

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DE MINAS GERAIS – CAMPUS BAMBUÍ
BACHARELADO EM AGRONOMIA

Pietro Serrano Spinacé

**UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO DE LÍQUIDO DE PONTAS DE
PULVERIZAÇÃO HIDRÁULICA EM MESA PADRONIZADA**

BAMBUÍ – MG

2024

PIETRO SERRANO SPINACÉ

**UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO DE LÍQUIDO DE PONTAS DE
PULVERIZAÇÃO HIDRÁULICA EM MESA PADRONIZADA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Curso Bacharelado em Agronomia do Instituto
Federal de Minas Gerais – Campus Bambuí
para obtenção do título de Bacharel em
Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Robson Shigueaki
Sasaki.

BAMBUÍ – MG

2024

Catálogo na Fonte Biblioteca IFMG - Campus Bambuí

S757u Spinacé, Pietro Serrano.
Uniformidade de distribuição de líquido de pontas de pulverização
hidráulica em mesa padronizada. / Pietro Serrano Spinacé. – 2024.
35 f.; il.: color.

Orientador: Prof. Dr. Robson Shigueaki Sasaki.
Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus Bambuí,
MG, Curso Bacharelado em Agronomia, 2024.

1. Aplicação. 2. Eficiência. 3. Uniformidade. I. Sasaki, Robson
Shigueaki. II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de
Minas Gerais – Campus Bambuí, MG. III. Título.

CDD 627.52



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS GERAIS
Campus Bambuí
Diretoria de Ensino
Departamento de Engenharia e Computação
Faz. Varginha - Rodovia Bambuí/Meeiros - Km 05 - Caixa Postal 05 - CEP 38900-000 - Bambuí - MG
37 3431 4900 - www.ifmg.edu.br

DECLARAÇÃO

PIETRO SERRANO SPINACÉ

UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO DE LÍQUIDO DE PONTAS DE PULVERIZAÇÃO HIDRÁULICA EM MESA PADRONIZADA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Superior de Bacharelado em Agronomia do Instituto Federal de Minas Gerais – Campus Bambuí, como requisito parcial para obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo.

Aprovado em 16 de agosto de 2024

Prof. Robson Shigueaki Sasaki (Orientador- IFMG Campus Bambuí)

Prof. Hêner Coelho (Professor- IFMG Campus Bambuí)

Prof. Vladimir Antonio Silva (Professor- IFMG Campus Bambuí)

Bambuí, 16 de agosto de 2024.



Documento assinado eletronicamente por **Robson Shigueaki Sasaki, Professor**, em 16/08/2024, às 08:50, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Hener Coelho, Professor**, em 16/08/2024, às 08:51, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Vladimir Antonio Silva, Professor**, em 16/08/2024, às 08:51, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



A autenticidade do documento pode ser conferida no site <https://sei.ifmg.edu.br/consultadocs> informando o código verificador **2004700** e o código CRC **3D7DA22C**.

Dedico ao meu pai, Edu Marcelo Spinacé, e à
minha mãe, Fernande de Oliveira Serrano.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos professores do IFMG – *Campus* Bambuí pelo conhecimento compartilhado, durante toda a minha trajetória no curso de Agronomia e a todos os membros da instituição, que colaboraram para a minha formação profissional e pessoal.

Ao orientador, professor Dr. Robson Shigueaki Sasaki, pela orientação do Trabalho de Conclusão de Curso e no projeto de iniciação científica, que possibilitou o desenvolvimento dos mesmos, e também por ter disponibilizado a infraestrutura do Laboratório de Tecnologia de Aplicação de Defensivos Agrícolas para o desenvolvimento do TCC.

Ao professor Dr. Hêner Coelho, pelo tempo dedicado à construção e ao aprimoramento da mesa padronizada.

Às Diretorias Geral, de Ensino, de Pesquisa e de Extensão, pela infraestrutura disponibilizada para a realização dos Trabalho de Conclusão de Curso e do Projeto de Pesquisa e Extensão.

"N3o se pode esperar resultados diferentes fazendo sempre a mesma coisa."

(Albert Einstein)

RESUMO

Um dos maiores desafios da aplicação eficiente de defensivos agrícolas é a baixa uniformidade da aplicação, fazendo com que a gota não atinja o local desejado ou atinja em excesso, reduzindo, assim, a eficiência no controle do patógeno ou da planta daninha e gerar problemas de fitotoxicidade na cultura de interesse econômico implantada. Na aplicação de defensivos agrícolas, diversos equipamentos são utilizados para realizar a fragmentação do líquido em gotas, empregando-se equipamentos como pulverizadores hidráulicos tratorizados e pulverizadores autopropelidos. Ao utilizar pulverizadores hidráulicos, um componente essencial para executar uma aplicação uniforme são as pontas de pulverização, uma vez que determinam a vazão de líquido, o espectro e população de gotas e a uniformidade de distribuição de líquido sob o alvo. Quanto menor a variação na quantidade de líquido depositado sobre o alvo, melhor será a uniformidade de distribuição de líquido, que também melhorará a qualidade da aplicação e diminuirá o coeficiente de variação (CV%). Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a uniformidade de distribuição de líquido das pontas de pulverização, modelos AD/D “ANTI-DERIVA” DUPLO 110° AD-007/D Peta®; AD-03/D Magnojet®; AD-04/D Magnojet®, Leque-110/020 ppb®; Leque-110/030 ppb®, utilizando-se uma mesa padronizada, contruída de acordo com os padrões das normas ISO 5682/1 (ISO 2017) e ASTM E641-01 (2012), visando encontrar as melhores condições operacionais de aplicação para cada modelo de ponta de pulverização hidráulica avaliada sobre a interferência da altura da barra de pulverização e a pressão de trabalho.

Palavras-chave: Aplicação, eficiência, uniformidade.

ABSTRACT

One of the biggest challenges in the efficient application of crop protection products is the low uniformity of the application, causing the droplet not to reach the desired location, or to reach too much, thus reducing the efficiency of the control of the pathogen or weed and generating phytotoxicity problems in the crop of economic interest planted. When applying pesticides, various types of equipment are used to fragment the liquid into droplets, using equipment such as tractor-mounted hydraulic sprayers and self-propelled sprayers. When using hydraulic sprayers, an essential component for a uniform application are the nozzle, since they determine the liquid flow rate, the droplet spectrum and population and the uniformity of liquid distribution under the target. The smaller the variation in the amount of liquid deposited under the target, the better the liquid distribution uniformity, thus the better the quality of the application and the lower the coefficient of variation (CV%). Therefore, the aim of this study was to evaluate the liquid distribution uniformity of the nozzle tips models AD/D “ANTI-DERIVATIVE” DUPLO 110° AD-007/D Peta®; AD-03/D Magnojet®; AD-04/D Magnojet®, Leque-110/020 ppb®; Leque-110/030 ppb®, using a standardized table built in accordance with ISO 5682/1 (ISO 2017) and ASTM E641-01 (2012), in order to find the best operational application conditions for each model of hydraulic nozzle evaluated on the interference of the height of the spray bar and the working pressure.

