

## **Espalhamento e evaporação de produtos fitossanitários em tomateiro**

### **Wetting and evaporation of pesticide on tomato leaves**

DOI:10.34117/bjdv8n4-136

Recebimento dos originais: 21/02/2022

Aceitação para publicação: 31/03/2022

#### **Carolina Marques de Campli**

Mestre em Agronomia

Instituição: Centro Universitário do Sudoeste Paulista - UniFSP

Endereço: BR 369, km 54, Vila Maria, Bandeirantes PR, CEP:86360-000

E-mail: carolinamarques00@hotmail.com

#### **Rone Batista de Oliveira**

Doutor em Agronomia

Instituição: Universidade Estadual do Norte do Paraná-UENP

Endereço: BR 369, km 54, Vila Maria, UENP, Bandeirantes PR, CEP:86360-000

E-mail: rone@uenp.edu.br

#### **João Pereira Torres**

Doutor em Agronomia

Instituição: Universidade Estadual do Norte do Paraná-UENP

Endereço: BR 369, km 54, Vila Maria, UENP, Bandeirantes PR, CEP:86360-000

E-mail: jptorres@uenp.edu.br

#### **Marco Antonio Gandolfo**

Doutor em Agronomia

Instituição: Universidade Estadual do Norte do Paraná-UENP

Endereço: BR 369, km 54, Vila Maria, UENP, Bandeirantes PR, CEP:86360-000

E-mail: gandolfo@uenp.edu.br

#### **Alessandra Fagioli da Silva**

Doutora em Agronomia

Instituição: Agrovidência

Endereço: Rua Wantuil Goulart Barbosa, 361, Bandeirantes PR, CEP:86360-000

E-mail: alefagioli@hotmail.com

#### **Valdir Lopes**

Mestre em Agronomia

Instituição: Universidade Estadual do Norte do Paraná-UENP

Endereço: BR 369, km 54, Vila Maria, UENP, Bandeirantes PR, CEP:86360-000

E-mail: valdirlopes@uenp.edu.br

### **RESUMO**

A condição meteorológica no momento da aplicação e o tipo de produtos fitossanitários são determinantes nos processos físicos de evaporação e molhamento foliar do tomateiro. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes soluções de produtos fitossanitários no espalhamento e tempo de evaporação de gotas após a sua deposição em

folhas de tomateiro em duas combinações de temperatura e umidade relativa do ar. Gotas de 1000 µm de diâmetro foram depositadas na superfície adaxial de folhas de tomateiro em duas condições meteorológicas (31,5°C e 35%UR e 25°C e 75%UR). As soluções utilizadas foram: fungicida (CabrioTop®), inseticidas (Nomolt®150 e Pirate®) e a mistura do fungicida e inseticidas com os adubos foliares, BoroSuper®, CalSuper® e FoliFósforo®. Imagens sequenciais foram capturadas para quantificar a área de espalhamento e o tempo de evaporação das gotas. Os resultados indicam que a área de molhamento sofre influência do tipo de calda utilizada e que a mistura de produtos, comumente feita por produtores de tomate, proporciona uma melhora significativa do espalhamento. O aumento da temperatura e a redução da umidade relativa do ar, condições meteorológicas frequentes dentro de estufas de produção, aumentam a área de molhamento e reduz o tempo de evaporação de gotas.

**Palavras-chave:** fitossanidade, tecnologia de aplicação, análise sequencial de imagens.

### ABSTRACT

The weather condition in the moment of application and type of the pesticide are crucial in the evaporation time and wetted area on tomato leaves. The aim of this research was to evaluate the effect of different pesticide solutions in the evaporation time and wetted area after droplets was deposited on tomato leaves. Droplets measuring 1000 µm in diameter and containing the pesticide solutions were deposited on adaxial tomato leaves at two conditions of temperature and relative humidity: 31.5°C and 35%, 25°C and 75%. The pesticide solutions was: Fungicide (CabrioTop®), insecticide (Nomolt®150 e Pirate®) and spray mixture from all fungicide and insecticide with foliar fertilize BoroSuper, CalSuper and FoliFosfor. The sequential image was utilized to quantify wetted area and evaporation time. This result shows that wetted area was influenced by pesticide utilized and weather condition and the spray mixture of pesticide it is commonly made in the production of tomato provided a significant improvement in the foliar wetted area. The increased of temperature and reduce of relative humidity that is used frequently inside of greenhouse production increase the droplet wetted area and reduce the evaporation time.

**Keywords:** phytosanitary, application technology, sequential image analysis.

## 1 INTRODUÇÃO

No cultivo do tomateiro utilizam grande número de aplicações de produtos fitossanitários para o controle de pragas e doenças como forma de garantir melhor produtividade. Com isso, conhecer a forma como esses produtos se comportam em diferentes condições meteorológicas torna-se fundamental para determinar o melhor momento para fazer as aplicações minimizando perdas e riscos de contaminação ambiental.

