



FACULDADE DO FUTURO - FAF
CURSO DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**AVALIAÇÃO DE TECNOLOGIA DE PULVERIZAÇÃO VIA DRONE EM CAFÉ
ARÁBICA**

LUCAS GOMES MARIANO
NATHAN MIRANDA DE OLIVEIRA
SCHELTON NASCENTE CARVALHO

MANHUAÇU
2022



FACULDADE DO FUTURO - FAF

CURSO DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

LUCAS GOMES MARIANO

NATHAN MIRANDA DE OLIVEIRA

SCHELTON NASCENTE CARVALHO

**AVALIAÇÃO DE TECNOLOGIA DE PULVERIZAÇÃO VIA DRONE EM CAFÉ
ARÁBICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Banca Examinadora do Curso de Graduação em agronomia da Faculdade do Futuro, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Me. Danilo Messias de Oliveira.

MANHUAÇU
2022

**LUCAS GOMES MARIANO
NATHAN MIRANDA DE OLIVEIRA
SCHELTON NASCENTE CARVALHO**

**AVALIAÇÃO DE TECNOLOGIA DE PULVERIZAÇÃO VIA DRONE EM CAFÉ
ARÁBICA**

BANCA EXAMINADORA:

**Presidente orientador
Me. Eng. Agrônomo - Danilo Messias de Oliveira
Faculdade Futuro**

**1º Examinador
Dr. Eng. Agrônomo - Allan Rocha de Freitas
Faculdade Futuro**

**2º Examinador
Dr^a Eng. Agrônoma - Caroline Cândida Martins
Membro externo**

Aprovado em 03/12/2022

**MANHUAÇU
2022**

AVALIAÇÃO DE TECNOLOGIA DE PULVERIZAÇÃO VIA DRONE EM CAFÉ ARÁBICA

EVALUATION OF SPRAYING TECHNOLOGY VIA DRONE IN ARABICA COFFEE

Resumo

A região das matas de Minas é conhecida pela produção de café, tradicionalmente, a tecnologia de pulverização utilizada nesta região é a bomba costal e o “pulverizador canhão”, no entanto, com advindo da agricultura 4.0, a pulverização via drone tem ganhado destaque nas regiões de café das montanhas. Desta formar, objetivou-se avaliar a uniformidade de aplicação via drone, utilizando fitas hidrossensíveis em cafeeiro arábico adulto nas diferentes posições alvo na planta. Os tratamentos consistiram em três posições alvo (terço superior, médio e inferior) com delineamento experimental em blocos casualizados, com sete repetições, sendo avaliados os parâmetros: número de gotas, diâmetro numérico de gotas densidade de gotas, taxa de cobertura, fator dispersão, volume de calda, D10%, D50% e D90%. Verificou-se que o fator dispersão, D10%, D50% D90% diferem na posição do alvo e os demais parâmetros não diferem entre os tratamentos avaliados. A pulverização via drone demonstra qualidade, uniformidade na taxa de cobertura.

Descritores: vant's; taxa de cobertura; cafeicultura.

Abstract

The region of Matas de Minas is known for coffee production, traditionally, the spraying technology used in this region is the knapsack pump and the “cannon sprayer”, however, with the advent of 4.0 agriculture, spraying via drone has gained prominence in the mountain coffee regions. In this way, the objective is to evaluate the uniformity of application via drone, using hydrosensitive tapes in adult Arabica coffee trees in different target positions on the plant. The treatments consisted of three target positions (upper, middle and lower thirds) with an experimental design in randomized blocks, with seven replications, with the following parameters being evaluated: number of drops, numerical diameter of drops, drop density, coverage rate, dispersion factor, syrup volume, D10%, D50% and D90%. It was verified that the dispersion factor, D10%, D50% D90% differ in the target position and the other parameters do not differ between the evaluated treatments. Drone spraying demonstrates quality, uniformity in coverage rate.