Keywords: Application, efficiency, uniformity.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Volume de Fungicidas, Herbicidas, Inseticidas, Tratamento de Sementes, entre outros produtos fitossanitários, aplicados no Brasil, nas safras 2022/2023 e 2023/2024.	13
Figura 2: Mesa de uniformidade de distribuição de líquido, conforme estabelecido pela norma ASTM E641.....	18
Figura 3: Classificação de tamanho de gota, segundo a ASABE S572.1.....	20
Figura 4: Principais modelos de ponta de pulverização.	20
Figura 5: - Mesa padronizada para teste de uniformidade de distribuição de líquido: (A) Conjunto de peças para pulverização; (B) Barras de pulverização com controle de altura e espaçamento entre bicos; (C) Canaletas para pulverizado; (D) Coleta do líquido; (E) suporte.	22
Figura 6: Conferência o espaçamento das canaletas da mesa padronizada.....	23
Figura 7: Posicionamento da barra de pulverização sobre a mesa padronizada.....	23
Figura 8: Bomba hidráulica 2,0 CV com regulagem de pressão.	24
Figura 9: Coleta do volume através das provetas contidas na mesa padronizada.	25

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Tabela de vazão para as pontas de pulverização AD-007/D Peta®, Leque-110/020 ppb®, Leque N110/030 ppb®, AD-03/D Magnojet® e AD-04/D Magnojet®	26
Tabela 2: Coeficiente de variação (%) proporcionado pela ponta Leque 110/020 ppb®, sob diferentes condições operacionais.	27
Tabela 3: Coeficiente de variação (%) proporcionado pela ponta Leque 110/030 ppb®, sob diferentes condições operacionais.	28
Tabela 4: Coeficiente de variação (%) proporcionado pela ponta AD-007/D Peta®, sob diferentes condições operacionais.	29
Tabela 5: Coeficiente de variação (%) proporcionado pela ponta AD-03/D Magnojet®, sob diferentes condições operacionais.	30
Tabela 6: Coeficiente de variação (%) proporcionado pela ponta AD-04/D Magnojet®, sob diferentes condições operacionais.	31

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ASTM	American Society for Testing and Materials
CV	Coeficiente de Variação
IFMG	Instituto Federal de Minas Gerais
ISO	International Organization for Standardization
SENAR	Serviço Nacional de Aprendizagem Rural

SUMÁRIO

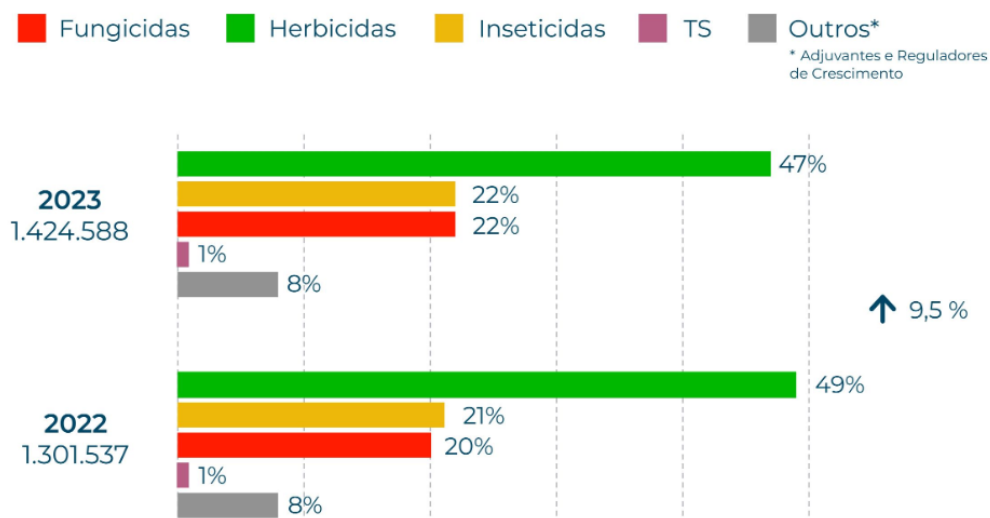
1	INTRODUÇÃO	13
2	OBJETIVOS	15
2.1	Objetivo Geral	15
2.2	Objetivo Especifico	15
3	REFERENCIAL TEÓRICO	15
3.1	Uniformidade de Distribuição	15
3.2	Tecnologia da Aplicação	17
3.3	Mesa Padronizada	17
3.4	Pontas de Pulverização Hidraulica	18
3.5	Altura da Barra de Pulverização	21
4	MATERIAIS E MÉTODOS.....	21
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
6	CONCLUSÃO	32
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33

1 INTRODUÇÃO

Desde a Roma Antiga, utilizam-se técnicas de controle de pragas, como o pulgão, aplicando-se vapor da queima do enxofre (BOHMONT, 1981). Era um manejo arcaico, utilizado no combate de pragas. Com os avanços tecnológicos, a tecnologia de aplicação evoluiu até chegar ao manejo atual de aplicação, empregando-se equipamentos como pulverizadores hidráulicos tratorizados e pulverizadores autopropelidos. Tais máquinas muitas vezes são dotadas de sensores e controladores eletrônicos, de modo a facilitar a correta aplicação de defensivos agrícolas. Atualmente, existem fatores que ainda atrapalham a eficiência das aplicações, sendo um grande gargalo ao produtor. Pesquisas são desenvolvidas a fim de criar padrões operacionais, com a finalidade de melhorar a uniformidade de distribuição com o auxílio de equipamentos, buscando reduzir desperdícios e melhorar a eficácia nas aplicações, buscando melhores índices de uniformidade de aplicação e, respectivamente, coeficientes de variação mais baixos.

Segundo pesquisa realizada pelo Sindicato Nacional da Indústria de produtos para Defesa Vegetal (Sindiveg) à Kynetec Brasil, em 12/06/2024, a aplicação de defensivos no Brasil cresceu 10,5% em relação ao mesmo período de 2023, saindo de 2 bilhões de hectares pulverizados em 2023 para 2,24 bilhões de hectares em 2024, em relação à quantidade de produtos fitossanitários, foram registrados o uso de 1.424.588 toneladas de produtos aplicados na safra 2023/24, 123.051 toneladas a mais em relação a safra 2022/23 (Figura 1).

Figura 1: Volume de Fungicidas, Herbicidas, Inseticidas, Tratamento de Sementes, entre outros produtos fitossanitários, aplicados no Brasil, nas safras 2022/2023 e 2023/2024.



Fonte: SINDIVEG (2024).

Na condução de uma lavoura, tem-se observado o uso crescente de defensivos agrícolas, o qual representa uma parcela alta do custo de produção. Ressalta-se que realizar a aplicação de defensivos envolve gastos operacionais, como o custo com o maquinário, combustível e mão de obra. Sendo assim, no campo, tem-se buscado alternativas para aumentar a eficiência nas aplicações. Uma das alternativas é a redução do volume de aplicação, a fim de diminuir o tempo desta atividade por hectare. Uma aplicação mais concentrada representa maior rendimento operacional, reduzindo-se os custos com combustível, água, mão de obra e tempo. Em contrapartida, exige maior cuidado em relação à deposição correta da calda sobre o alvo, de maneira homogênea, em todos os pontos da aplicação, a fim de não causar danos à cultura por excesso de produto depositado ou pela falta do mesmo. Sendo assim, a área da tecnologia de aplicação de defensivos merece uma atenção especial, pois possibilita que o produtor tenha maior acurácia e retorno de seu investimento, além de gerar maior economia de gastos, recursos e ainda contribui para a eficiência do produto utilizado.