A calda de pulverização e a superfície alvo são determinantes no molhamento e na evaporação das gotas após a deposição. O molhamento e a evaporação de gotas interferem nos processos de deposição e eficiência dos produtos pois impactam

diretamente no grau de interação entre a calda de fungicida e a superfície alvo e, conseqüentemente na distribuição do fungicida e na proteção foliar (Precipito et al., 2018).

Insetos-pragas, doenças e plantas daninhas ocorrem simultaneamente nas áreas de produção agrícola, tornando comum a mistura de produtos fitossanitários e afins no tanque de pulverização, imediatamente antes da aplicação (Oliveira et al., 2021). A mistura de produtos fitossanitários em tanque é realidade a campo. Em pesquisa realizada por Gazziero (2015), em 17 estados do Brasil, constatou-se que 97% dos entrevistados utilizavam misturas em tanque e que, em 95% destas, utilizavam-se entre dois a cinco produtos.

A absorção e eficiência da pulverização estão diretamente relacionadas ao espalhamento e evaporação das gotas depositadas e podem ser reduzidas se o ingrediente ativo não se espalhar uniformemente sobre o alvo (Xu et al., 2010). O tempo de evaporação de gotas em superfícies de plantas é inversamente proporcional ao espalhamento, e esses processos são determinados tanto pelas propriedades físicas e químicas das formulações, como pelas características da superfície de deposição da gota (Oliveira et al., 2015).

Para o cultivo do tomateiro, existe uma diversidade de sistemas de produção que variam de acordo com a região, com o poder aquisitivo do produtor, com a classificação quanto ao grupo a que pertence o tomateiro, com o hábito de crescimento e com a cultivar. O sistema de produção de tomate mais praticado no Brasil é a campo aberto, com pequenas variações regionais que não chegam a descaracterizá-lo. Muito usado em alguns países da Europa, o sistema de cultivo protegido vem apresentando no Brasil um incremento na área plantada, principalmente a partir da última década (Alvarenga, 2004).

O potencial de espalhamento e evaporação das misturas dos produtos fitossanitários em superfícies foliares de olerícolas é desconhecido e a análise sequencial de imagens de gotas pode contribuir no entendimento dos processos físicos que ocorrem na interação entre as misturas e os adjuvantes com as superfícies.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes soluções de produtos fitossanitários no espalhamento e tempo de evaporação de gotas após a sua deposição em folhas de tomateiro em duas combinações de temperatura e umidade relativa do ar.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

Esta pesquisa foi desenvolvida no Núcleo de Investigação em Tecnologia de Aplicação de Agrotóxicos e Máquinas Agrícolas (NITEC), pertencente à Universidade Estadual do Norte do Paraná (UENP) Campus “Luiz Meneghel”, município de Bandeirantes – PR.

Neste experimento foi avaliado a área de molhamento e o tempo de evaporação de gotas depositadas em folhas do tomateiro sob condições controladas de duas combinações de temperatura e de umidade relativa do ar. A escolha dos produtos utilizados foi baseada nas formulações que são frequentemente utilizadas pelos produtores de tomate nas estufas da região do município de Bandeirantes-PR. As plantas e as amostras de folhas usadas na pesquisa foram retiradas de ramos “ladrões” coletados semanalmente das estufas de um produtor.

Foram utilizados um fungicida (Cabrio®Top), dois inseticidas (Nomolt®150 e Pirate®) e três adubos foliares (CalSuper, BoroSuper e FoliFósforo), na dose recomendada pelo fabricante e a concentração simulada para a taxa de aplicação de 1000 L/ha. A caracterização das caldas e dos produtos utilizados no experimento estão apresentados no Quadro 1.

Quadro 1. Descrição dos produtos utilizados no experimento.

Tratamentos	Produtos	Formulações	Modo de ação	Componentes principais	Doses
T1	Cabrio®top	GD	C+S	Metiram + Piraclostrobina	2,00 g L <sup>-1</sup>
T2	Nomolt®150	SC	C	Teflubenzurom	0,25 mL L <sup>-1</sup>
T3	Pirate®	SC	C	Clorfenapir	0,25 mL L <sup>-1</sup>
T4	Mistura	-	-	-	25,0 mL L <sup>-1</sup>

