P	4	9260,95 ^{ns}	36,41 ^{ns}	0,047 ^{ns}
Resíduo 3	27	10414,26	31,75	0,04
CV (%) parcela		112,04	204,14	74,21
CV (%) subparcela		91,76	167,98	54,47
CV (%) subsubparcela		82,39	161,48	46,86

** Significativo a 0,01 de probabilidade e * Significativo a 0,05 de probabilidade pelo teste F; ^{ns} não significativo; FV: fator de variação; GL: grau de liberdade; CV: coeficiente de variação.

Fonte: O autor.

Assim, o maior valor de densidade de gotas foi observado para o IV de 17 mL m⁻³ o qual diferiu estatisticamente do IV de 8 mL m⁻³ e foi superior em 70,15 % (Tabela 41). Entretanto, foi possível observar para essa variável que houve homogeneidade na distribuição da calda tanto vertical, ou seja, entre os terços como também na profundidade de penetração pelo dossel dos quais, independente do IV, foi obtido valor médio de densidade de gotas de 123,86 gotas cm².

Tabela 41 – Valores médios da variável densidade de gotas (gotas cm^{-2}) para o fator índice volumétrico utilizando a pulverização pneumática

Índice Volumétrico (mL m^{-3})	Densidade de gotas (gotas cm^{-2})
	Média
8	59,99 B
17	200,97 A
25	110,62 AB

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna, não diferem entre si a 0,05 de probabilidade pelo teste Tukey

Fonte: O autor.

Ao analisar a variável deposição, observou-se que o incremento do IV proporcionou aumento nos valores de deposição sendo que houve diferença entre os IV's de 8 e 25 mL m^{-3} (Tabela 42). Na ocasião o maior IV foi superior em 56,9 %. Por outro lado, a distribuição vertical da calda foi maior no terço inferior a qual diferiu estatisticamente do terço superior somente (Tabela 43). Como não houve diferença significativa da deposição entre as profundidades, denota-se que este pulverizador apresentou homogeneidade na distribuição da calda entre as partes interna e externa com valor médio de 0,45 $\mu\text{L cm}^{-2}$.

Tabela 42 – Valores médios da variável deposição ($\mu\text{L cm}^{-2}$) para o fator índice volumétrico utilizando a pulverização pneumática

Índice Volumétrico	Deposição ($\mu\text{L cm}^{-2}$)
	Média
8	0,25 B
17	0,52 AB
25	0,58 A

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha para cada índice volumétrico, não diferem entre si a 0,05 de probabilidade pelo teste Tukey

Fonte: O autor.

Tabela 43 – Valores médios da variável deposição ($\mu\text{L cm}^{-2}$) para o fator terço utilizando a pulverização pneumática

Terço	Deposição ($\mu\text{L cm}^{-2}$)
	Média
Superior	0,36 B
Médio	0,44 AB
Inferior	0,55 A

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha para cada índice volumétrico, não diferem entre si a 0,05 de probabilidade pelo teste Tukey

Fonte: O autor.

Ao analisar a variável porcentagem de cobertura observou-se que a mesma não foi influenciada pela variação dos fatores e, portanto, independente deles a pulverização pneumática proporcionou a área coberta média de 3,49 %. No entanto, vale ressaltar que os valores dos coeficientes de variação das parcelas, subparcelas e subsubparcelas foram os mais elevados comparado com as outras variáveis revelando elevada heterogeneidade entre os valores obtidos. Essa constatação pode ter sido influenciada, principalmente, pelo fluxo de ar promovido pelo equipamento que pode movimentar as etiquetas de tal forma que oscila e/ou impede o contato das gotas com a face hidrossensível.

Ao avaliar o efeito do IV sobre a densidade superficial padrão e considerando a planta inteira, foi observado que os valores para os Índice volumétricos de 17 e 25 mL m⁻³ foram superiores e diferiram estatisticamente do IV de 8 mL m⁻³ pela sobreposição do intervalo de confiança de 95 %. Já para densidade superficial corrigida, os valores dos Índice volumétricos de 8 e 17 mL m⁻³ foram superiores e diferiram estatisticamente do IV de 25 mL m⁻³ (Tabela 44).

Tabela 44 - Valores médios das densidades superficiais padrão e corrigida em função do índice volumétrico considerando a planta inteira e da densidade superficial corrigida em função das interações “índice volumétrico x terço” e “índice volumétrico x profundidade” para pulverização pneumática

Fatores	Densidade Superficial ± EP (ng cm ⁻² de i.a.)			
	Índice Volumétrico (mL m ⁻³)			
	8	17	25	
Planta Inteira	DS Padrão	4,45 ± 0,43 B	9,27 ± 0,76 A	10,53 ± 1,31 A
	DS Corrigida	27,81 ± 2,7 A	28,98 ± 2,38 A	21,93 ± 2,73 B
Terço	Terço Superior	24,75 ± 5,27 Aa	23,95 ± 3,38 Ab	16,31 ± 4,33 Ab
	Terço Médio	27,67 ± 3,24 Aa	27,95 ± 3,29 Aab	21,48 ± 4,46 Aab
	Terço Inferior	31,03 ± 5,55 Aa	35,05 ± 4,95 Aa	27,99 ± 5,27 Aa
Profundidade	Profundidade Externa	22,56 ± 3,57 Ab	29,15 ± 3,10 Aa	22,32 ± 3,71 Aa
	Profundidade Interna	33,07 ± 3,57 Aa	28,82 ± 3,75 Aa	21,54 ± 4,17 Ba

i.a.: Ingrediente ativo, EP: Erro Padrão. Para a planta inteira e para as interações duplas analisadas isoladamente, as médias com letras iguais maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, não diferem entre si pela sobreposição do intervalo de confiança a 95 %.