Descriptors: van's; coverage rate; coffee growing.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	5
2 OBJETIVOS.....	6
2.1 Objetivo geral.....	6
2.2 Objetivos específicos.....	6
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	6
3.1 Agricultura de precisão.....	6
3.2 Tecnologias de aplicação de agrotóxicos.....	7
3.3 Drones/VANT's para pulverização de agrotóxicos.....	7
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	8
4.1 Metodologia do experimento.....	8
4.2 Avaliações dos parâmetros experimentais.....	10
4.3 Análises estatísticas.....	10
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	10
6 CONCLUSÕES.....	12
7 REFERÊNCIAS.....	13

1 INTRODUÇÃO

O gênero *Coffea*, no qual se incluem as espécies (*Coffea arabica* L.) e (*Coffea canephora*), contempla as duas principais culturas do Brasil. A área destinada à cafeicultura nacional em 2022 é de 2,24 milhões hectares, dos quais 1,84 milhões de hectares são de lavouras em produção e 401 mil hectares em formação, com aumento de área total cultivada em comparação à safra passada. Entre as lavouras em produção, estima-se que 1,452 mil hectares foram dedicados ao café arábica e 389 mil hectares ao café conilon (CONAB, 2022).

A região das Matas de Minas é uma importante produtora de cafés especiais (ZAIDAN et al., 2016) conhecida internacionalmente, sendo uma cultura que necessita de uma série de fatores para produzir, destacando-se os micronutrientes e sua disponibilidade para a planta (VIEIRA et al., 2007), apoda, a desbrota, o manejo de pragas e a adubação equilibrada, sendo que para o último há uma correlação direta com a pulverização (VENTURIM et al., 2018).

Visando proporcionar uma melhor nutrição e fitossanidade do cafeeiro, realiza-se a pulverização de nutrientes e defensivos agrícolas na cultura, uma das formas mais utilizadas para proteção contra pragas, doenças e plantas daninhas tem sido a aplicação de agrotóxicos, sob a forma de pulverização (JULIATTI et al., 2010). Tradicionalmente, as tecnologias de aplicação utilizadas na região, além da bomba costal que, embora proporcione maior cobertura da cultura, expõe o aplicador aos agrotóxicos prejudicando a sua saúde (FREITAS et al., 2006). Paralelo a este método de aplicação tem-se o pulverizador “canhão”, que possibilita maior rendimento operacional e menor contato com o produto, entretanto, à maior possibilidade de deriva e menor uniformidade de aplicação, maior gasto de água, limitação de uso por conta do relevo e maior gasto de tempo para as aplicações.

A partir do advento da agricultura 4.0, a utilização de drones vêm sendo utilizadas em diversos setores, especialmente na pulverização aérea das lavouras, devido o menor volume de calda utilizado, baixa exposição do aplicador ao defensivo agrícola e rapidez na aplicação, sendo volume de calda utilizado, quando comparado com o sistema de aplicação tratorizada ou costal, 96% menor (CALDEIRA et al., 2020).

Aumento-se a escassez da mão de obra para aplicação de defensivos através da bomba costal, por conta da dificuldade do serviço e pela exposição ao produto que o aplicador na hora da atividade é arremetido, crescendo a utilização de “canhão pulverizador” que é limitado o alcance no qual o produto é pulverizado, tendo grande percas e contaminações por deriva afetando a uniformidade e quantidade de defensivos aplicados por hectare, gerando

percas econômicas e de eficiência de controle. Desta forma surge a necessidade de avaliar a tecnologia de pulverização via drone em cafeeiro quanto a uniformidade de aplicação. Como hipótese do presente trabalho, acredita-se que a utilização de drone possibilite uniformidade de aplicação nas diferentes seções do cafeeiro, permitindo rápida aplicação, consequentemente, maior contato do produto aplicado ao alvo.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar a qualidade da pulverização com drones utilizando fita hidrossensível nas diferentes posições alvo do cafeeiro.

2.2 Objetivos específicos

Avaliar o índice de cobertura, risco de deriva, deposição de gotas por cm² e tamanho de gotas a partir de diferentes posições alvo (terço: superior, médio e superior) da planta de café.

Interpretar os dados obtidos e inferir recomendações de utilização dos drones para pulverização de agrotóxicos com base nas tecnologias de aplicação.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Agricultura de precisão

A agricultura de precisão teve sua origem em meados de 1920 como a popularização dos sistemas de informação geográfica e os GPS de alta precisão, porém os conceitos ficaram mais conhecidos por volta de 1980 no Estado Unidos, e essa evolução na agricultura chegou no Brasil a partir da década de 90 (MONTAGNA, 2021). O desenvolvimento de sensores e softwares para aplicação na agricultura constituindo um sistema de manejo agrícola baseado na variabilidade espacial das culturas para aumentar o retorno econômico e reduzir o impacto ambiental (COELHO, 2005).