Há fatores que influenciam na eficiência de aplicações de defensivos agrícolas, como altura da barra de pulverização, ângulo de projeção do jato, espaçamentos de pontas e pressão de trabalho. A altura da barra, com o uso inadequado e sem uma análise da distância do alvo, pode favorecer a deriva e afeta na distribuição desuniforme da aplicação da calda. O ângulo de projeção da calda também interfere na aplicação. Esse ângulo de abertura do jato, deve ser analisado juntamente à altura e espaçamento entre pontas. Kullmann e Dias (2020) relatam que o vento ambiente também pode alterar a uniformidade de distribuição de líquido.

Em geral, o grau de sucesso é determinado pela intensidade e uniformidade da cobertura. A eficácia do tratamento depende não apenas da quantidade de material depositado sob a vegetação, mas também da uniformidade de cobertura do alvo (MCNICHOL *et al.*, 1997).

A uniformidade do jato é importante para a adequada distribuição do produto na área-alvo, aumentando a possibilidade de controle da praga ou patógeno visado. A cobertura homogênea do alvo requer uma distribuição uniforme, caracterizada por baixos coeficientes de variação ao longo das faixas tratadas (MARTIN *et al.*, 2019).

Alguns ajustes, que permitem modificar o sistema de distribuição, como alturas ideais de barras e espaçamentos entre pontas de pulverização, são realizados com a presença de alguns equipamentos de precisão, que coletam dados manuais ou digitais. Um ponto fundamental é a qualidade das pontas de pulverização e um sistema para essa avaliação, a partir de resultados obtidos em mesa de prova. (PERECIN *et al.*, 1998).

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar a uniformidade de distribuição de líquido de pontas de pulverização hidráulica, utilizando uma mesa padronizada, construída de acordo com os padrões das normas ISO 5682/1 (ISO 2017) e ASTM E641-01 (2012), visando encontrar as melhores condições operacionais de aplicação para cada modelo de ponta de pulverização hidráulica avaliada.

2.2 Objetivo Especifico

- Avaliar a uniformidade de distribuição de líquido proporcionado pelas pontas de pulverização modelo AD/D “ANTI-DERIVA” DUPLO 110° AD-007/D Peta®; AD-03/D Magnojet®; AD-04/D Magnojet®;
- Avaliar a uniformidade de distribuição de líquido proporcionado pelas pontas de pulverização modelo Leque-110/020 ppb®; Leque-110/030 ppb®.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Uniformidade de Distribuição

A uniformidade de distribuição de líquido, em pontas de pulverização hidráulica, desempenha um papel fundamental na eficácia e na sustentabilidade das práticas de aplicação de defensivos agrícolas, tendo em vista que sua importância vai além do campo econômico. A aplicação de defensivos com uma distribuição uniforme do líquido está diretamente ligada à qualidade operacional desta aplicação, sendo assim, a uniformidade de distribuição é determinante para o sucesso da operação, a fim de alcançar o maior potencial produtivo da lavoura, através da maior acurácia do produto sobre o alvo, garantindo, assim, melhor ação dos defensivos sobre a cultura de interesse econômico, plantas daninhas e patógenos, resultando no melhor aproveitamento do capital investido, menor desperdício de defensivos agrícolas e menor taxa de resíduos fitossanitários ao ambiente.

A uniformidade de distribuição refere-se à capacidade do equipamento de aplicação em distribuir, de maneira homogênea, a calda sobre a área alvo. Este é um

parâmetro crucial, pois variações na distribuição podem resultar em subdosagens, favorecendo o desenvolvimento de pragas e doenças ou superdosagens, causando prejuízos econômicos e ambientais. Portanto, a compreensão dos princípios envolvidos na uniformidade de distribuição de líquido, em pontas de pulverização hidráulica, é fundamental para aperfeiçoar a eficiência operacional.

A avaliação da uniformidade de aplicação pode ser realizada por meio de medidas estatísticas, como média, desvio padrão e coeficiente de variação. Conforme observado por Fernandes *et al.* (2015), a média representa a quantidade média de líquido aplicado por unidade de área, enquanto o desvio padrão indica a dispersão dos valores em relação à média. O coeficiente de variação, por sua vez, expressa a variabilidade relativa em relação à média, possibilitando comparar a uniformidade entre diferentes tratamentos ou sistemas de aplicação.

Uma das maneiras de dimensionar a uniformidade de distribuição numa pulverização é com a análise da deposição volumétrica do produto na área, que é expressa pelo coeficiente de variação (CV) obtido dessa análise: quanto menor esse valor, menos desuniforme será a distribuição (CHRISTOFOLETTI, 1997).

Aplicação com CV igual a zero indica uma distribuição e uniformidade perfeitas, tendo a mesma quantidade de líquido depositado ao longo de toda a barra pulverizada, sem variações. Sendo assim, a uniformidade de distribuição está inversamente ligada ao valor de coeficiente de variação (CV%) obtido através das coletas.

Peixoto *et al.* (2020) afirma que, em seus experimentos, o coeficiente de variação (CV%) de todas as pontas desgastadas foi maior que $CV=7\%$ e as pontas com 800 horas de uso apresentaram o maior coeficiente e que essas pontas também obtiveram um aumento de aproximadamente 225% no valor do coeficiente de variação (CV%), ao ser comparada com as pontas de 400 horas de uso, saindo de um coeficiente de variação de $CV=8,7\%$ para $CV=28,3\%$.

A análise de uniformidade de distribuição de líquido, proporcionado pelas pontas de pulverização hidráulicas, é um dos principais parâmetros a serem avaliados. Negrisoni *et al.* (2021) analisaram o efeito de diferentes pontas hidráulicas (Leque simples, Leque duplo e Leque 3D), na uniformidade de distribuição de líquido, e constataram que houve diferença no padrão de distribuição em função do modelo de ponta e volume de aplicação.

Na Europa, os ensaios de laboratório, as pressões e alturas recomendadas pelos fabricantes devem acompanhar o coeficiente de variação (CV) inferior a 7% e para outras pressões e alturas, especificadas pelo fabricante como passíveis de uso, o coeficiente de variação não deve exceder 9% (FAQIRI e KRISHNAN, 2001).

3.2 Tecnologia da Aplicação

A tecnologia de aplicação pode ser definida como um conjunto de recomendações, destinadas a garantir a qualidade da aplicação de pesticidas para obter melhores resultados na gestão de pragas e doenças (NUNES *et al.*, 2021). A acurácia do controle de alvos biológicos depende muito da qualidade da aplicação do produto. A tecnologia de aplicação desempenha um papel fundamental para garantir sucesso durante o manejo da cultura (NUNES *et al.*, 2021).

Um dos maiores desafios na tecnologia de aplicação é determinar a quantidade de solução de pulverização necessária para controlar os alvos biológicos, levando-se em conta as preocupações ambientais. O objetivo é conseguir maior cobertura da área em menos tempo, utilizando a água de forma eficiente e sem interferir a qualidade da pulverização (NUNES *et al.*, 2021).