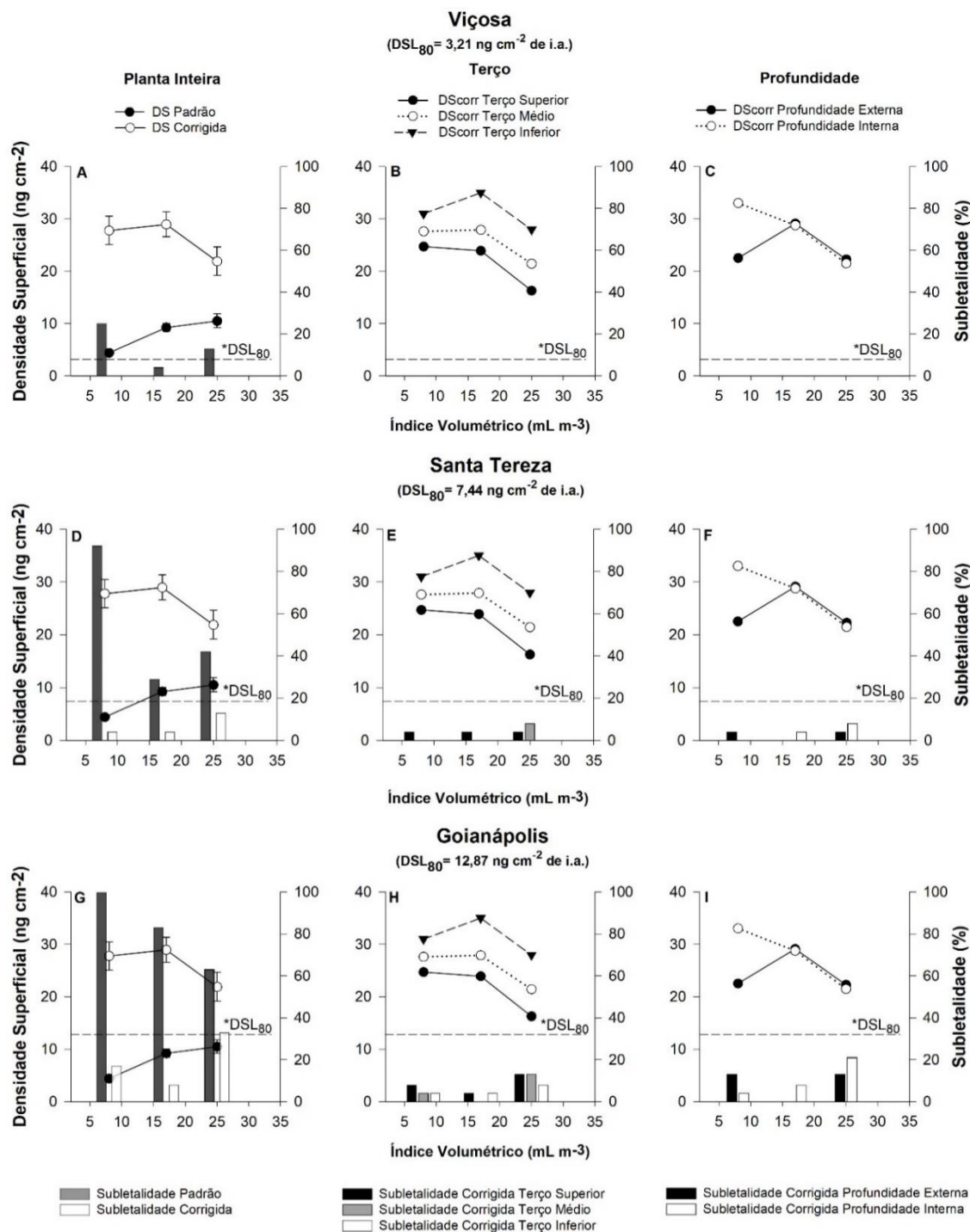
Fonte: O autor.

Ao desdobrar os terços dentro dos índices volumétricos, não houve diferença significativa entre as médias da densidade superficial corrigida para o IV de 8 mL m⁻³. Já para os Índice volumétricos de 17 e 25 mL m⁻³ a densidade superficial corrigida foi

maior no terço inferior a qual diferiu estatisticamente da média referente ao terço superior. Ao analisar os índices volumétricos dentro dos terços, não houve diferença significativa entre as médias independente dos terços avaliados. Por outro lado, na avaliação dos índices volumétricos dentro das profundidades, não houve diferença entre os Índice volumétricos para a parte externa e, na parte interna, os valores de densidade superficial não diferiram entre os Índice volumétricos de 8 e 17 mL m⁻³ os quais foram superiores ao IV de 25 mL m⁻³. E ao avaliar as profundidades dentro dos índices volumétricos, somente no IV de 8 mL m⁻³ a densidade superficial foi superior na profundidade interna. Nos demais, não houve diferença entre as profundidades (Tabela 44).

Sendo assim, ao analisar a eficiência do pulverizador pneumático em depositar a densidade superficial letal crítica para as populações de *Tuta absoluta* das regiões de Viçosa, Santa Tereza e Goianópolis, observou-se que a densidade superficial corrigida foi superior às DSL₈₀ (3,21; 7,44 e 12,87 ng cm⁻² de i.a., respectivamente) em todos os valores de IV e independente dos fatores (planta inteira, terço ou profundidade) (Figura 10 A:I). Por outro lado, ao analisar a densidade superficial padrão somente para a população Viçosa observou-se resultados satisfatórios em todos os Índice volumétricos (Figura 10 A). Para população Santa Tereza (Figura 10 D) os resultados foram satisfatórios para os Índice volumétricos de 17 e 25 mL m⁻³ e, para população Goianópolis, não houve resultados satisfatórios (Figura 10 G).

Figura 10 - Dados observados (símbolos) e curvas ajustadas (linhas) de acordo com os modelos de regressões ou valores médios das densidades superficiais padrão e corrigida (eixo primário) e dados das subletalidades padrão e corrigida (barras e eixo secundário) em função do Índice Volumétrico avaliando a planta inteira (A,D,G) e densidade superficial corrigida (eixo primário) e dados da subletalidade corrigida (eixo secundário) em função do Índice Volumétrico avaliando dentro dos terços (B,E,H) e das profundidades (C,F,I) utilizando pulverização pneumática no tratamento químico das populações de *Tuta absoluta* das regiões de Viçosa - MG, Santa Tereza - ES e Goianópolis - GO



*DSL₈₀: densidade superficial letal crítica; i.a.: ingrediente ativo; DS: densidade superficial; DScorr: densidade superficial corrigida.

Fonte: O autor.

Já na análise da subletalidade, ou seja, a porcentagem dos pontos amostrais das densidades superficiais que foram inferiores à DSL_{80} entre as populações, observou-se que o incremento da resistência à Abamectina proporcionou efeito positivo, ou seja, quanto mais resistente a população, maiores os valores de subletalidade observados nos respectivos Índice volumétricos (Figura 16 A:I).

Considerando a planta inteira ao analisar o efeito do IV sobre a subletalidade para a população Viçosa, foram observados 25, 4 e 13 % de subletalidade padrão para os Índice volumétricos de 8, 17 e 25 $mL\ m^{-3}$ respectivamente e não se observou subletalidade corrigida após a correção da concentração do ingrediente ativo (Figura 10 A). Ao avaliar este efeito na população Santa Tereza, observou-se subletalidade padrão com valores de 92, 29 e 42 % e subletalidade corrigida com 4, 4 e 13 % em relação aos Índice volumétricos de 8, 17 e 25 $mL\ m^{-3}$ respectivamente (Figura 10 D). E para a população Goianópolis, o incremento do IV provocou efeito negativo na subletalidade padrão sendo observados os valores de 100, 83 e 63 % para os Índice volumétricos de 8, 17 e 25 $mL\ m^{-3}$ respectivamente. Para subletalidade corrigida, os valores foram menores em relação à subletalidade padrão obtendo valores de 17, 8 e 33 % para os Índice volumétricos de 8, 17 e 25 $mL\ m^{-3}$ respectivamente (Figura 10 G).

Por outro lado, ao avaliar a subletalidade corrigida dentro dos terços e também das profundidades em função do IV, não foi observado valores para a população Viçosa (Figura 10 BC). Para população Santa Tereza houve predominância dos valores no terço superior e profundidade interna (Figura 10 EF). Já para a População Goianópolis a subletalidade corrigida foi predominante nos terços superior e médio e em ambas as profundidades (Figura 10 HI).