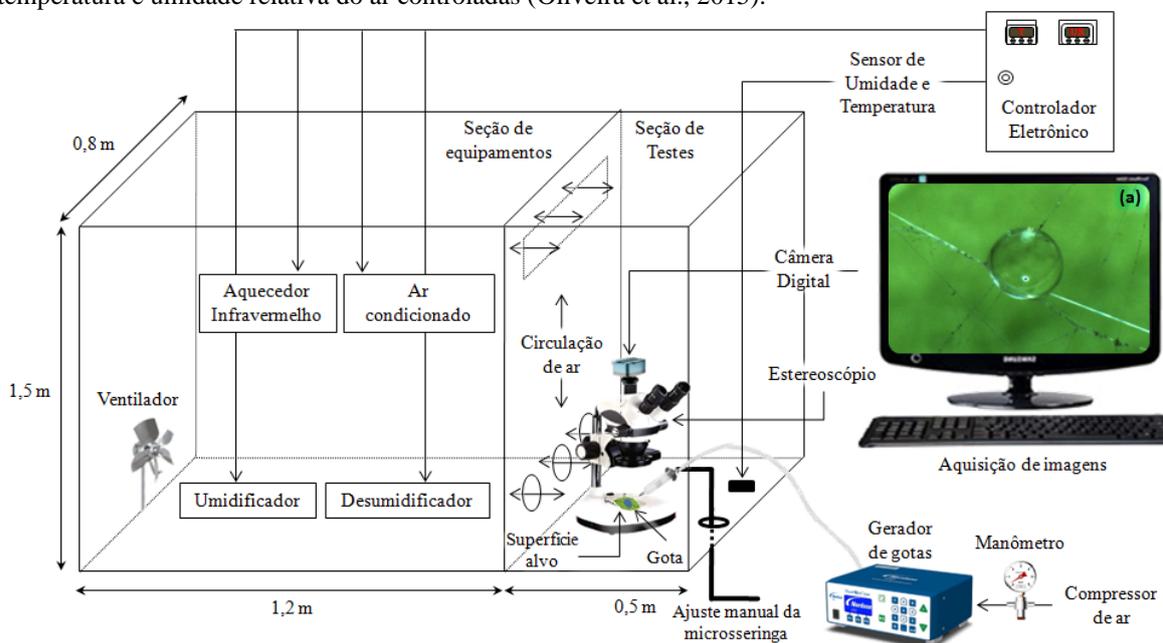
\*GD: Grânulo dispersível; SC: Suspensão concentrada; SH: Suspensão homogênea; SV: Solução verdadeira. S: Sistêmico; C: Contato. Mistura = Cabrio®Top + Nomolt®150 + Cal Super (25 mL L<sup>-1</sup>) + BoroSuper (3,5 mL L<sup>-1</sup>) + FoliFósfor (7,5 mL L<sup>-1</sup>).

As soluções de produtos fitossanitários foram preparadas com água destilada, momentos antes de serem utilizadas e foram condicionadas em balões volumétricos de 1 litro. Para cada uma das soluções preparadas foi determinada a tensão superficial pelo método gravimétrico considerando o peso de gotas da água destilada como 72,6 mN m<sup>-1</sup>, conforme metodologia utilizada por Oliveira e Antuniassi (2012).

A área de molhamento e o tempo de evaporação, assim como a aferição do tamanho de gotas geradas, foram determinados sob duas condições meteorológicas: 31,5°C de temperatura e 35% de umidade relativa do ar e 25°C de temperatura e 75% de

umidade relativa do ar com variação máxima de temperatura de  $\pm 1,5^\circ \text{C}$  e a umidade relativa do ar de  $\pm 3\%$ , utilizando uma câmara climática com dimensões de 1,7 x 1,5 x 0,8 m de comprimento, altura, profundidade, respectivamente, com seção de testes de 0,5 x 1,5 x 0,8 m, construída de material isolante térmico (PVC expandido). As alterações da umidade relativa do ar foram realizadas por aparelho umidificador e desumidificador e da temperatura por um aparelho ar condicionado e um aparelho aquecedor infravermelho. O sistema de controle é composto por sensores de temperatura e umidade com capacidade de medição com precisão e automatizado por um controlador lógico programável (CLP). A câmara é dividida em dois ambientes: ambiente 1: depósito dos equipamentos e formação da condição meteorológica desejada; ambiente 2: seção de testes. Após o ambiente ficar em equilíbrio na condição de temperatura e umidade relativa do ar desejadas na seção de testes, com o sistema fechado são realizados os ensaios. A seção de testes contém um equipamento estereoscópio equipado com uma câmera digital de alta definição para visualização superior do alvo e um software para captura, tratamento e mensuração de imagens sequenciais das gotas (Figura 1).

Figura 1. Sistema desenvolvido para determinação da evaporação e molhamento em condições de temperatura e umidade relativa do ar controladas (Oliveira et al., 2015).



As gotas de 1000  $\mu\text{m}$  de diâmetro foram produzidas por um equipamento gerador de gotas baseado no tempo de expulsão da gota, pressão do ar e vácuo (Model Ultimius V, EFD Inc; East Providence, RI), e conectado por um tubo flexível a uma microseringa, de dimensões 7,3 cm de comprimento e 1,1 cm de diâmetro interno e com capacidade

para 4,5 mL de líquido.

Para a calibração do tamanho das gotas, foram depositadas 20 gotas sobre fios de seda fixados a um suporte, o que permitiu que esta permanecesse em formato esférico para mensuração de seu diâmetro (Figura 2).