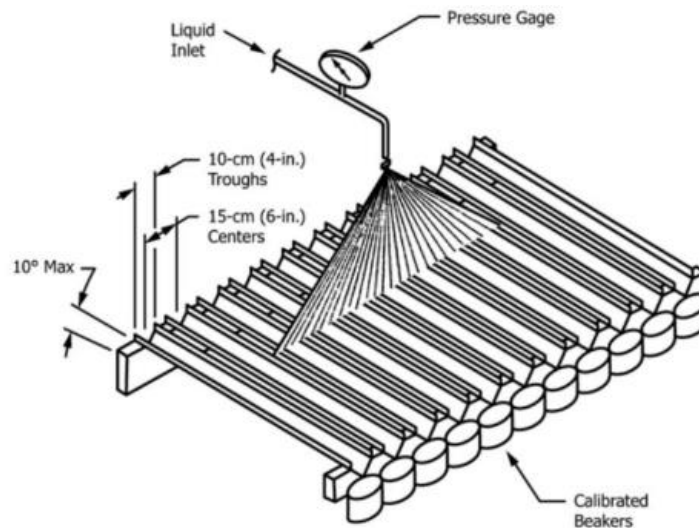
A seleção das pontas é um dos fatores mais importantes para a aplicação eficiente e de qualidade, permitindo o controle preciso da vazão, porcentagem de cobertura e da distribuição da calda sobre o alvo. Opiniões semelhantes foram expressas por Matthews, Bateman e Miller (2016).

3.3 Mesa Padronizada

Para avaliar a uniformidade de distribuição de líquido, em pontas de pulverização hidráulica, é fundamental empregar metodologias adequadas, como a utilização de mesas padronizadas, que permitem simular condições controladas de aplicação, facilitando a análise comparativa entre diferentes pontas e condições operacionais, possibilitando também a coleta de dados, a fim de chegar ao menor coeficiente de variação para a obtenção da melhor uniformidade de aplicação.

Existem condições em que o coeficiente de variação pode chegar a 20% (MACIEL *et al.*, 2017) e que, muitas vezes, no campo, são parâmetros desconhecidos. Quando se obtém uma uniformidade baixa na aplicação, a eficiência da aplicação será menor, logo, maiores são as chances de deixar resíduo nos alimentos e aumentar os impactos ambientais, seja por perdas por escorrimento ou pela evaporação do produto aplicado. Anteriormente a qualquer aplicação, é interessante analisar a uniformidade das pontas de pulverização, por meio da mesa padronizada, justificando a importância da construção da mesma (Figura 2).

Figura 2: Mesa de uniformidade de distribuição de líquido, conforme estabelecido pela norma ASTM E641



Fonte: ASTM E641 (2012).

3.4 Pontas de Pulverização Hidráulica

A aplicação de defensivos agrícolas é um dos grandes responsáveis pelo crescimento da produtividade agrícola e a qualidade da aplicação é determinante para o sucesso da cultura. Vários fatores influenciam na qualidade da aplicação e, entre eles, destacam-se as pontas de pulverização, pois elas determinam a vazão e a distribuição da calda na área. Ao serem usadas por muitas horas, as pontas de pulverização sofrem desgaste, aumentando a vazão da calda, o que causa impactos diretos nos custos de produção (PEIXOTO *et al.*, 2020)

Segundo estudos de Obrigewitch e Payero (2017), as pontas de pulverização podem ser classificadas de acordo com o padrão de pulverização que produzem, como jato plano, jato cônico, jato duplo, entre outros. Cada tipo de ponta possui vantagens e desvantagens em relação à uniformidade da distribuição e à cobertura da pulverização.

De acordo com Cunha *et al.* (2007), dentre as diferentes técnicas de aplicação de agrotóxicos, as que se baseiam na pulverização hidráulica são as mais difundidas, graças à sua flexibilidade em diferentes situações. Nesses equipamentos, as pontas de pulverização são componentes fundamentais, pois influenciam diretamente na qualidade e na segurança da aplicação.

Bauer e Raetano (2004), ao avaliarem diferentes modelos de pontas de pulverização (XR, TP E TJ), em diferentes condições de trabalho (altura, pressão e ângulo em

relação à horizontal), verificaram que a elevação da barra se reflete na largura de distribuição do líquido e atua negativamente na sobreposição das pontas. Maiores alturas de aplicação, além de alterarem a distribuição de aplicação de calda, também sofrem maior influência da velocidade do vento, levando em consideração que a distância entre a barra e o alvo seja ampliada, a área de contato e o tempo de interferência do vento sobre a aplicação torna-se maior, mesmo com o uso de produtos para o auxílio de redução da deriva em determinadas pontas. Maciel *et al.* (2017) também analisaram diferentes modelos de pontas hidráulicas e constataram a influência da altura da barra e pressão de trabalho, na uniformidade de distribuição de líquido.

Com a diversidade de modelos de pontas hidráulicas, cada uma apresenta características técnicas que as diferenciam, como tamanho de gotas, vazão de líquido, pressão de trabalho, perfil e uniformidade de distribuição de líquido. Além das características das pontas de pulverização, há produtos que auxiliam na aplicação de defensivos agrícolas, como por exemplo, os adjuvantes. Tais produtos podem melhorar a uniformidade de deposição de líquido sobre o alvo ou, então, a redução da deriva, conforme relatado por Griesang *et al.* (2017) e Creech *et al.* (2018).

As pontas de pulverização devem ser selecionadas, a fim de garantir vazão e diâmetro de gotas adequado. Uma vez instaladas, a vazão deve se manter constante pelo maior tempo possível. O principal problema é o desgaste, à medida que as pontas adquirem horas de uso, sua seção de saída aumenta e seu contorno interno torna-se irregular, tendo como causa principal a abrasão provocada pelas caldas. Como consequência, em igualdade de pressão, uma ponta desgastada proporciona maior vazão e maior diâmetro de gotas do que em seu estado original, além disso, afeta negativamente o perfil de distribuição, o que faz com que a distribuição volumétrica transversal se torne irregular (MINGUELA & CUNHA, 2017).

É necessário investigar o efeito do leque plano angular na formação de gotas e na distribuição do padrão de pulverização, permitindo, assim, o uso desses resultados para entender o efeito do modelo da ponta, na qualidade da pulverização (NEGRISOLI *et al.*, 2021)

Novas tecnologias têm sido desenvolvidas para promover a aplicação uniforme, sustentável, segura e eficaz de produtos fitossanitários. Nesse cenário, os bicos de pulverização com diferentes designs e ângulos de jato podem otimizar a aplicação (NEGRISOLI *et al.*, 2021).

As pontas de pulverização são componentes-chave no processo de aplicação de defensivos agrícolas, influenciando diretamente na qualidade da pulverização. Elas podem

variar em relação ao tamanho das gotas produzidas (Figura 3), o padrão de distribuição, o ângulo de pulverização e a taxa de aplicação.

Figura 3: Classificação de tamanho de gota, segundo a ASABE S572.1

Classe da Pulverização	Símbolo	Cor	DMV
			ASABE (μm)
Extremamente Fina	XF	Lilás	50
Muito Fina	MF	Vermelha	<136
Fina	F	Laranja	136 - 177
Média	M	Amarela	177 - 218
Grossa	G	Azul	218 - 349
Muito Grossa	MG	Verde	349 - 428
Extremamente Grossa	EG	Branca	428 - 622
Ultra Grossa	UG	Preta	>622

Fonte: ASABE S572.1 (2018)

Na área de máquinas e mecanização agrícola, os tipos de pontas de pulverização são essenciais para garantir a eficiência e a precisão da aplicação de defensivos agrícolas. Diferentes tipos de pontas de pulverização estão disponíveis no mercado, cada uma com características específicas, que influenciam a distribuição dos líquidos aplicados.