Ao avaliar o efeito da concentração do ingrediente ativo na probabilidade de controle proporcionada pelos diferentes Índice volumétricos, foi constatado para população de *Tuta absoluta* da região de Viçosa que após a correção da concentração todos os Índice volumétricos apresentaram densidade superficial satisfatória, ou seja, em todos os pontos amostrados foram depositadas densidades superficiais acima da DSL_{80} desta população e não foi necessário estimar a probabilidade de controle. No entanto, na análise para a população Santa Tereza por meio da análise de probit os modelos ajustados para os Índice volumétricos de 8, 17 e 25 $mL\ m^{-3}$ estimaram em 16,82; 68,98 e 58,54 % de controle, respectivamente, utilizando a CL padrão e, utilizando a CL corrigida, a probabilidade de controle aumentou para 98,24, 99,85 e 87,14 % (Tabela 45). Para a população Goianópolis, os valores estimados foram de

14,47; 27,22 e 33,18 % para a CL padrão e de 83,73; 95,88 e 70,39 % para CL corrigida para os respectivos Índice volumétricos de 8, 17 e 25 mL m⁻³ (Tabela 45).

Tabela 45 - Valores de inclinação e da probabilidade de controle estimados para diferentes populações de *Tuta absoluta* e proporcionados por diferentes índices volumétricos no controle químico utilizando pulverização pneumática nas concentrações padrão e corrigida

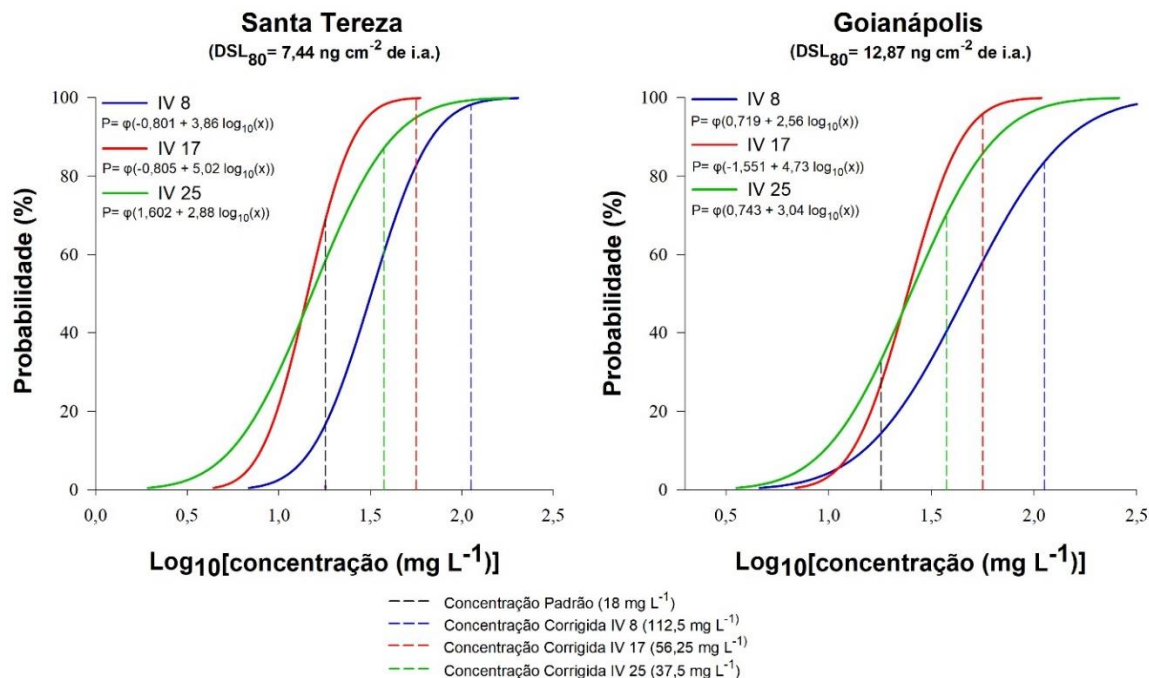
População		IV	N	Inclinação ± EP	CL padrão	CL corrigida	χ ²	p-valor
Região	DSL ₈₀				Probabilidade % (IF ₉₅ %)	Probabilidade % (IF ₉₅ %)		
Santa Tereza		8	168	3,86 ± 0,75 ab	16,82 (6,5-34)	98,24 (88-99,8)	6,02	0,8029
	7,44	17	168	5,02 ± 0,62 a	68,98 (55-80)	99,85 (>=95)	2,04	0,2723
		25	168	2,88 ± 0,21 b	58,54 (45-71)	87,14 (72-95)	0,88	0,0724
Goianápolis		8	168	2,56 ± 0,31b	14,47 (5-34)	83,73 (70-92)	2,15	0,2914
	12,87	17	168	4,73 ± 0,50 a	27,22 (14-45)	95,88 (>=82)	1,42	0,1599
		25	168	3,04 ± 0,18 b	33,18 (20-49)	70,39 (55-79)	0,62	0,0391

DSL₈₀: Densidade Superficial Letal Crítica (ng cm⁻² de i.a.), IV: Índice Volumétrico (mL m⁻³), N: Número total de pontos simulados, EP: Erro Padrão, CL: Concentração Letal, IF: Intervalo Fiducial. Para cada população analisada isoladamente, os valores da inclinação com letras iguais na coluna, não diferem entre si pela sobreposição do intervalo de confiança a 95 %. χ²: Chi-quadrado de Pearson.

Fonte: O autor.

Analisando o efeito das inclinações das curvas na probabilidade de controle proporcionadas por diferentes Índice volumétricos, para população Santa Tereza os maiores valores foram observados para os índices volumétricos de 8 e 17 mL m⁻³ no entanto, somente o IV de 17 mL m⁻³ diferiu do Índice volumétricos de 25 mL m⁻³ (Tabela 45). Para a população Goianápolis, o maior valor foi observado para o IV de 17 mL m⁻³ o qual diferiu dos demais índices volumétricos. Sendo assim, a resposta de controle em um intervalo de concentração de ingrediente ativo foi mais homogênea nos Índice volumétricos de 17 mL m⁻³ dessas populações comparado aos demais Índice volumétricos, como pode ser observado também na Figura 11.

Figura 11 - Estimativa da probabilidade de controle acumulada para diferentes populações de *Tuta absoluta* proporcionada por diferentes índices volumétricos em função da concentração do ingrediente ativo abamectina utilizando pulverização pneumática e representação da probabilidade de controle nas concentrações padrão e corrigida (linhas pontilhadas)



DSL₈₀: Densidade Superficial Letal Crítica (ng cm⁻² de i.a.); i.a.: Ingrediente ativo, IV: Índice Volumétrico (mL m⁻³ de solução); P= Estimativa em Probit – A probabilidade é tabelada e foi obtida por meio da conversão “probit to percentage” utilizando a linguagem “R”; φ = phi - Representa a distribuição normal.

Fonte: O autor.