O sistema de manejo agrícola, fundamentado na variabilidade espacial das culturas, tem em vista reduzir os impactos ambientais e aumentar o retorno econômico. No Brasil essa aplicabilidade está atrelada a adoção das ferramentas nas máquinas agrícolas na cultura de

cereais, colheitadeiras e plantadeiras com sistema de GPS acoplado além de sensores que possibilitava uma melhor precisão e quantificação no quesito plantio e colheita, reduzindo custo e gerando colheitas mais precisas. E especificadamente nas regiões montanhosas a principal ferramenta para ser aplicar a agricultura de precisão é o uso de drones, já que o relevo predominante na região não favorece o uso de tratores e máquinas agrícola (SILVEIRA, 2015), sendo uma ótima ferramenta para diminuição no gasto de produtos, melhor entrega de aplicação no quesito assertividade no alvo.

3.2 Tecnologias de aplicação de agrotóxicos

A qualidade de aplicação de agrotóxicos tem crescido conforme se evolui as tecnologias de aplicação, visando sempre atingir o alvo com menos perda e mais efetividade. Tecnologias de gotas, tipos de bicos, calda mais homogêneas e de menor volume, tem como objetivo reduzir a contaminação do meio ambiente, sendo mais eficiente na aplicação de agrotóxicos (AZEVEDO et al., 2006).

Tradicionalmente, as tecnologias de aplicação utilizadas na região, além da bomba costal que, embora proporcione maior cobertura da cultura, expõe o aplicador ao defensivo agrícola tem-se o “pulverizador canhão”, que possibilita maior rendimento operacional e menor contato com produto, no entanto, e maior possibilidade de deriva e menor uniformidade de aplicação. Alterando os fatores inerentes a tecnologia de pulverização conforme a ferramenta utilizada para aplicação como, tamanho de gota, volume de calda, deriva, índices de cobertura.

Diante das problemáticas inerentes as tecnologias de pulverização o uso de aviões e helicópteros pulverizadores têm sua predominância em relevos mais planos e na cultura dos cereais, em regiões de grande declividade o uso de drones pulverizadores se apresenta como opção de tecnologia de aplicação já que consegue fazer a cobertura da área com menor volume de calda e com posicionamento via GPS apresentando cobertura total com menos risco de deriva por conta do vórtex que rotores do drone produzem na aplicação (CARLESSO; BARIVIERA, 2022).

3.3 Drones/VANT's para pulverização de agrotóxicos

Os drones e VANTs de pulverização agrícola são ferramentas inovadoras, utilizadas atualmente de forma crescente a partir de veículos aéreos não tripulados de controle remoto

ou autônomo. Os drones reduzem os danos sofridos pelo meio ambiente e que afeta a saúde humana, além de apresentarem vantagens operacionais comparado aos tratores (COSTA, 2019).

A tecnologia de aplicação via drone é muito promissora trazendo inúmeras vantagens, como a diminuição das quantidades de estradas que são necessárias para o uso de máquinas pesadas a cultura sofre menos danos já que não tem contato direto com o operador, não depender da declividade ou condição do solo; não há necessidade do uso de combustível por usar bateria; aplicação mais rápida; tem sua aplicação em lugares declivosos onde os tratores não conseguem trabalhar, e a diminuição na quantidade de água usada na calda (SCHLEMER, 2022).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 - Metodologia do experimento

O experimento foi realizado no dia 08 de setembro de 2022, em Manhumirim – MG, a 856 m de altitude nas coordenadas geográficas $20^{\circ}20'15''$ S e $41^{\circ}59'34''$ W, sobre a cultura café arábica, variedade Catuai 144 (Vermelho), com 4 anos de plantio e porte de 1,80 metros de altura, estando espaçadas 2,8 x 0,8 m (Figura 1). No momento da realização dos testes o café encontrava-se no estágio fenológico vegetativo. Após o reconhecimento da área, definiu-se o plano de voo e posteriormente configurou-se o rádio que envia as informações altura, faixa de aplicação, velocidade de aplicação e vazão.