De acordo com Paske e Backers (2019), questões como o tamanho das gotas produzidas pelas pontas de pulverização, o ângulo de abertura do jato e a vazão são fatores determinantes para a eficácia da aplicação de defensivos agrícolas (Figura 4).

Figura 4: Principais modelos de ponta de pulverização.



Fonte: SYNGENTA (2023).

3.5 Altura da Barra de Pulverização

Um dos aspectos fundamentais para alcançar a uniformidade de distribuição reside na altura adequada da barra de pulverização (SENAR, 2018). Segundo o Serviço Nacional de Aprendizagem Rural, a altura ideal da barra é aquela que permite o cruzamento dos jatos dos bicos, garantindo a distribuição homogênea do volume aplicado ao longo da barra.

A determinação da altura mínima da barra considera fatores como o ângulo das pontas de pulverização e o espaçamento entre eles. Para pontas de distribuição triangular, recomenda-se que o cruzamento dos jatos ocorra na metade da altura entre a barra e o alvo. Em condições com espaçamento entre bicos de 50 cm, por exemplo, o SENAR cita que a altura mínima da barra deve ser de 35 cm para ângulos de 110° e 60 cm, para pontas com ângulo de 80°.

É essencial evitar alturas excessivas da barra, pois estas podem resultar em perdas significativas por deriva e evaporação, comprometendo a eficácia da aplicação e aumentando o potencial impacto ambiental. Portanto, o ajuste correto da altura da barra, conforme as especificações técnicas de cada aplicação, contribuem não apenas para a uniformidade na distribuição dos defensivos, mas também evita perdas por deriva e evaporação (SENAR, 2018).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – *Campus* Bambuí, nas dependências do Laboratório de Tecnologia de Aplicação de Defensivos Agrícolas, anexo ao Laboratório de Máquinas e Mecanização Agrícola.

Construiu-se uma mesa padronizada para teste (Figura 5), seguindo os padrões estabelecidos pelas normas ISO 5682/1 (ISO 2017) e ASTM E641-01 (2012), com materiais metálicos (metalão e perfil) e chapas de aço galvanizado, com dimensões de 2,0 m de comprimento e 1,0 m de largura, semelhante a Kullman e Dias (2020).

Figura 5: - Mesa padronizada para teste de uniformidade de distribuição de líquido: (A) Conjunto de peças para pulverização; (B) Barras de pulverização com controle de altura e espaçamento entre bicos; (C) Canaletas para pulverizado; (D) Coleta do líquido; (E) suporte.



Fonte: O autor (2024).

Na mesa padronizada, foram instalados cinco porta bicos. Para coletar o líquido, instalaram-se 34 provetas, com capacidade de 250 mL cada e resolução de 2 mL, dispostas de acordo com os pontos de coleta das canaletas da mesa padronizada (Figura 6 e 7).

Figura 6: Conferência o espaçamento das canaletas da mesa padronizada



Fonte: O autor (2024).

Figura 7: Posicionamento da barra de pulverização sobre a mesa padronizada



Fonte: O autor (2024).

Todo o circuito hidráulico foi acionado por uma bomba elétrica com manômetro e regulagem de pressão, potência de 2 cv, rotação de 1500 RPM, vazão máxima de 15 L min⁻¹ (Figura 8). No circuito hidráulico, foi instalado um manômetro, devidamente aferido, para averiguar a pressão de trabalho.

Figura 8: Bomba hidráulica 2,0 CV com regulagem de pressão.



Fonte: O autor (2024).

Os volumes contidos, em cada proveta (Figura 9) da bancada de teste, foram transformados em porcentagem do volume total e determinado o coeficiente de variação conforme Equação (1).

$$CV = \frac{s}{X} \times 100 \text{ (1) em que:}$$

CV = coeficiente de variação (%);

s = desvio padrão (mL);

X = volume médio dos valores observados (mL).

Figura 9: Coleta do volume através das provetas contidas na mesa padronizada.



Fonte: O autor (2024).

Em seguida, foi realizado um experimento em delineamento inteiramente casualizado, em condições de laboratório, em esquema fatorial (5x3x2), cinco modelos de pontas de pulverização hidráulica (AD-007/D Peta®; AD-03/D Magnojet®; AD-04/D Magnojet®; Leque-110/020 ppb®; Leque-110/030 ppb®); três pressões de trabalho (300; 400 e 500 kPa) e duas alturas do alvo (0,40 e 0,50 m), perfazendo quatro repetições por tratamento, totalizando 120 amostragens.

É importante ressaltar que as pontas de pulverização de jato plano foram instaladas, de modo que o jato aspergido formou ângulo fixo em relação à barra (entre 6 e 10°), para evitar o choque entre jatos de calda adjacentes, o que pode comprometer a uniformidade de deposição (FERREIRA *et al.*, 2007).

A Tabela 1 contém as vazões dos modelos de ponta de pulverização testados, de acordo com a pressão de trabalho indicada pelo fabricante:

Tabela 1: Tabela de vazão para as pontas de pulverização AD-007/D Peta®, Leque-110/020 ppb®, Leque N110/030 ppb®, AD-03/D Magnojet® e AD-04/D Magnojet®

CÓDIGO DE PONTAS	kPa	L/min
AD-007/D Peta®	103	0,10
	207	0,16
	310	0,20
Leque-110/020 ppb®	200	0,65
	300	0,79
	400	0,90
	500	1,01
	600	1,10
	700	1,18
Leque-110/030 ppb®	200	0,97
	300	1,18
	400	1,37
	500	1,52
	600	1,67
	700	1,80
AD-03/D Magnojet®	207	1,00
	276	1,15
	345	1,29
	414	1,41
AD-04/D Magnojet®	207	1,33
	276	1,53
	345	1,72
	414	1,88

Fonte: MAGNOJET (2024); PPB (2023); PETA (2024).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A empresa fabricante ppb® recomenda as pressões de trabalho de 200 a 700 kPa e ressalta-se a aplicação na pressão de 300 kPa (tabela 1). A empresa fabricante Magnojet® trabalha com as pressões de 207, 276, 345 e 414 kPa (tabela 1), porém, na tabela de vazão da fabricante Magnojet®, não indica a pressão de trabalho de 500 kPa, em razão do diâmetro de gotas, devido à tendência de se diminuir o diâmetro das gotas ao se aumentar a pressão de trabalho. Assim, ao aplicar uma pressão superior à pressão de trabalho indicada, a ponta produz uma gota inferior ao tamanho desejado. De acordo com os experimentos, observou-se que pode obter coeficientes de variação (CV%) dentro dos padrões.

A empresa fabricante Peta® indica apenas a aplicação em 103, 207 e 310 kPa

(Tabela 1), devido ao diâmetro de gota muito fina, produzida por essa ponta de pulverização em específico, sendo assim, é importante relacionar a pressão de trabalho com o diâmetro de gotas que se deseja produzir, em razão da finalidade da aplicação. Através das amostragens dos diferentes modelos de pontas de pulverização, concluiu-se que os diferentes tipos de pontas de pulverização respondem ao coeficiente de variação (CV%) de forma individual.