Na análise da correção da subletalidade para a população Santa Tereza, as concentrações para atingir a DSL₈₀ em 99 % da superfície foliar do tomateiro foram inferiores ao limite mínimo recomendado nos Índices volumétricos de 8 e 17 mL m⁻³. Já no IV de 25 mL m⁻³, o valor estimado ficou dentro do intervalo, entretanto, a correção foi satisfatória em todos os Índices volumétricos (Tabela 46). Para a população Goianópolis, o valor estimado da CL₉₉ ficou dentro do intervalo recomendado nos Índices volumétricos de 8 e 25 mL m⁻³ e, para o IV de 17 mL m⁻³, o valor foi inferior ao limite mínimo do intervalo (Tabela 46). Assim, independente do IV e da população, foi possível corrigir a CL para atingir em 99 % dos pontos amostrados a DSL₈₀ das populações Viçosa, Santa Tereza e Goianópolis.

Tabela 46 - Estimativa da concentração letal para deposição da DSL₈₀ em 99 % da superfície foliar do tomateiro (CL₉₉) para diferentes populações de *Tuta absoluta* utilizando diferentes índices volumétricos no tratamento químico empregando pulverização pneumática

População		IV	Concentração da solução recomendada pelo fabricante (ng μL^{-1} de i.a. na solução)		CL ₉₉
Região	DSL ₈₀		Mínimo (9 g ha ⁻¹)	Máximo (21,6 g ha ⁻¹)	
Santa Tereza	7,44	8	112,5	270	82,29
		17	56,25	135	29,32
		25	37,5	90	54,55
Goianápolis	12,87	8	112,5	270	197,95
		17	56,25	135	51,47
		25	37,5	90	85,67

i.a.: Ingrediente ativo, DSL₈₀: Densidade Superficial Letal Crítica (ng cm⁻² i.a.), IV: Índice Volumétrico (mL m⁻³), CL₉₉: Concentração Letal para 99 % de probabilidade de controle (ng μL^{-1} de i.a.).

Fonte: O autor.

Sendo assim, ao avaliar a probabilidade de falha no controle entre as populações de *Tuta absoluta* em função dos índices volumétricos observou-se, utilizando pulverização pneumática, que o aumento da resistência entre as populações não influenciou a probabilidade de falha no controle dessa espécie uma vez que se obteve resultado satisfatório em todos os índices volumétricos (Tabela 47).

Tabela 47 – Valores dos índices volumétricos, por população de *Tuta absoluta*, considerados satisfatórios para o controle utilizando pulverização pneumática e suas respectivas estimativas de concentração da solução (ng μL^{-1} de i.a.) e da massa de ingrediente ativo (abamectina) por volume de copa (mg m⁻³ de i.a.)

População		Índices volumétricos satisfatórios	Concentração Estimada (ng μL^{-1} de i.a.).	Massa de i.a. por volume de copa (mg m ⁻³ de i.a)
Região	DSL ₈₀			
Viçosa	3,21	8	112,5	0,90
		17	56,25	0,96
		25	37,5	0,94
Santa Tereza	7,44	8	82,29	0,66
		17	29,32	0,50
		25	54,55	1,36
Goianápolis	12,87	8	197,95	1,58
		17	51,47	0,87
		25	85,67	2,14

DSL₈₀: Densidade Superficial Letal Crítica (ng cm⁻² de i.a.).

Fonte: O autor.

Contudo ao avaliar os Índice volumétricos que foram satisfatórios dentro de cada população observou-se, para a população de *Tuta absoluta* da região de Viçosa, que ao utilizar o IV de 8 mL m⁻³ se obteve maior eficiência em função do menor consumo de água e da menor massa de i.a. por volume de copa (Tabela 47). Nesta condição, a economia de água alcançou 68 % em relação ao maior IV satisfatório (25 mL m⁻³) o que também resultaria na economia de 4,25 % de massa de i.a. depositada por volume de copa. Por outro lado, ao avaliar a eficiência de aplicação com base na menor concentração de i.a. na calda, a maior eficiência foi obtida utilizando o IV de 25 mL m⁻³ o qual foi satisfatório na concentração padrão de 37,5 ng µL⁻¹ de i.a..

Ao fazer esta análise para a população de *Tuta absoluta* originada da região de Santa Tereza, as maiores eficiências, em função do menor consumo de água e da menor massa de i.a. depositada por volume de copa foram observadas para os índices volumétricos de 8 e 17 mL m⁻³ respectivamente. Neste caso manteve-se a economia de água em relação ao maior IV (68%) porém, a economia da massa de i.a. depositada por volume de copa alcançou 63,24 % e, neste quesito, foi o tratamento mais eficiente ao considerar todas as populações, tipos de pulverização e tamanho de gotas avaliadas. Por outro lado, ao considerar a menor concentração de i.a. na solução, observou-se maior eficiência para o IV de 17 mL m⁻³ que apresentou economia de 64,37 e 46,25 % em relação aos Índice volumétricos de 8 e 25 mL m⁻³ respectivamente (Tabela 47).

Já para a população de *Tuta absoluta* da região de Goianópolis a maior eficiência em função do menor consumo de água também foi obtida pelo IV de 8 mL m⁻³. No entanto, em função da menor concentração do i.a. na solução, a maior eficiência foi observada no IV de 17 mL m⁻³ cujo valor foi menor ao observado para os Índice volumétricos de 8 e 25 mL m⁻³ nas proporções de 3,8 e 1,6 vezes respectivamente. Além disso, o IV de 17 mL m⁻³ também foi o mais eficiente ao considerar a menor quantidade de produto depositada por volume de copa representando economias de 44,93 e 59,35 % comparados aos Índice volumétricos de 8 e 25 mL m⁻³ respectivamente (Tabela 47).

5 DISCUSSÃO

Nas análises paramétricas para as variáveis densidade de gotas, cobertura e deposição, foi possível observar que houve interações diferentes com os fatores em função do tipo de pulverização, ou seja, entre as pulverizações hidráulicas e a pneumática. De uma forma geral, as variações dos índices volumétricos nas pulverizações hidráulicas provocaram efeito direto nas variáveis, com uniformidade na distribuição vertical entre os terços, porém com maiores valores observados na parte externa do dossel das plantas.

Por outro lado, para pulverização pneumática somente por meio da análise da variável deposição foi possível observar efeito direto frente ao incremento do índice volumétrico, no entanto, a deposição aumentou do ápice para a base da planta e se manteve uniforme entre as profundidades. Já nas avaliações da densidade superficial em função dos índices volumétricos, esse padrão pôde ser constatado nas análises das médias utilizadas para estimar a densidade superficial padrão, a qual foi obtida pela multiplicação do volume retido por uma concentração constante ($18 \text{ ng } \mu\text{L}^{-1}$).

No entanto, apesar deste padrão evidente, algumas inferências qualitativas foram observadas e devem ser destacadas. Mesmo não comparando os valores médios de deposição entre os tipos de pulverizadores e as classes de tamanho de gotas, constatou-se que os valores observados para a pulverização pneumática foram menores aos valores observados nas pulverizações hidráulicas que por sua vez, apresentaram para pulverizações com gotas finas valores inferiores nos quatro primeiros índices volumétricos quando comparados às pulverizações com gotas médias e grossas. Além disso, para a deposição foi observado maior amplitude e, portanto, maior heterogeneidade entre os índices volumétricos na pulverização hidráulica com gotas finas ($0,94 \mu\text{L cm}^{-2}$) seguidas pelas gotas grossas ($0,58 \mu\text{L cm}^{-2}$) e médias ($0,48 \mu\text{L cm}^{-2}$) e por último a pulverização pneumática com menor amplitude ($0,33 \mu\text{L cm}^{-2}$) e mais homogênea.