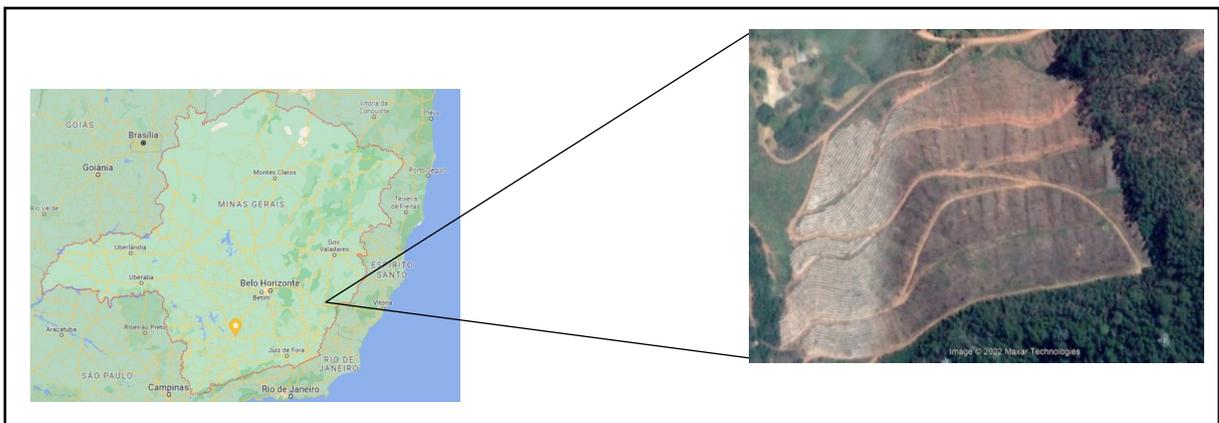


Figura 1: Localização da área utilizada para o teste de pulverização via drone ($20^{\circ}20'15''$ S e $41^{\circ}59'34''$ W).

Fonte: Google Earth.

O drone utilizado foi o da marca Agras T10 (TJI) (Figura 2a), desenvolvido para realizar pulverizações de produtos agrícolas em diversas culturas e sistemas de cultivo. O drone dispõe de um controle remoto para navegação, quatro pontas de pulverização do tipo leque bico Teejet, EUA (XR110015 2,4 l.min⁻¹) e um reservatório com capacidade para 10 litros de calda.

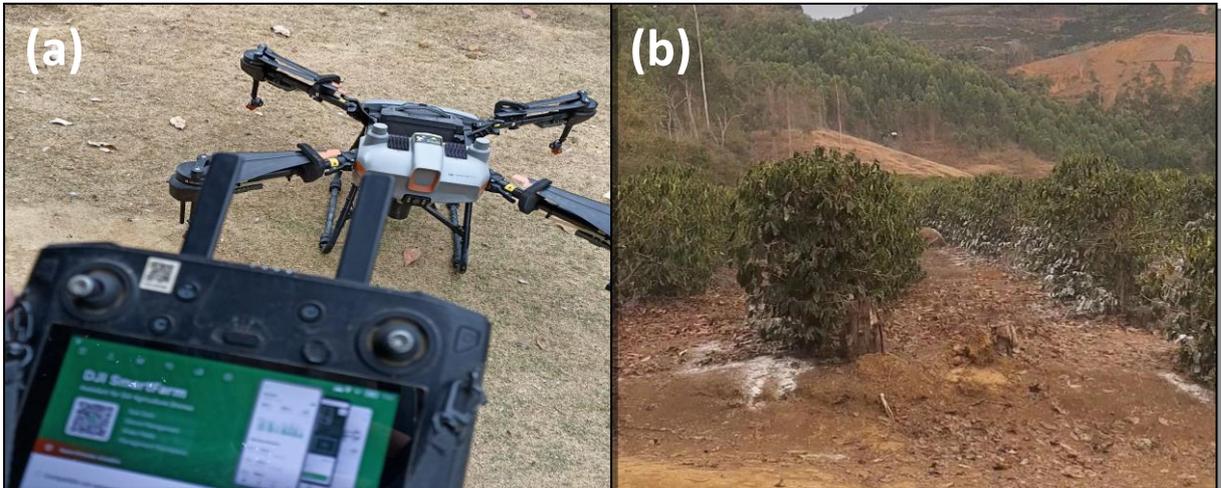


Figura 2: Drone Agras T10 – TJI, reservatório com capacidade para 10 litros de calda (a). Lavoura de café arábica, variedade Catuai 144 (Vermelho), com 4 anos de plantio (b).

Fonte: Autores

No período que antecedeu a pulverização foram obtidos os seguintes dados da localidade: temperatura de 24° C, velocidade do vento de 11 km.h⁻¹, umidade relativa do ar de 40%. No momento da pulverização a velocidade média de voo do drone foi 18 km.h⁻¹, à media de 5,5 metros em relação ao solo conforme o plano de voo do sistema do drone e com volume de calda despejado de 10 L.ha⁻¹.