Para o modelo de ponta de pulverização Leque-110/020 ppb®; AD-03/D Magnojet®; AD-04/D Magnojet®, o padrão de amostragem que se repetiu com maior frequência, com o coeficiente de variação (CV%) mais baixo, foi na altura de trabalho de 0,50 metros e a pressão de trabalho de 400 kPa, com coeficientes de variação de CV=7,0%; CV=5,0% e CV=4,6%, respectivamente.

Para o modelo de ponta de pulverização Leque-110/020 ppb®, os menores coeficientes de variação (CV%) obtidos, nas alturas de trabalho de 0,40 e 0,50m, foram na pressão de trabalho de 400 kPa, porém, de maneira geral, todos os resultados na altura de trabalho em 0,50 m apresentaram resultados superiores à de 0,40m, o único que apresentou um coeficiente de variação de 7% foi na altura de trabalho de 0,50m e pressão de trabalho de 400 kPa (Tabela 2).

Tabela 2: Coeficiente de variação (%) proporcionado pela ponta Leque 110/020 ppb®, sob diferentes condições operacionais.

Leque 110/020 ppb ®			
Altura de trabalho (m)	Pressão de trabalho (kPa)		
	300	400	500
0,40	16.5%	13.9%	14.0%
0,50	8.6%	7.0%	9.5%

Fonte: Elaboração Própria (2024).

Em geral, o modelo de ponta de pulverização Leque-110/020 ppb®, ao alterar a altura de trabalho de 0,50 para 0,40 m, independente da pressão de trabalho, o coeficiente de variação (CV%) aumentou (Tabela 2). Resultados diferentes foram obtidos por Sasaki *et al.* (2011), avaliando a uniformidade de pontas de pulverização XR 110.02 VK TEEJET®, observou-se que o coeficiente de variação (CV%) se comportou de maneira inversa, pois, ao alterar a altura de trabalho de 0,50 para 0,40 m, o coeficiente de variação (CV%) diminuiu.

A pressão de trabalho que apresentou menor variação em relação à altura de trabalho foi de 500 kPa, resultando em um coeficiente de variação (CV%) na altura de 0,40 m de CV=14,0%, e na altura de trabalho de 0,50 m CV=9,45%. Por outro lado, a pressão de

trabalho que apresentou maior variação do coeficiente de variação (CV%), em relação à altura de trabalho, foi de 400 kPa (Tabela 2).

Para o modelo de ponta de pulverização Leque-110/030 ppb®, o coeficiente de variação (CV%) mais baixo obtido foi na altura de trabalho de 0,40 m e pressão de trabalho correspondente a 500 kPa, apresentando em um coeficiente de variação de CV=6,2% (Tabela 3).

Tabela 3: Coeficiente de variação (%) proporcionado pela ponta Leque 110/030 ppb®, sob diferentes condições operacionais.

Leque N110/030 ppb ®			
Altura de trabalho (m)	Pressão de trabalho (kPa)		
	300	400	500
0,40	8.0%	8.3%	6.2%
0,50	8.1%	7.8%	7.8%

Fonte: *Elaboração Própria (2024).*

A pressão de trabalho que apresentou menor variação, em relação à altura de trabalho, foi de 300 kPa, resultando em um coeficiente de variação (CV%), na altura de 0,40 m, de CV=8,0%, e, na altura de trabalho de 0,50 m, CV=8,1% (Tabela 4). Por outro lado, a pressão de trabalho que apresentou maior variação do coeficiente de variação (CV%), em relação à altura de trabalho, foi de 500 kPa, comparando as alturas de 0,50 e 0,40 m, saindo de um coeficiente de variação (CV%) de CV=7,8% para CV=6,2% (Tabela 3).

Em geral, o modelo de ponta de pulverização Leque-110/030 ppb® diminuiu seu coeficiente de variação, nas pressões de 300 e 500 kPa, ao reduzir a altura de trabalho de 0,50 para 0,40 m, sendo que, na pressão de 400 kPa, se comportou de maneira oposta. Ao alterar a altura de trabalho de 0,50 para 0,40 m, nas pressões de trabalho de 300 e 500 kPa, reduziu-se o coeficiente de variação (CV%), porém, na pressão de trabalho de 400 kPa, o coeficiente de variação (CV%) aumentou (Tabela 3).

Para o modelo de pulverização AD-007/D Peta®, o menor coeficiente de variação (CV%) foi obtido na altura de trabalho de 0,50 metros e 300 kPa de pressão (Tabela 4), porém, com valores acima dos padrões aceitos pelas normas internacionais (EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION, 1997).

Tabela 4: Coeficiente de variação (%) proporcionado pela ponta AD-007/D Peta®, sob diferentes condições operacionais.

Leque duplo AD-007/D Peta®			
Altura de trabalho (m)	Pressão de trabalho (kPa)		
	300	400	500
0,40	21.7%	29.8%	30.4%
0,50	11.1%	14.0%	12.9%

Fonte: Elaboração Própria (2024).

Os resultados obtidos através das amostragens da ponta AD-007/D Peta® foram os que apresentaram, em geral, os maiores coeficientes de variação, portanto, as pressões de trabalho indicadas pela tabela de vazão do fabricante variam de 103 a 310 kPa (Tabela 1), o que ressalta a importância de se trabalhar na pressão adequada para cada tipo de ponta de pulverização, que também deve ser avaliada de forma visual em campo. Segundo Chemin. C. (2023), independente de se trabalhar de forma adequada em relação ao volume adequado a cada modelo de ponta de pulverização e altura de barra, existem variáveis do equipamento que influenciam de forma direta na qualidade da uniformidade de distribuição, sendo essencial realizar manutenção preditiva, preventiva e corretiva. Aferir a pressão de trabalho, assim como aferir o desgaste das pontas de pulverização, e realizar a limpeza do sistema e de seus componentes são passos essenciais, quando se entende a influência dos processos para que o equipamento desempenhe uma boa acurácia sobre o alvo, com atenção dobrada ao trabalhar com pontas de pulverização de baixa vazão, pois são mais suscetíveis ao entupimento das pontas, prejudicando de maneira agressiva a uniformidade da aplicação.

De maneira geral, o modelo de ponta AD-007/D Peta® foi o que apresentou a maior variação em relação à altura de trabalho, ao alterar a altura de trabalho de 0,50 para 0,40 m, nas pressões de trabalho de 300, 400 e 500 kPa, o coeficiente de variação (CV%), aumentou, ou seja, para ponta de pulverização AD-007/D Peta®, quanto maior a altura e a pressão de trabalho, menor o coeficiente de variação CV% obtido entre as alturas de trabalho de 0,40 e 0,50 m (Tabela 4).

Para o modelo de ponta de pulverização AD-03/D Magnojet®, o menor coeficiente de variação (CV%), obtido na altura de trabalho de 0,50 m, deu-se na pressão de trabalho de 400 kPa e apresentou um coeficiente de variação de CV=5,0% (Tabela 5).

Tabela 5: Coeficiente de variação (%) proporcionado pela ponta AD-03/D Magnojet®, sob diferentes condições operacionais.

AD-03/D Magnojet®			
Altura de trabalho (m)	Pressão de trabalho (kPa)		
	300	400	500
0,40	7.0%	6.2%	5.9%
0,50	8.7%	5.0%	7.5%

Fonte: Elaboração Própria (2024).