Esses resultados corroboram com diversos estudos que utilizam da estatística paramétrica para avaliar a eficiência na deposição da calda proporcionada por diferentes mecanismos de pulverização (EBERT; DOWNER, 2006). Na verdade, com a evolução dos estudos alguns padrões estão bem definidos e, neste caso, esse comportamento pode ser atribuído a diferentes fatores e o primeiro deles está associado à relação direta do aumento do volume com o aumento da retenção foliar

(MIRANDA-FUENTES et al., 2016), no entanto, as pesquisas mostram que se deve atentar à possíveis perdas por escorrimento, pois as superfícies tratadas apresentam um limite máximo de retenção e que podem variar de acordo com as características tanto da superfície quanto da calda pulverizada (MATTHEWS, 2014). Essa constatação é mais preocupante à medida que aumenta o diâmetro das gotas do espectro, uma vez que o aumento do diâmetro das gotas tem relação cúbica com o volume da mesma e, proporcionalmente, ao dobrar o diâmetro de uma gota seu volume vai ser acrescido em oito vezes.

Entretanto, quanto menor as gotas do espectro, maiores são os riscos de ocorrer perdas por evaporação e deriva resultando em reduções no volume depositado e este é o segundo fator e que justifica os valores médios decrescentes da variável quantitativa deposição estimados para as pulverizações hidráulicas com gotas grossas e médias em relação às gotas finas. Não obstante, essa constatação também foi evidenciada na análise da densidade superficial para pulverização hidráulica com gotas finas. Na ocasião, as perdas provenientes nos dois primeiros índices volumétricos proporcionaram a manutenção do efeito linear mesmo após o incremento em suas concentrações na densidade superficial corrigida, diferentemente ao observado para as pulverizações hidráulicas com gotas médias e grossas as quais apresentaram efeito quadrático para esta variável.

Por outro lado, e este é o terceiro fator, por mais que o risco de deriva diminua com o aumento do DMV, como foi observado na caracterização do espectro da classe Fina para Grossa, os maiores valores de DMV tendem a diminuir a penetração das gotas para o interior do dossel das plantas (FERGUSON et al., 2016ab). Assim sendo, essas afirmações são condizentes aos padrões de deposição e justificam a segunda maior amplitude ter sido observada para pulverização hidráulica com gotas grossas.

É importante destacar que, na caracterização do espectro produzido pelo equipamento pneumático, não houve variação expressiva tanto do DMV quanto do percentual de gotas com diâmetro menor que 100 μm e, dessa forma, foi condizente com a menor amplitude entre os valores mínimo e máximo do volume depositado. No entanto, após a correção da concentração foi possível detectar que o incremento do volume proporcionado pelo maior índice volumétrico (25 mL m^{-3}), não foi suficiente para compensar as perdas proporcionadas na aplicação o que resultou no menor valor de densidade superficial depositada. Nesse caso, a fonte da maior heterogeneidade

de distribuição pode ter sido ocasionada pela velocidade elevada de caminhamento do operador 3,45 km h⁻¹.

De forma semelhante, além de constatar, Paixão (2016) relatou que vários autores avaliando a qualidade de pulverizações com diferentes tipos de pulverizadores e diferentes culturas, obtiveram aplicações mais homogêneas quando utilizaram pulverizadores com pontas pneumáticas ou pontas hidráulicas com assistência de ar, comparadas com aplicações utilizando somente pontas hidráulicas. Essa eficiência é atribuída ao potencial de transporte das gotas finas para interior do dossel das plantas através do fluxo de ar produzido pelo equipamento. Nessas condições, as gotas projetadas são facilmente arrastadas, sendo capazes de acompanhar o fluxo entre a folhagem e atingir partes mais internas (SASAKI et al., 2013). No entanto, o dimensionamento do fluxo de ar e a operação do equipamento de forma inadequada, podem potencializar as perdas por deriva além de danificar as estruturas vegetativas e reprodutivas das plantas por meio da movimentação excessiva provocada pelo fluxo de ar do equipamento.

Portanto, as análises com os valores médios permitiram quantificar e identificar a homogeneidade de distribuição do volume depositado bem como pressupor as fontes causadoras das variações observadas. No entanto, não foram suficientemente sensíveis para quantificar os valores com alta probabilidade de falha, ou seja, quando este valor não atinge a densidade superficial letal mínima ou DSL₈₀, expressa em ng cm⁻² de i.a., para as diferentes populações de *Tuta absoluta*. Isso só foi possível com a introdução das análises de subletalidade as quais além de identificar os pontos com valores de densidade superficial menor que a DSL₈₀, mostraram a proporção com que esses pontos foram distribuídos pela planta em cada combinação de tamanho de gota e volume pulverizado, o que permitiu maior compreensão das fontes de variação sobre o volume depositado e, conseqüentemente, maior precisão nas análises.

Sendo assim, as análises isoladas das comparações das médias superestimaram os pontos subletais de tal forma que independente do volume, do tamanho de gota e dos níveis de resistência das populações, todas as aplicações obtiveram volume depositado satisfatório para alcançar as DSL₈₀ após a correção da concentração. Nesse sentido, a anulação da probabilidade de falha estaria atrelada somente à correção da concentração realizada para distribuição da menor concentração de ingrediente ativo por hectare (9 g ha⁻¹) nos volumes menores que 500 L ha⁻¹, quando na verdade, se observou em todas as classes de gotas que, apesar

da redução da subletalidade após a correção, em alguns índices volumétricos ainda foram observadas a presença de pontos com volume depositado em concentrações subletais. Essa constatação ficou evidente principalmente para as populações de *Tuta absoluta* das regiões de Santa Tereza e de Goianópolis, ou seja, as populações com maiores níveis de resistência ao ingrediente ativo.

Apesar de alguns estudos apontarem fortes efeitos de concentrações subletais da Abamectina sobre parâmetros de sobrevivência e reprodução em populações de *Tuta absoluta* (NOZAD BONAB et.al., 2017; ZIBAE & ESMAEILY, 2017), e que segundo os autores pode ser benéfico a um programa de manejo integrado de pragas, Guedes (2017) relatou que esses efeitos podem ser prejudiciais e favorecer o desenvolvimento da resistência. Segundo o último autor, a resistência a inseticidas pode ser alcançada não apenas pelo uso de concentrações de inseticidas letais eliminando indivíduos suscetíveis, mas também, por exposição subletal favorecendo a sobrevivência e reprodução dos indivíduos resistentes. Dessa forma, é imprescindível que na tecnologia de aplicação a ser utilizada no controle químico busque não só identificar os riscos de falhas, mas também, que possibilite corrigi-los.

Nesse contexto, a análise de Probit se mostrou adequada para análise da retenção do volume pulverizado e foi possível entender com maior precisão como as variações do tamanho de gota e volume interferiram na eficiência dos pulverizadores em atingir o alvo químico na concentração mínima requerida. Essa maior precisão foi atribuída à maior sensibilidade do método por considerar os valores individuais das observações e não a média como é realizado nos métodos paramétricos. Dessa forma, foi possível verificar a variabilidade da retenção dos volumes depositados em duas inferências, uma quantitativa e outra qualitativa.