Para coleta dos dados, delimitou-se uma área 14000 m² dentro da lavoura (Figura 2b), composta de aproximadamente 6200 plantas, em que os tratamentos consistiram na posição alvo das fitas hidrossensíveis em três seções na planta (terço superior, médio e inferior). O delineamento experimental foi em sete blocos casualizados, contendo quatro plantas aleatórias por bloco e três fitas por plantas.

Os papéis hidrossensíveis foram colocados nos ramos plagiotrópicos do cafeeiro, 50 cm do ramo ortotrópico. Logo após a coleta dos dados os papéis hidrossensíveis foram devidamente identificados e armazenados em sacos plásticos herméticos, para posteriormente serem avaliados os parâmetros experimentais, número de gotas, diâmetro numérico de gotas (μm) densidade de gotas (gotas.cm⁻²), taxa de cobertura (%), fator dispersão, volume de calda (L.ha⁻¹), D10% (μm) - representa a distribuição dos diâmetros das gotas no qual os diâmetros menores que D10, compõem 10%, do volume total de líquido da amostra; D50% (μm) -

representa a distribuição dos diâmetros das gotas em que os diâmetros menores que D50 compõem 50% do volume total de líquido da amostra, sendo também conhecido como diâmetro mediano volumétrico (VMD) e D90% (μm) - representa a distribuição dos diâmetros das gotas de maneira tal que os diâmetros menores que e D90 compõem 90% do volume total de líquido da amostra (CHAIM et al., 2002).

4.2 – Avaliações dos parâmetros experimentais

Para avaliação da eficiência da pulverização foram realizadas leituras dos valores: número de gotas, diâmetro numérico de gotas (μm) densidade de gotas (gotas.cm^{-2}), taxa de cobertura (%), fator dispersão, volume de calda (L.ha^{-1}), D10% (μm), D50% (μm) e D90% (μm), através do programa de calibração de pulverização – Gotas, desenvolvido pela Embrapa Meio Ambiente.

4.3 - Análises estatísticas

Os dados foram analisados quanto a sua normalidade e homogeneidade de variância, em seguida foram feitas análises de variância e o teste Tukey, em nível de 5 % de probabilidade, para separação das médias pelo programa R (ExpDes) (R Development Core Team, 2016).

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Tabela 1 são apresentados os valores de teste F obtidos através da análise. Verificou-se que houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) para fator dispersão, D50% e D90% e, fortemente significativa no parâmetro D10% ($p \leq 0,01$), indicando que a distribuição dos diâmetros das gotas menores compõe 10% do volume total do produto interceptado pelas fitas hidrossensíveis respondem de forma diferenciada nas posições avaliadas na planta.

Observou-se que os parâmetros: diâmetro numérico de gotas (DN), taxa de cobertura (TC), densidade de gotas (DG), número de gotas (NG) e volume de calda (VC) não diferiram ($p > 0,05$) em função da localização avaliada na planta de café (Tabela 1). Desta forma, a posição do alvo na planta não influenciou os parâmetros de pulverização estudados. Para Li et al., (2021) a qualidade e o desempenho da pulverização usando drones oferece uma proteção

mais eficaz e eficiente para a cultura, tendo em vista o espectro das gotas e o melhor destino durante a aplicação.

Tabela 1: Médias dos parâmetros: número de gotas (NG), diâmetro numérico de gotas (DN), densidade de gotas (DG), taxa de cobertura (TC), fator dispersão (FD), volume de calda (VC), D10% (D10), D50% (D50) e D90% (D90) em função da posição alvo (terço superior, médio e inferior) na planta de café arábica.

Fonte Variação	NG	DN	DG	TC	FD	VC	D10	D50	D90
P. A.	1,35 ^{ns}	1,93 ^{ns}	1,85 ^{ns}	2,69 ^{ns}	3,92*	0,63 ^{ns}	8,07**	4,10*	4,27*
Bloco	1,64 ^{ns}	0,27 ^{ns}	2,54*	0,57 ^{ns}	1,92 ^{ns}	0,50 ^{ns}	0,75 ^{ns}	1,46 ^{ns}	1,05 ^{ns}
Média	1865,28	178,61	1,34	6,11	1,50	35,38	863,06	2723,86	4599,79
CV (%)	41,96	22,86	38,68	34,46	13,87	30,35	16,35	24,34	8,10

P.A. = Posição Alvo. Significativo pelo teste F: * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; ns: não significativo.