Altera-se o tempo de expulsão, pressão e vácuo do gerador de gotas até que as gotas formadas estejam com diâmetro médio de 1000  $\mu\text{m}$  com variação de  $\pm 25 \mu\text{m}$ . Esta calibração e aferição foi feita para cada uma das soluções dos produtos fitossanitários para que todas as gotas sejam analisadas com o mesmo tamanho. A gota sobre o fio de seda foi visualizada por um estereoscópio com zoom de 1,5x e ampliações na faixa de 10x por meio de combinação de objetivas e oculares especiais (Bel Engineering®) acoplado a uma câmera digital originando imagens do tipo Bitmap, com resolução de 1260 x 960. O diâmetro da gota foi mensurada, em mm, com a função linha do software Iscapture 2.2.1 (SCIENON TECHNOLOGY CO. LTDA) que acompanha a câmera usada para captura das imagens. O programa foi calibrado com uma imagem de uma régua de 0,01  $\mu\text{m}$  na mesma objetiva de aumento e zoom utilizados na captura de imagens.

Figura 2. Calibração do tamanho de gotas em fios de seda para padronização da configuração do gerador de gotas.



Para o estudo da área de molhamento e tempo de evaporação, gotas de 1000  $\mu\text{m}$  de diâmetro foram depositadas sobre as superfícies. A partir da deposição da gota iniciava-se a captura sequencial de imagens, com vista superior da gota, em intervalos de 1 s até a total evaporação do líquido da gota restando apenas os sólidos da solução sobre a superfície.

A área de molhamento da gota foi mensurada, em  $\text{mm}^2$ , com o software Iscapture 2.2.1, no qual foram delimitados as bordas das gotas usando a função polígono, sendo mensurada a gota correspondente à área máxima de cada repetição. O programa foi calibrado com uma imagem de uma régua de 0,01  $\mu\text{m}$  na mesma objetiva de aumento e

zoom utilizados na captura de imagens. O tempo de evaporação foi mensurado por meio do intervalo entre a deposição da gota e a extinção da parte líquida registrados pelas imagens sequenciais capturadas durante a evaporação. Dessa forma, o tempo de evaporação foi calculado pela contagem do número de imagens multiplicado pelo intervalo entre imagens, conforme metodologia desenvolvida por Zhu et al. (2008).

O delineamento foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4 x 2, contendo quatro soluções de produtos fitossanitários em duas condições meteorológicas, totalizando 8 tratamentos, com cinco repetições. A normalidade dos dados foi verificada pelo teste de Shapiro-Wilk ( $P < 0,05$ ) e a homogeneidade de variância pelo teste de Levene. Foi aplicada a análise de variância pelo teste F e as médias da interação significativa para o tempo de evaporação foram comparada pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade e as médias dos fatores isolados para área de molhamento foram comparadas pelo Intervalo de Confiança ( $IC_{95\%}$ ).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As caldas de pulverização e as condições meteorológicas, isolados e em interação, influenciaram de maneiras diferentes as variáveis área de molhamento e tempo de evaporação de gotas (Quadro 2). Houve interação entre o tipo de calda e as condições meteorológicas para o tempo de evaporação das gotas, indicando que o processo de evaporação de gotas é determinado tanto pelas propriedades físico-químicas das caldas de pulverização, como pelas condições de temperatura e umidade relativa do ar após deposição das gotas nas folhas do tomateiro.

Quadro 2. Resumo da análise de variância para área de molhamento e tempo evaporação na interação entre produtos fitossanitários e condições meteorológicas, Bandeirantes/PR, Brasil, 2016.

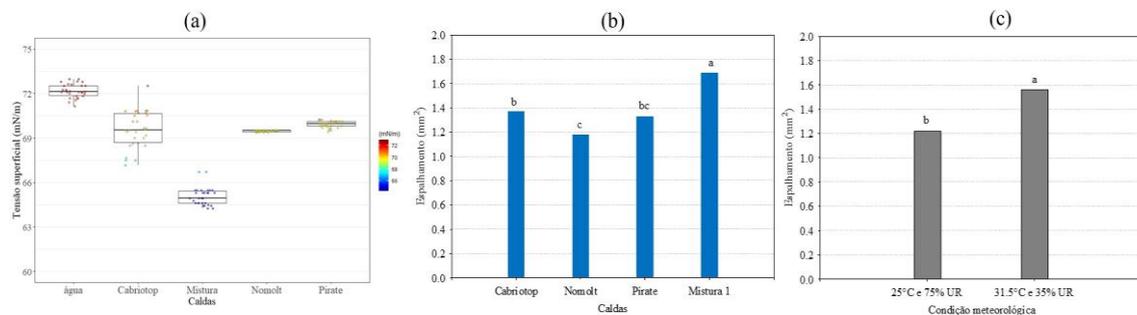
Fontes de Variação	Área de Molhamento (mm <sup>2</sup> )			Tempo de evaporação (s)		
	SQ	QM	F	SQ	QM	F
CA	1,45	0,36	2,95*	10339128,00	2584782,00	443,10*
CM	1,20	1,20	9,80*	15162423,00	15162423,00	2599,23*
CAxCM	0,26	0,06	0,54	9326249,00	23311562,00	399,69*
CV (%)	27,90			4,33		

CA – Calda aplicada; CM: Condição Meteorológica; SQ – Soma de Quadrado; QM – Quadrado Médio; \*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; CV (%): coeficiente de variação.