A sensibilidade quantitativa ficou evidente nas representações gráficas das equações de Probit onde é possível observar que em menores concentrações a resposta da probabilidade é maior para os maiores volumes aplicados. Por outro lado, a sensibilidade qualitativa foi verificada por meio das inclinações das curvas em que quanto menor o valor, maior foi a variabilidade do volume retido, ou seja, maior a amplitude entre os valores e, portanto, mais heterogênea foi a distribuição da calda pelo dossel. Comportamento análogo a esse é descrito em diversos estudos para avaliar a variabilidade entre indivíduos de uma mesma população nas avaliações da toxicidade de pragas a inseticidas. Na ocasião, curvas com menor inclinação indicam maior variabilidade genética, sugerindo a ausência da predominância de um genótipo

na população, denotando maior heterogeneidade de resposta frente aos inseticidas (SIQUEIRA et al., 2000; SILVA et al., 2011).

Neste estudo essa variabilidade foi observada tanto entre as classes de tamanho de gotas na pulverização hidráulica como também na distribuição entre os volumes de uma mesma classe de tamanho de gota, esta última para ambos os equipamentos. Entre os volumes, destaca-se a maior homogeneidade entre as classes de gota e equipamentos avaliados observada para a pulverização pneumática com IV de 17 mL m⁻³.

Já as maiores heterogeneidades foram observadas para o volume de 400 L ha⁻¹ utilizando pulverização hidráulica com gotas grossas e finas. No entanto, essas variabilidades são atribuídas a fatores diferentes. Para gotas grossas, a limitação foi associada ao tamanho das gotas uma vez que na caracterização do espectro nesse volume foi observado o maior valor de DMV (325 µm). Já para gotas finas, a fonte das perdas pode ser associada à deriva e evaporação uma vez que foi caracterizado neste volume o maior valor de gotas com diâmetro menor que 100 µm.

Além disso, em alguns volumes a concentração estimada pelos modelos de Probit ajustados com $p > 0,05$, ultrapassaram o limite máximo da concentração recomendada pelo fabricante e, portanto, não foram eficientes para anular a probabilidade de falha associada ao controle de *Tuta absoluta* conforme estipulado, entretanto, constatou-se com esses volumes controle acima de 90 % ao utilizar a concentração máxima recomendada.

Diante disso, foi possível observar que, em função do índice volumétrico, a probabilidade de falha no controle químico da *Tuta absoluta* foi afetada tanto pelo tipo de pulverização e tamanho de gota como também pelo nível de resistência da espécie. Nesse sentido, o tratamento mais afetado pelo incremento da resistência entre as populações e, portanto, com maior probabilidade de falha no controle, foi a pulverização hidráulica com gotas finas. Na ocasião, observou-se seis valores de índices volumétricos com resultados insatisfatórios na deposição da DSL₈₀.

Na sequência, a segunda maior probabilidade de falha foi observada para pulverização hidráulica com gotas grossas a qual apresentou quatro valores de índices volumétricos insatisfatórios seguido pela pulverização hidráulica com gotas médias em que se obteve resultado insatisfatório somente em um índice volumétrico. Por outro lado, o aumento da resistência entre as populações não influenciou a

probabilidade de falha no controle dessa espécie uma vez que se obteve resultado satisfatório em todos os índices volumétricos avaliados (Tabela).

Tabela 48 – Total de índices volumétricos considerados satisfatórios para o controle da *Tuta absoluta* com abamectina, por população e em função do tamanho de gota e dos métodos de pulverização

Métodos de pulverização	Tamanho de gota	Total de índices volumétricos avaliados por população	Total de índices volumétricos com resultados insatisfatórios		
			Regiões das populações de <i>Tuta absoluta</i>		
			Viçosa MG	Santa Tereza ES	Goianápolis GO
Hidráulico	Fina	5	0	1	5
	Média	5	0	0	1
	Grossa	5	0	1	3
Pneumático	Muito Fina/Fina	3	0	0	0

Fonte: O autor.

Portanto, ao avaliar a probabilidade de falha no controle químico para cada população, não foi observado probabilidade de falha para os tamanhos de gotas e tipos de pulverizações propostas para a população de *Tuta absoluta* originada da região de Viçosa – MG com DSL_{80} de 3,21 ng cm⁻² de i.a.. Para a população originada da região de Santa Tereza – ES com DSL_{80} de 7,44 ng cm⁻² de i.a., as probabilidades de falhas ocorreram no IV de 41 mL m⁻³ para as pulverizações hidráulicas com gotas grossas e finas e, para população Goianápolis – GO com DSL_{80} de 12,87 ng cm⁻² de i.a., ocorreram em todos os índices volumétricos para gota fina, no IV de 73 mL m⁻³ utilizando gota média e nos índices volumétricos de 41, 52 e 73 mL m⁻³ utilizando gota grossa. Portanto, este comportamento aponta que a tecnologia de aplicação deve ser ajustada conforme o nível de resistência da população de *Tuta absoluta*.

Diante disso, podemos inferir que foi possível obter diferentes classes de tamanho de gotas para uma mesma taxa de aplicação, sendo a recíproca verdadeira, sem comprometer a deposição pelo dossel do tomateiro nas concentrações mínimas necessárias para o controle de diferentes populações de *Tuta absoluta*. No entanto, a neutralização da probabilidade de falha associada ao controle da espécie foi acompanhada da correção na concentração do ingrediente ativo na solução aplicada, conforme aumentou a resistência da população à Abamectina. Essa constatação sugere maior versatilidade para os programas de pulverização associados ao controle químico da espécie e pode auxiliar os programas de manejo favorecendo o atraso do desenvolvimento de populações resistentes, pelo menos, no tocante à redução da transferência de concentrações subletais.

Contudo, é importante destacar que a maior eficiência no uso da água foi obtida ao utilizar a pulverização pneumática com índice volumétrico de 8 mL m⁻³ independentemente das populações de *Tuta absoluta*. Nesse sentido, caso o programa de pulverização tivesse como demanda o menor consumo de água entre os índices volumétricos disponíveis, a economia poderia alcançar 84 % ao comparar com o menor índice volumétrico proposto pelo fabricante (51 mL m⁻³). Além disso, esse consumo de água será aliado ao maior rendimento operacional e menor gasto de energia.

Não menos importante, existe a preocupação eminente com os efeitos do uso intensivo de inseticidas sobre organismos não alvos, principalmente, os inimigos naturais. Alguns pesquisadores já relatam toxicidades à inimigos naturais com o uso de Abamectina, porém, adotando concentrações padrão e constante do ingrediente ativo (BARROS et al., 2015; PEREIRA et al., 2014). Assim, apesar de não terem sido avaliados esses efeitos neste estudo, deve-se atentar às recomendações de concentrações elevadas, principalmente como foi observado nos menores volumes para as populações mais resistentes com riscos de potencializar alterações na seletividade aos inimigos naturais.