A ponta AD-03/D Magnojet® reduziu o coeficiente de variação (CV%), ao alterar a altura de trabalho de 0,50 para 0,40 m, nas pressões de trabalho de 300 e 500 kPa. Em 400 kPa, o coeficiente de variação (CV%) saiu de CV=5,0 % para CV=6,2% (Tabela 5). Um padrão de comportamento já observado no modelo de ponta Leque-110/030 ppb® (Tabela 3)

A pressão de trabalho que apresentou menor variação no modelo de ponta de pulverização AD-03/D Magnojet®, em relação à altura de trabalho, foi de 400 kPa, por outro lado, a pressão de trabalho que apresentou maior variação do coeficiente de variação (CV%), em relação à altura de trabalho, foi de 500 kPa, que, comparando as alturas de 0,50 e 0,40 m, saiu de um coeficiente de variação (CV%) de CV=7,5% para CV=5,9% (Tabela 5).

Para a ponta AD-03/D Magnojet®, foram obtidos quatro resultados iguais ou inferiores a CV=7%. Na pressão de trabalho de 400 kPa, a ponta obteve uma uniformidade de distribuição interessante, em ambas alturas de trabalho, e apresentou um coeficiente de variação (CV%) inferior à 7%, na altura de trabalho de 0,40 m, em todas as pressões de trabalho (Tabela 5).

Para o modelo de ponta de pulverização Leque- AD-04/D Magnojet®, os menores coeficientes de variação (CV%), obtidos nas alturas de trabalho de 0,50 m, foram na pressão de trabalho de 300 e 400 kPa, com um coeficiente de variação de CV=4,6% em ambos. De maneira geral, todos os resultados na altura de trabalho em 0,50 metros apresentaram resultados superiores à 0,40 m, quando comparados na mesma pressão de trabalho (Tabela 6).

Tabela 6: Coeficiente de variação (%) proporcionado pela ponta AD-04/D Magnojet®, sob diferentes condições operacionais.

AD-04/D Magnojet®			
Altura de trabalho (m)	Pressão de trabalho (kPa)		
	300	400	500
0,40	5.9%	5.3%	5.8%
0,50	4.6%	4.6%	5.3%

Fonte: *Elaboração Própria (2024)*.

Em geral, o modelo de ponta de pulverização AD-04/D Magnojet®, ao reduzir a altura de trabalho de 0,50 para 0,40 m, nas pressões de trabalho de 300, 400 e 500 kPa, o coeficiente de variação (CV%) aumentou (Tabela 6).

A pressão de trabalho que apresentou menor variação, observado no modelo de ponta de pulverização AD-04/D Magnojet®, em relação à altura de trabalho, foi de 500 kPa, resultando em um coeficiente de variação (CV%) na altura de 0,40 m de CV=5,8% e, na altura de trabalho de 0,50 m, CV=5,3%. Por outro lado, a pressão de trabalho que apresentou maior variação do coeficiente de variação (CV%), em relação à altura de trabalho, foi de 300 kPa, ao alterar a altura de trabalho de 0,50 m para e 0,40 m, saindo de um coeficiente de variação CV=4,6% para CV=5,9% (Tabela 6).

Com a diversidade de modelos de pontas hidráulicas, cada uma apresenta suas características técnicas que as diferenciam, como tamanho de gotas, vazão de líquido, pressão de trabalho, perfil e uniformidade de distribuição de líquido. Além das características das pontas de pulverização, há produtos que auxiliam na aplicação de defensivos, como os adjuvantes. Tais produtos podem melhorar a uniformidade de deposição de líquido sob o alvo ou a redução da deriva, conforme relatado por Griesang *et al.* (2017) e Creech *et al.* (2018).

Para os modelos de pontas de pulverização Leque-110/020 ppb® e Leque-110/030 ppb®, observou-se um comportamento similar, conforme constatado por Sasaki *et al.* (2011), em modelos de pontas de pulverização XR 110.02 VK TEEJET® e AXI ISO 110.03 JACTO®, em pontas de pulverização tipo leque plano, a altura da barra de pulverização interferiu mais no coeficiente de variação (CV%) em modelos de ponta de pulverização tipo leque plano modelo 02 (cor amarela), quando comparado ao modelo 03 (cor azul).

Sasaki *et al.* (2011) relata que, para as pressões de trabalho de 200 e 300 kPa, para o modelo AXI ISO 110.03 JACTO®, verificou-se que, com o aumento da altura em relação ao alvo, também houve um aumento no coeficiente de variação (CV%), indicando maior desuniformidade na aplicação. Esta relação não foi constatada na pressão de 400 kPa,

comportamento similar ao obtido com as análises do modelo Leque-110/030 ppb®.

Negrisola *et al.* (2021) relata que a uniformidade de aplicação de produtos fitossanitários é crucial para garantir eficácia e economia na agricultura. A pesquisa revela que diferentes tipos de pontas de pulverização, como AXI, JGT e Defy 3D, exibem padrões de distribuição de gotas semelhantes, com picos de volume de líquido coletado concentrados na região central dos canais abaixo da ponta, no entanto, há variações sutis conforme a taxa de fluxo das pontas e os volumes de pulverização. Nas pontas que apresentaram menor taxa de fluxo, observou-se um pico menos pronunciado na região central, resultando em uma curva de distribuição mais plana ao longo dos canais de pulverização. Por outro lado, nos bicos JGT e Defy 3D, com maior taxa de fluxo, e nos bicos AXI, em ambos os volumes testados, foram registrados picos mais acentuados de volume na região central, com diminuição significativa em direção às extremidades dos canais de pulverização.

Essas observações destacam a importância de selecionar a pressão mais adequada de acordo com o tipo de pulverização que deseja realizar, a fim de garantir uma distribuição uniforme e eficiente de defensivos agrícolas, minimizando o risco de falhas na aplicação e otimizando os resultados na proteção das culturas. A compreensão detalhada desses padrões de vazão e distribuição de gotas é fundamental para melhorar a eficácia das práticas de pulverização na agricultura moderna.

6 CONCLUSÃO

A ponta de pulverização AD-04/D Magnojet® obteve os menores coeficientes de variação (CV%), em todas as alturas e pressões de trabalho, quando comparada aos modelos de ponta de pulverização AD-007/D Peta®; AD-03/D Magnojet®; Leque-110/020 ppb®; Leque-110/030 ppb®.

Levando em consideração os resultados obtidos para o modelo de pulverização AD-007/D Peta®, é de suma importância seguir as recomendações da tabela de vazão específica para cada modelo de ponta de pulverização, objetivando atingir a maior eficiência da aplicação em relação à uniformidade.