Os fatores isolados, soluções e condições meteorológicas, influenciaram significativamente a área de molhamento de gotas, porém, não houve interação desses fatores. Assim, para a variável área de molhamento, esses fatores foram discutidos separadamente, conforme a Figura 3.

A calda constituída pela mistura proporcionou menor tensão superficial em comparação com as demais caldas, e, conseqüentemente maior espalhamento das gotas no alvo. Além disso, a mistura de tanque melhorou o desempenho do fungicida Cabrio®Top e do inseticida Nomolt®150. Em comparação à aplicação de um produto isolado, as misturas podem apresentar vantagens devido ao aumento da eficiência contra os organismos alvo e a diminuição das quantidades aplicadas e dos custos (Gazziero, 2015).

Figura 3. Tensão superficial (a), espalhamento de gotas provenientes das caldas (b) e nas duas condições de temperatura e umidade relativa do ar (c). Letras iguais não apresentam diferença significativa pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ) na comparação das caldas e pelo teste de *Student* ( $p < 0,05$ ) para comparação entre as condições meteorológicas.



O aumento da área de molhamento observado na calda mistura tem grande importância na aplicação desses produtos, pois está relacionada com a penetração e distribuição dos produtos fitossanitários que influencia diretamente no controle de pragas em geral. Quanto maior o espalhamento, melhor a distribuição do produto fitossanitário na superfície foliar e, portanto, melhor cobertura. Muitas vezes a eficácia de um pesticida está relacionada com a sua área de propagação e tempo de evaporação de gotas em uma superfície foliar, que pode ser reduzida se as gotículas de ingredientes ativos não forem uniformemente espalhadas e permanecerem sobre a superfície das folhas, especialmente sobre as superfícies foliares de difícil molhamento (Xu et al., 2010).

Quanto ao modo de ação dos produtos fitossanitários, o espalhamento de gotas é ainda mais importante para os produtos de contato como neste caso do Nomolt®150 e o Pirate®. Esses produtos por não serem absorvidos e, portanto, não translocados na planta, só atuam onde forem distribuídos pelo processo de pulverização. Eles permanecem na superfície foliar e estabelecem uma película química e o espalhamento de gotas aumenta a chance de contato com as pragas, insetos ou microrganismos patogênicos. Os fungicidas de contato caracterizam-se por formar uma película protetora na superfície da planta, que

impede a penetração do patógeno (Tofoli et al., 2012). Produtos com ação de contato geralmente necessitam de maior cobertura do alvo que os sistêmicos, por isso precisam de maior volume de calda.

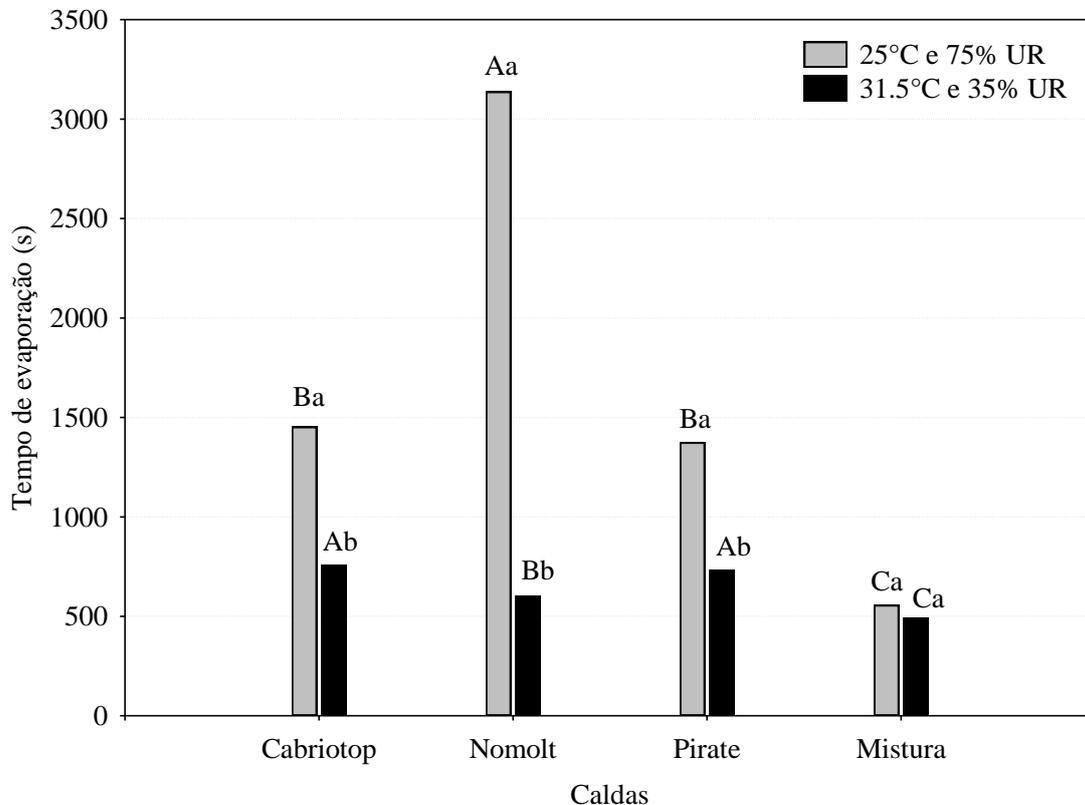
A distribuição dos produtos nas folhas tem grande influência sobre a aplicação dos adubos foliares, como o CalSuper®, BoroSuper® e FoliFósforo® utilizados na mistura, pois esses produtos geralmente são fornecidos em altas concentrações para garantir a absorção pela folha. Normalmente são fornecidas concentrações relativamente altas de nutrientes na adubação foliar, sendo que o veículo aquoso se evapora em um curto espaço de tempo. A área de molhamento de gotas aumentou para todas as soluções com o aumento da temperatura e com o decréscimo da umidade relativa do ar (Figura 3). A temperatura no momento da aplicação influencia o espalhamento de gotas de pulverização que está diretamente relacionado com a tensão superficial das soluções. Para o tempo de evaporação de gotas, os dados dos fatores isolados e em interação apresentaram significância, portanto, o tempo de evaporação de gotas de pulverização, depositadas em superfície, foi dependente da condição de ambiente e do produto utilizado, com isso serão analisados em conjunto (Quadro 2).