Diante disso, programas de pulverizações podem considerar a demanda por menor concentração de i.a. na calda de aplicação e, no presente trabalho, a maior eficiência para o controle da população de *Tuta absoluta* da região de Viçosa foi obtida ao utilizar o índice volumétrico de 31 mL m⁻³ com gota fina ou média. Já para população originada da região de Santa Tereza, nos índices volumétricos de 62 e 73 mL m⁻³ com gotas médias ou 62 mL m⁻³ com gotas grossas. E para população originada da região de Goianápolis, a maior eficiência foi observada para o índice volumétrico de 62 mL m⁻³ com gotas médias.

Se ainda o programa de pulverização considerar como fator limitante a menor quantidade de i.a. por volume de copa, as maiores eficiências para controle da população de *Tuta absoluta* originada da região de Viçosa foram obtidas com pulverização hidráulica com gotas finas ou média e IV de 31 mL m⁻³. Já para as populações Santa Tereza e Goianápolis a maior eficiência nesse quesito foi obtida ao utilizar a pulverização pneumática com índice volumétrico de 17 mL m⁻³.

Nesse contexto é importante destacar que, por ter utilizado os menores volumes de calda nas pulverizações pneumáticas, as concentrações corrigidas foram as mais elevadas nesses tratamentos. Além disso, por mais que as densidades de

gotas sugerem melhor distribuição do volume depositado, que variaram de 60 a 200 gotas cm^{-2} entre os índices volumétricos, a porcentagem de cobertura média (3,49 %) foi muito inferior aos valores apresentados pelas pulverizações hidráulicas, independentes dos volumes e das classes de tamanho das gotas.

Para Ebert e Downer (2006) essa constatação pode ser um inconveniente na distribuição de pesticidas pois, segundo os autores, as deposições de inseticidas em altas concentrações resultam na diminuição do tamanho ou do número dos depósitos e como consequência, diminui a probabilidade de o inseto entrar em contato com a região tratada. Além disso, superconcentrações podem causar queimaduras nas folhas o que afeta não só a disponibilidade do ingrediente ativo como também danifica o tecido vegetal.

No entanto, estudos preliminares e apresentados no capítulo anterior deste trabalho, foram de encontro aos relatos dos últimos autores uma vez que o tratamento químico com abamectina de folhas do tomate utilizando pulverização pneumática e em concentrações elevadas produziram mortalidades de *Tuta absoluta* equivalentes à testemunha (100%) e não foram observadas queimaduras no tecido vegetal. Porém, estes resultados foram alcançados dispendo de densidade de gotas com 256 gotas cm^{-2} e 14,8 % de cobertura.

Vale ressaltar, que as avaliações da probabilidade de falha neste estudo se restringiram ao volume retido no alvo químico e com a simulação da concentração mínima depositada nas folhas do tomateiro e, portanto, não considerou o comportamento biológico da espécie frente à exposição à calda inseticida. Entretanto, já é conhecido que o comportamento biológico pode ser diferenciado de acordo com as modificações da concentração e da estrutura dos depósitos proporcionados pelas variações dos parâmetros da pulverização, como tamanho de gota e volume, propostos neste estudo (ABDALA, 1984; EBERT et al., 1999ab; MARTINI et al., 2012; SALLOUM, 2019).

Dessa forma, são necessários estudos futuros aplicando a abordagem proposta neste trabalho, verificando os efeitos das correções das concentrações sobre o comportamento biológico das pragas e inimigos naturais. Ou até mesmo, conduzir as aplicações em campo na presença das populações investigadas.

6 CONCLUSÕES

O incremento dos níveis de resistência entre as populações de *Tuta absoluta* influenciou a probabilidade de falha para os tratamentos químicos utilizando a pulverização hidráulica e não influenciou para a pulverização pneumática, para a qual, não houve probabilidade de falha no controle da espécie.

Em função dos índices volumétricos a maior probabilidade de falha, associada ao controle químico com abamectina de populações de *Tuta absoluta* com diferentes níveis de resistência, foi obtida pela pulverização hidráulica com gotas finas seguida pelas pulverizações hidráulicas com gotas grossas e médias respectivamente.

O tratamento químico utilizando pulverização hidráulica com gotas finas se mostrou ineficiente para o controle da população de *Tuta absoluta* mais resistente (DSL₈₀ de 12, 87 ng cm⁻²) em todos os índices volumétricos propostos.

O emprego da pulverização pneumática com gotas muito finas, além de eficiente, proporcionou a maior redução no volume aplicado (80 L ha⁻¹) quando comparado ao menor volume recomendado pelo fabricante (500 L ha⁻¹), ou seja, redução de 84 %.

Além dos métodos de pulverização e do tamanho de gotas, o nível de resistência entre as populações da espécie alvo devem ser consideradas nos programas de pulverização.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDALLA, M. R. **A biological study of the spread of pesticides from small droplets**. Thesis (Doctor of Philosophy in Entomology and Insect Pathology) – University of London, Glasshouse Crops Research Institute, 220p. 1984.

AGÊNCIA EMBRAPA DE INFORMAÇÃO TECNOLÓGICA. AGEITEC: Árvore do conhecimento-Tomate-tratos culturais. Brasília, Distrito Federal, 2021. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/tomate/arvore/CONT000fa2qor2r02wx5eo01xezlschcwkfx5.html>. Acesso em: 08/06/2021.

AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL AND BIOLOGICAL ENGINEERS. **ASABE Standard S-572: Spray nozzle classification by droplet spectra**. St. Joseph, Michigan, 2011.

BARROS, E. C.; BACCI, L.; PICANCO, M. C.; MARTINS, J. C.; ROSADO, J. F.; SILVA, G. A. Physiological selectivity and activity reduction of insecticides by rainfall to predatory wasps of *Tuta absoluta*. **Journal of Environmental Science and Health, Part B**, v. 50, n. 1, p. 45-54, 2015.

BIONDI, A.; GUEDES, R. N. C.; WAN, F. H.; DESNEUX, N. Ecology, worldwide spread, and management of the invasive South American tomato pinworm, *Tuta absoluta*: past, present, and future. **Annual Review of Entomology**, v. 63, p. 239-258, 2018.

BYERS, R.E.; HICKEY, K.D.; HILL, C.H. Base gallonage per acre. **Virginia Fruit**, v. 60, p. 19-23, 1971.

CARVALHO, J. R.; PRATISSOLI, D.; VIANNA, U. R.; HOLTZ, A. M. **Análise de probit aplicada a bioensaios com insetos**. Colatina: IFES, 2017. 102p.

EBERT, T. A., TAYLOR, R. A. J., DOWNER, R. A., & HALL, F. R. Deposit structure and efficacy of pesticide application. 2: *Trichoplusia ni* control on cabbage with fipronil. **Pesticide science**, v.55, n.8, 793-798, 1999b.

EBERT, T. A.; DOWNER, R. A. A different look at experiments on pesticide distribution. **Crop Protection**, v. 25, n. 4, p. 299-309, 2006.

EBERT, T. A.; TAYLOR, R. A. J.; DOWNER, R. A.; & HALL, F. R. Deposit structure and efficacy of pesticide application. 1: Interactions between deposit size, toxicant concentration and deposit number. **Pesticide Science**, v.55, n.8, 783-792, 1999a.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. EMBRAPA Meio ambiente: GOTAS - Programa de calibração de pulverização. Jaguariúna, São Paulo, 2000. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/1421/gotas---programa-de-calibracao-de-pulverizacao---gotas>. Acesso em: 10/05/2021.