Comparando os resultados obtidos em todos os modelos de ponta de pulverização, o modelo AD-04/D Magnojet® obteve resultados abaixo de $CV=7\%$, em todas as condições operacionais testadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASABE, **American Society of Agricultural and Biological Engineers**. 2018. ASABE S572.1 Droplet size classification. Disponível em:< https://cdn2.hubspot.net/hub/95784/file-32015844-pdf/docs/asabe_s572.1_droplet_size_classification.pdf> Acesso em: 24 jul. 2024.
- ASTM E641. **Sítio da ASTM INTERNACIONAL**. 2012. Disponível em:< <https://revistacultivar.com.br/artigos/desgaste-de-pontas-de-pulverizacao>> Acesso em: 20 jun. 2024.
- BAUER, F.C.; RAETANO, C.G. Distribuição volumétrica de calda produzidas pelas pontas pulverização XR, TP e TJ sob diferentes condições operacionais. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 22, n. 2, p. 275-284, 2004.
- BOHMONT, B.L. **The new pesticide user's guide**. Fort Collins: B. & K. Enterprises, p.402, 1981.
- BRUGNARA, M. *et al.* Avaliação de pontas de pulverização e pressões de trabalho na deposição de calda e controle de plantas daninhas na cultura do feijão. **Planta Daninha**, v. 35, n.0, e017157636, 2017.
- CREECH, C. F.; HENRY, R. S.; HEWITT, A. J.; KRUGER, G. R. Herbicide spray penetration into corn and soybean canopies using air-induction nozzles and a drift control adjuvant. **Weed Technology**, v. 32, n. 1, p. 72-79, 2018.
- CUNHA, J. P. A. R.; TEIXEIRA, M. M.; FERNANDES, H. C. Avaliação do espectro de gotas de pontas de pulverização hidráulicas utilizando a técnica da difração do raio laser. **Máquinas e Mecanização Agrícola, Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v. 27, n. esp., p. 10-15, 2007.
- CHEMIN, C. **Acompanhamento de operações e operacionalização de ferramentas de tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas em lavouras de cereais hibernais**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Faculdade de Agronomia. Porto Alegre – RS. p. 19-22, 2023.
- CHRISTOFOLETTI, J. C. **Considerações sobre tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas**. Diadema, SP: Spraying Systems do Brasil Ltda, 1997.
- EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. **Agricultural and forestry machinery: sprayers and liquid fertilizer distributors (Máquinas agrícolas e florestais: pulverizadores e distribuidores de fertilizantes líquidos)**. Bruxelas: CEN, p. 17, 1997.
- FAQIRI, N.L.; KRISHNAN, P. **Effect of nozzle pressure and wind condition on spray pattern displacement of RF5 and 110-5R nozzles**. ASAE Annual Meeting. 2001.
- FERNANDES, H. *et al.* Avaliação de pontas de pulverização: uniformidade de aplicação e deriva. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n.10, p. 993-999, 2015.
- FERREIRA, M.C.; COSTA, G.M.; SILVA, A.R.; TAGLIARI, S.R.A. Fatores qualitativos da ponta de energia hidráulica Adga 110015 para pulverização agrícola. **Engenharia Agrícola**,

Jaboticabal, v.27, n.2, p.471-8, 2007.

GRIESANG, F.; DECARO, R. A.; SANTOS, C. A. M.; SANTOS, E. S.; ROQUE, N. H. L.; FERREIRA, M. C. How much do adjuvant and nozzles models reduce the spraying drift in agricultural spraying. **American Journal of Plant Sciences**, v. 8, n. 11, p. 2785-2794, 2017.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION.ISO 5682-1:
Equipment for crop protection – Spraying equipment – Part 1: test methods for sprayer nozzles. Geneva, v.3, 2017.

KULLMANN, S. E.; DIAS, V. O. Uniformidade de distribuição volumétrica de duas pontas de pulverização sob efeito da assistência de ar na barra. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 35, n. 3, p. 339-351, 2020.

MACIEL, C. F. S.; TEIXEIRA, M. M.; FERNANDES, H. C.; 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.

MAGNOJET. **Sítio da Magnojet 2024**. Disponível em:
<https://magnojet.com.br/produtos/add>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

MARTIN, D. E.; WOLDT, W. E.; LATHEEF, M. A. Effect of application height and ground speed on spray pattern and droplet spectra from remotely piloted aerial application systems. **Drones**, v. 3, n. 4, p. 83, 2019.

MATTHEWS, G. A.; BATEMAN, R.; MILLER, P. **Métodos de aplicação de defensivos agrícolas**. São Paulo: Andrei Editora, v. 4, 623 p. 2016.

MCNICHOL, A.Z.; TESKE, M.E.; BARRY, J.W. A technique to characterize spray deposit in orchard and tree canopies. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 40, n. 6, p. 1529-1536, 1997.

MINGUELA, J. V.; CUNHA, J. P. A. R. **Manual de aplicação de produtos fitossanitários**. Viçosa: Aprenda fácil, n.1 (2017).

NEGRISOLI, M. M.; SOUZA, D. M.; RODRIGUES, D. M.; JESUS, P. J.; RAETANO, C. G. Effect of angled spray nozzle designs on spray distribution and droplet Spectrum. **Revista Ciência Agronômica**, v. 52, n. 3, P. 1-9, 2021.

NUNES, C. C., ALVES, S. A. M. Tecnologia de aplicação de agroquímicos em macieiras. **Agapomi**, n. 324, p. 6-7, 2021.

OBRIGEWITCH, S. A.; PAYERO, J. O. Tipos de pontas de pulverização e sua influência na eficácia da aplicação de defensivos agrícolas. **Revista Brasileira de Agricultura de Precisão**, v. 2, n. 10, p. 309-322, 2017.

PASKE, S. T.; BACKERS, R. L. Pontas de pulverização: características e impacto na uniformidade da distribuição de líquidos. **Anais do Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola**, v. 3, n. 45, p. 1245-1252. (2019).

PERECIN, D.; PERECIN, V. A.; MATUO, T.; BRAZ, B. A.; PIO, L. C. **Padrões de distribuição de líquidos obtidos com bicos tf-vs4, tj60-11006 e tq15006 em mesa de prova**. 09f. Artigo (Pesquisa Agropecuária Brasileira) - UNESP Campus de Jaboticabal, 1998.

PEIXOTO, R. L.; CUNHA, I. B. C.; CAIXETA, D. F. Profile of deposition and flow of tti 11003 spraying points under different levels of wear. **Ipê Agronomic Journal**, v.4, n.2, p. 1, 2020.

PETA. **Difere Consultoria Brasil 2024**. Disponível em: <https://difereconsultoria.com.br>. Acesso em 25 Jul. 2024.

PPB. **Picos Pulverizadores SA 2023**. Disponível em: <https://ppb.com.ar>. Acesso em 25 Jul. 2024.

SASAKI, R. S. *et al.* Uniformidade de distribuição volumétrica de pontas de pulverização hidráulica em diferentes condições operacionais. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa - MG, v.19 n. 6, p.544, 2011.

SENAR. **Mecanização: operação de pulverizadores de barras tratorizado**. Serviço Nacional de Aprendizagem Rural, Brasília – DF. Coleção SENAR – 224. p. 77-79, 2018.

SILVA, A. G. *et al.* A deriva de defensivos agrícolas na agricultura moderna. **Revista de Ciências Agrárias**, v.41, n.2, p. 91-102, 2018.

SINDIVEG. **Sindicato Nacional da Indústria de Produtos para a Defesa Vegetal** Escritório do Sindiveg. 2024. Disponível em: < <https://sindisveg.org.br/mercado-total> > Acesso em: 25 jun. 2024.

SYNGENTA. **Sítio da Syngenta 2023**. Disponível em: <<https://portal.syngenta.com.br/infografico-pontas-de-pulverizacao>> Acesso em: 24 jul. 2024.