O tempo de evaporação de gotas observados\_ nessa pesquisa tem grande importância para o cultivo protegido, tendo forte influência na atuação dos produtos fitossanitários na planta. Segundo Precipito et al., (2018), a superfície foliar do tomateiro apresenta tricomas não glandulares que podem ter sido barreiras no espalhamento da gota que predispõe as gotas ficarem suspensas sobre a camada de tricomas. Também o tempo de evaporação de gotas é uma preocupação frequente dos produtores pois envolve múltiplos processos de perdas, o que acaba interferindo na penetração dos produtos fitossanitários. A absorção e a translocação do ingrediente ativo são influenciadas pelo tempo de evaporação de gotas (Xu et al., 2011). O tempo de evaporação de gotas diminuiu com o aumento da temperatura e a redução da umidade relativa do ar para todas as caldas (Figura 4). Na condição mais extrema de ambiente, os dados relacionados a tempo de evaporação de gotas em todas as soluções apresentaram menor amplitude quando comparados com a outra condição de temperatura e umidade relativa do ar (25° C e 35%). O resultado encontrado para a condição extrema de ambiente coincide com resultados encontrados por outros pesquisadores. Temperaturas acima de 30°C combinadas com umidade relativa do ar menor que 40%, apresentam influência direta sobre a evaporação das gotas pulverizadas, principalmente de gotas finas (Alvarenga et al., 2014).

Na condição de 25°C e 75% o inseticida Nomolt®150 apresentou o maior tempo de evaporação de gotas e a mistura o menor. Na condição 31,5°C e 35% o tempo de evaporação de gotas do fungicida Cabrio®Top foi o maior e o da mistura o menor. Portanto, a mistura dos produtos proporcionou redução do tempo de evaporação de gotas para as duas condições meteorológicas.

Como o tempo de absorção é lento, nenhum produto permanece na forma de solução na superfície foliar durante todo esse processo. Mesmo quando a superfície foliar parece estar seca, o processo de absorção prossegue durante consideráveis períodos, provavelmente devido a película de umidade relativa do ar formadas à custa da água transpirada, que poderão ser mais importantes para o processo, do que a água da própria solução aplicada (Rodrigues, 2003). O veículo líquido evapora após a deposição das gotas, deixando as partículas dos produtos sobre a superfície do alvo. Alguns produtos com ação protetora melhoram seu desempenho com alguma capacidade de redistribuição na superfície foliar devido a formação do filme d'água advindo da umidade relativa do ar, da chuva e do orvalho. Como base nesses relatos é possível observar que não há muito consenso sobre o tempo de absorção dos produtos aplicados na superfície foliar. No entanto a maioria dos relatos demonstra que esse tempo ultrapassa dos 30 minutos iniciais, após a deposição das gotas. Nesta pesquisa o tempo de evaporação de gotas variou de aproximadamente oito minutos, para a calda mistura nas duas condições meteorológicas e 50 minutos para o Nomolt®150 na melhor condição de ambiente. No caso do Cabrio®Top, único produto com molécula mesossistêmica (piraclostrobina), o tempo variou de 10 a 25 minutos, nas respectivas condições meteorológicas.

Figura 4. Tempo de evaporação de gotas em função de diferentes soluções dos produtos fitossanitários e das condições meteorológicas. Médias acompanhadas de mesmas letras, minúsculas para condições meteorológicas, e maiúscula para os tipos de caldas, não diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey. Diferença mínima significativa (DMS) = 34,15.