FERGUSON, J. C.; CHECHETTO, R. G.; HEWITT, A. J.; CHAUHAN, B. S.; ADKINS, S. W.; KRUGER, G. R.; O'DONNELL, C. C. Assessing the deposition and canopy

penetration of nozzles with different spray qualities in an oat (*Avena sativa* L.) canopy. **Crop Protection**, v. 81, p. 14-19, 2016a.

FERGUSON, J. C.; HEWITT, A. J.; O'DONNELL, C. C. Pressure, droplet size classification, and nozzle arrangement effects on coverage and droplet number density using air-inclusion dual fan nozzles for pesticide applications. **Crop Protection**, v. 89, p. 231-238, 2016b.

GONTIJO, P. C.; PICANÇO, M. C.; PEREIRA, E. J. G.; MARTINS, J. C.; CHEDIK, M.; GUEDES, R. N. C. Spatial and temporal variation in the control failure likelihood of the tomato leaf miner, *Tuta absoluta*. **Annals of applied biology**, v. 162, n. 1, p. 50-59, 2013.

GUEDES, R. N. C.; RODITAKIS, E.; CAMPOS, M. R.; HADDI, K.; BIELZA, P.; SIQUEIRA, H. A. A.; TSAGKARAKOU, A.; VONTAS, J.; NAUEN, R. Insecticide resistance in the tomato pinworm *Tuta absoluta*: patterns, spread, mechanisms, management and outlook. **Journal of Pest Science**, v. 92, p. 1329–1342, 2019.

GUEDES, R. N. C.; WALSE, S. S.; THRONE, J. E. Sublethal exposure, insecticide resistance, and community stress. **Current opinion in insect science**, v. 21, p. 47-53, 2017.

MACIEL, C. F. S.; TEIXEIRA, M. M.; FERNANDES, H. C.; DA VITÓRIA, E. L.; CECON, P. R. Distribuição volumétrica e espectro de gotas das pontas hidráulicas LD 11002 e MAG-2. **Revista engenharia na agricultura**, v. 25, n. 3, p. 183-199, 2017.

MARTINI, X.; KINCY, N.; NANSEN, C. Quantitative impact assessment of spray coverage and pest behavior on contact pesticide performance. **Pest management science**, v. 68, n. 11, p. 1471-1477, 2012.

MATTHEWS, G. BATEMAN, R. MILLER, P. **Pesticide application methods**. 4. ed. John Wiley & Sons. 517 p. 2014.

MIRANDA-FUENTES, A.; LLORENS, J.; RODRIGUEZ-LIZANA, A.; CUENCA, A.; GIL, E.; BLANCO-ROLDÁN, G. L.; GIL-RIBES, J. A. Assessing the optimal liquid volume to be sprayed on isolated olive trees according to their canopy volumes. **Science of the Total Environment**, v. 568, p. 296-305, 2016.

Nozad-Bonab, Z.; Hejazi, M. J.; Iranipour, S.; Arzanlou, M. Lethal and sublethal effects of some chemical and biological insecticides on *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) eggs and neonates. **Journal of economic entomology**, v. 110, n. 3, p. 1138-1144, 2017.

PAIXÃO, G. P. **Caracterização de pulverizadores para aplicação de defensivos agrícolas na cultura do café**. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, UFV, 44p. 2016.

PALLADINI, L. A.; RAETANO, C. G.; VELINI, E. D. Choice of tracers for the evaluation of spray deposits. **Scientia Agricola**, v. 62, n. 5, p. 440-445, 2005.

PEREIRA, R. R.; PICANÇO, M. C.; SANTANA JR, P. A.; MOREIRA, S. S.; GUEDES, R. N.; CORRÊA, A. S. Insecticide toxicity and walking response of three pirate bug predators of the tomato leaf miner *Tuta absoluta*. **Agricultural and Forest Entomology**, v. 16, n. 3, p. 293-301, 2014.

RODITAKIS, E.; VASAKIS, E.; GARCIA-VIDAL, L.; DEL ROSARIO MARTÍNEZ-AGUIRRE, M.; RISON, J. L.; HAXAIRE-LUTUN, M. O.; NAUEN, R.; TSAGKARAKOU, A.; BIELZA, P. A four-year survey on insecticide resistance and likelihood of chemical control failure for tomato leaf miner *Tuta absoluta* in the European/Asian region. **Journal of Pest Science**, v. 91, n. 1, p. 421-435, 2018.

SALLOUM, W. M. Effect of sprayer, nozzle types and spraying volume on efficacy of chemical compounds against tomato leafminer *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) infesting tomato. **Egyptian Journal of Plant Protection Research Institute**, v. 2, n. 2, p. 247-255, 2019.

SANTANA, P. A.; KUMAR, L.; DA SILVA, R. S.; PICANÇO, M. C. Global geographic distribution of *Tuta absoluta* as affected by climate change. **Journal of Pest Science**, v. 92, n. 4, p. 1373-1385, 2019.

SASAKI, R. S.; TEIXEIRA M. M.; FERNANDES, H. C.; MONTEIRO, P. M. B.; RODRIGUES, D. E. Deposição e uniformidade de distribuição da calda de aplicação em plantas de café utilizando a pulverização eletrostática. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.43, n.9, p. 1605-1609, 2013.

SILVA, G. A. **Resistência a inseticidas e falhas no controle de *Tuta absoluta***. Dissertação (Mestrado em Entomologia) – Universidade Federal de Viçosa, UFV, 41p. 2009.

SILVA, G. A.; PICANÇO, M. C.; BACCI, L.; CRESPO, A. L. B; ROSADO, J. F.; GUEDES, R. N. C. Control failure likelihood and spatial dependence of insecticide resistance in the tomato pinworm, *Tuta absoluta*. **Pest management science**, v. 67, n. 8, p. 913-920, 2011.

SILVA, S. M.; NOGUEIRA, P. A. M.; DIAS, R. S.; JORGE, G. L.; & MACHADO, W. A. Nota técnica: inspeção de pulverizadores e qualidade na aplicação de produtos fitossanitários. **Engenharia na Agricultura**, v. 24, n.5, p. 439-449, 2017.

SIQUEIRA, H. A. A.; GUEDES, R. N. C.; FRAGOSO, D. D. B.; MAGALHAES, L. C. Abamectin resistance and synergism in Brazilian populations of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). **International Journal of Pest Management**, v. 47, n. 4, p. 247-251, 2001.

SIQUEIRA, H. A. A.; GUEDES, R. N. C.; PICANÇO, M. C. Insecticide resistance in populations of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). **Agricultural and Forest Entomology**, v. 2, n. 2, p. 147-153, 2000.

VIANA, R. G.; FERREIRA, L. R.; FERREIRA, M. C.; TEIXEIRA, M. M.; ROSELL, J. R.; TUFFI SANTOS, L. D.; MACHADO, A. F. L. Volumetric distribution and droplet spectrum by low drift spray nozzles. **Planta Daninha**, v. 28, n. 2, p. 439-446, 2010.

ZIBAEI, I.; ESMAEILI, M. Effect of sublethal doses of abamectin on demographic traits of tomato leafminer *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera: Gelechiidae). **Journal of plant protection research**, 2017.