Na estufa, as condições meteorológicas favorecem a rápida evaporação e absorção dos produtos fitossanitários, o que pode contribuir de forma positiva com a aplicação desses produtos. A absorção e a evaporação de solução na superfície foliar são favorecidas por temperaturas altas, pois, aumenta a concentração de solutos aplicados, o que acaba favorecendo a penetração de maior quantidade de íons no apoplasto. Temperaturas baixas e alta umidade relativa do ar podem concentrar o orvalho e formar neblina, mantendo as folhas molhadas, favorecendo a lavagem das folhas (Rodrigues, 2003).

Como observado anteriormente, a absorção dos produtos não acaba quando o processo de evaporação da gota tenha finalizado. Portanto, reduzir o tempo de evaporação de gotas como ocorreu na mistura das caldas nas duas condições meteorológicas pode melhorar a qualidade da aplicação de produtos fitossanitários dependendo da condição de ambiente no momento da aplicação. A velocidade de evaporação da calda aplicada é influenciada pela temperatura e pela umidade relativa do ar. Combinadas essas duas variáveis, diminuindo a gradiente de pressão de vapor na superfície, pode-se esperar mais

absorção. A penetração foliar é favorecida pela disponibilidade de água no solo dessa forma as células ficam turgidas e com boa hidratação na cutícula. A absorção foliar é prejudicada pela baixa umidade relativa do ar, pois favorece a evaporação rápida da solução, diminuindo o tempo de contato desta com a superfície das folhas e aumentando a concentração dos solutos a níveis tóxicos. Além disso, pode levar ao favorecimento da transpiração, o que causa murchamento e diminuição da permeabilidade da cutícula aos nutrientes (Rodrigues, 2003).

A mistura que apresentou a maior área de molhamento em relação as soluções com Cabrio®Top, Nomolt®150 e Pirate® foi também a que apresentou os menores valores para o tempo de evaporação de gotas nas duas condições meteorológicas. Na condição de ambiente considerada como ideal, a calda com Nomolt®150 que teve a menor área de molhamento em relação a mistura foi também a que apresentou o maior tempo de evaporação de gotas, ou seja, o tempo de evaporação de gotas é inversamente proporcional a área de molhamento. Esse fato é explicável pelo aumento da área máxima de espalhamento de gotas, o que aumenta a superfície de contato e deixa a gota mais exposta a trocas gasosas com a atmosfera. A redução da tensão superficial, também contribui com o aumento da área de molhamento de gotas, e por isso também está relacionada com o processo de evaporação. O espalhamento de gotas resulta no aumento da cobertura das gotas sobre o alvo, e com isso ocorre um aumento na exposição das gotas a evaporação (Vilela, 2012).

Na condição mais favorável de ambiente (25°C e 75%UR), nas soluções formuladas com produtos isolados, todas apresentaram diferença significativa para tempo de evaporação de gotas, seguindo a relação de maior área de molhamento, menor tempo de evaporação de gotas. Na outra condição de ambiente (31°C e 35%UR), todas as soluções apresentaram tempos de evaporação semelhantes e equivalentes, sendo aproximadamente 8-10 minutos. Ou seja, em condições meteorológicas menos favoráveis de ambiente os produtos apresentam comportamento mais uniforme para esta variável. A mistura dos produtos fitossanitários foi a única calda que apresentou comportamento semelhante nas duas condições meteorológicas.

O tempo de evaporação de gotas encontrado nessa pesquisa foi relativamente extenso quando comparado com outros autores. Vilela (2012) trabalhando com o mesmo padrão de gotas em lâminas de vidro, observou um tempo de evaporação de gotas de aproximadamente cinco minutos para o fungicida utilizado, sob temperatura de 23°C e UR de 45%. Xu et al (2009), também observaram tempo de evaporação de

aproximadamente cinco minutos, trabalhando com água sem surfactante sob ambiente de 25°C de temperatura e 60% UR. Maior tempo de evaporação foi registrado por Zhu et al., 2008, de oito minutos e meio (511 segundos) em folhas de maçã sob máxima condição restritiva a evaporação de gotas grandes (886  $\mu\text{m}$ ), com alta umidade relativa do ar de 90% e temperatura de 22°C e usando adjuvante.

Conforme a cinética de absorção e desabsorção proposta por Schreiber e Schönherr (1992), o equilíbrio entre a solução depositada, as ceras superficiais e a cutícula se estabelecem em aproximadamente 30 minutos. Após esse tempo a quantidade de solutos nesses compartimentos não aumenta muito. A absorção após esse tempo representa a penetração para o interior das células das folhas. A absorção de substâncias a partir da superfície foliar das plantas é um processo bastante complexo. Vários fatores impactam a absorção, desde a conformação da cutícula, sua morfologia e composição química, as características dos produtos como coeficiente de partição (Lallana et al., 2006), além das condições gerais de ambiente. Portanto, a evaporação mais rápida das gotas proporcionada pela mistura, somado ao aumento significativamente do espalhamento, não parece que possa impactar negativamente a absorção dos produtos sistêmicos. Vale ressaltar que estes resultados foram observados para uma mistura específica, embora muito utilizada pelos produtores de tomate em estufa da região sendo, portanto, difícil prever o comportamento de misturas e, portanto, até imprudente generalizar resultados.

#### **4 CONCLUSÕES**

A mistura em tanque de produtos feita por produtores de tomate, proporciona uma melhora significativa no espalhamento de gota na superfície foliar.

O aumento da temperatura e a redução da umidade relativa do ar, condições frequentes dentro de estufas de produção, aumentam a área de molhamento e reduz o tempo de evaporação de gotas.

## REFERÊNCIAS

ALVARENGA, M.A. **Tomate: produção em campo, em casa de vegetação e em hidroponia**. Editora UFLA, Lavras-MG, 400 p, 2004.

ALVARENGA, C.B.D.; TEIXEIRA, M.M.; ZOLNIER, S.; CECON, P.R.; SIQUEIRA, D.L.D.; RODRIGUES, D.E.; SASAKI, R.S.; RINALDI, P.C.N. Efeito do déficit de pressão de vapor d'água no ar na pulverização hidropneumática em alvos artificiais. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 1, p. 182-193, 2014.

GAZZIERO, D.L.P. Misturas de agrotóxicos em tanque nas propriedades agrícolas do Brasil. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 33, n. 1, p. 83-92, 2015.

LALLANA, M. C.; BILLARD, C. E.; ELIZALDE, J.; LALLANA, V. H. Breve revisión sobre características de la cutícula vegetal y penetración de herbicidas. **Ciencia, Docencia y Tecnología**. v.17. n.3, p. 229-241, 2006.

OLIVEIRA, R. B.; ANTUNIASSI, U. Caracterização física e química e potencial de deriva de caldas contendo surfatantes em pulverizações agrícolas. **Energia na Agricultura**, v. 27, n. 1, 2012.

OLIVEIRA, R. B.; DARIO, G.; ALVES, K.A.; GANDOLFO, M.A. Influence of the glyphosate formulations on wettability and evaporation time of droplets on diferente targets. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 33, n. 3, p. 599-606, 2015.

OLIVEIRA, R. B. de; GAZZIERO, D. L. P.; TAVARES, A. A. C.; OLIVEIRA, J. V.; BRESSAN, M.; BARROSO, A. A. M. Formulações e misturas de herbicidas em tanque. In: BARROSO, A. A. M.; MURATA, A. T. (Org.). **Matologia: estudos sobre plantas daninhas**. Jaboticabal/SP: Fábrica da Palavra, 2021. p. 205-252. Disponível em: [www.matologia.com](http://www.matologia.com)

PRECIPITO, L. M. B.; DARIO, G.; OLIVEIRA, J. V.; OLIVEIRA, R. B. Evaporation and wettability of fungicide spray, with or without adjuvant, on leaves of vegetables. **Horticultura Brasileira**, v. 36, p. 320-324, 2018. DOI – Available from: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-053620180306>. Accessed: Nov. 10, 2020.

RODRIGUES, J.D. Fisiologia vegetal e sua importância na tecnologia de aplicação de defensivos. **Revista Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v.65, n.1/2, p.59-61, 2003.

SHREIBER, L.; SCHÖNHERR J. “Analysis of foliar uptake of pesticides in barley leaves:

role of epicuticular waxes and compartmentation”. **Pestic. Sci.**, v. 36, p. 213-221, 1992. TOFOLI, J.G.; MELO, P.C.T.; DOMINGUES, R.J. Ação protetora, residual, curativa e antiesporulante de fungicidas no controle da requeima e da pinta preta da batata em condições controladas. **Revista Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v.79, n.2, p.209-221, 2012.

VILELA, C.M. **Evaporação de gotas de caldas contendo fungicidas e adjuvantes depositadas em superfície.** 62 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/ Energia na Agricultura). Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2012.

XU, L.; ZHU, H.; OZKAN, H.E. Adjuvant effects on evaporation time and wetted area of droplets on waxy leaves. *Transactions of the ASABE*, v. 53. n.1, p. 13-20, 2010.

XU, L.; ZHU, H.; OZKAN, H.E.; BAGLEY, W.E.; KRAUSE, C.R. Droplet evaporation and spread on waxy and hairy leaves associated with type and concentration of adjuvants. *Pesticide Management Science*, West Sussex, v. 7, n. 67, p.842- 851, 2011.

XU, L.; ZHU, H.; OZKAN, H.E. Surfactant droplet evaporation and deposition patterns on waxy leaf surface. *ASABE Annual International Meeting Sponsored by ASABE*, Reno, Nevada, June 21 – June 24, 2009.

ZHU, H.; YU, Y.; OZKAN, H.E.; DERKSEN, R.C.; KRAUSE, C.R. Influence of spray additives on droplet evaporation and residual patterns on wax and wax-free surfaces. *Transactions of the ASABE*, v. 85. n.3, 2008.