Embora o DN não tenha diferido significativamente ($p > 0,05$) (Tabela 1), a média (178,61 μm) observada está de acordo com relatado por Marubayashi et al., (2021), para os autores valores de DN acima de 100 μm reduzem a deriva no dossel da planta, devido o maior o diâmetro da gota.

Mesmo não diferindo estatisticamente ($p > 0,05$) a TC foi uniforme entre as partes do cafeeiro, o percentual de cobertura na parte superior foi em média 5,66%, próximo do observado na parte inferior 5,09% (Tabela 1). De forma contrária, Souza et al., (2022) ao avaliar a porcentagem de cobertura em plantas de café de montanha utilizando drone na altura de 4,0 m, obtiveram valores entre 7,6% para a parte superior da planta e 3,5% para a parte inferior. Para os autores à dificuldade imposta pela massa foliar da parte superior das plantas, comprometeu a uniformidade de aplicação.

O fator dispersão (FD) oferece informações das dispersões dos tamanhos das gotas dentro de uma amostra, sendo uma variável que diferencia são as dimensões de gotículas de uma determinada pulverização (CHAIM et al., 2002). Para Qin et al., (2016) a uniformidade de distribuição e o tamanho das gotas devem ser quantificados durante a pulverização por se tratar de um dos principais parâmetros para avaliar a tecnologia de aplicação.

Constatou-se que o FD apresentou valores diferentes na posição alvo da planta sendo o terço superior que demonstrou maior dispersão, esse resultado pode ser explicado em virtude fatores climáticos na pulverização e a dinâmica do fluxo de ar causado pelas hélices do drone pulverizador, em maiores alturas de voo a um aumento no arrasto das gotas pelo vento e evaporação (Tabela 2). Segundo Silva et al., (2022) as aplicações com drone em diferentes

alturas promove alteração do tamanho de gotas e na dispersão, tendo em vista que o arrasto das gotas sofre ação do vento e convergem em maior fator dispersão devido aos aspectos do clima na hora da aplicação, altura e o tempo que gota demora atingir o alvo.

Tabela 02: Média dos parâmetros: fator dispersão, D10%, D50% e D90% em função da posição alvo (terço superior, médio e inferior) na planta de café arábica.

Posição Alvo	Fator Dispersão	D10%	D50%	D90%
		----- (µm) -----		
Terço Superior	1,64 a	751,39 b	2140,18 b	4370,95 b
Terço Médio	1,33 b	1036,56 a	3086,74 a	4927,62 a
Terço Inferior	1,53 ab	804,22 b	2944,66 ab	4500,81 ab

Médias seguidas da mesma letra minúsculas entre tipos de tratamentos, não diferem entre si, pelo teste Tukey para $p \leq 0,05$.

Zheng et al., (2018), por meio de simulação, observaram que o aumento da altura de voo e o fluxo de ar gerado pelas hélices do drone influenciam no alcance de pulverização, uniformidade de deposição e penetração de pulverização no dossel da planta.

Ao avaliar o D50% observou-se maiores médias nos alvos localizados no terço médio do cafeeiro (Tabela 2). Resultados similares foram constatados nos D10% e D90%. O maior diâmetro mediano volumétrico (VMD) das gotas observados nessas regiões podem estar associados ao volume de folha no cafeeiro, gotas menores favorece a maior capacidade de penetração no dossel da planta. Meng et al., (2022), avaliando o impacto do adjuvante no ângulo de contato e distribuição de gotas em plantas de citros, obtiveram valores maiores de VMD na posição alvo superior e menores valores de diâmetro mediano volumétrico na parte inferior, no qual diferem deste estudo, possivelmente em decorrência da arquitetura da planta.

6 CONCLUSÃO

O sistema de pulverização por veículo aéreo não tripulado possibilita uniformidade vertical de aplicação nas diferentes posições alvo da planta de café arábica.

No terço médio das plantas há maior diâmetro volumétrico das gotas e há maior dispersão nos terços superior e inferior.

São necessários que novos estudos sejam realizados para demonstrar a efetividade do uso de drones nas pulverizações na cafeicultura das montanhas.

7 REFERÊNCIAS

- BETTINI, P. C.; MIRANDA, J. E.; GUSMAO, L. C. A.; OLIVEIRA NETO, B. A. **Avaliação da deposição de gotas em pulverizações terrestres e aérea na cultura do algodoeiro**. In: Congresso Brasileiro do Algodão, 6, 2007, Uberlândia. Anais...Uberlândia: EMBRAPA, 2007.
- CALDEIRA, G. F. **Drone reduz até 96% uso de água na pulverização de pastos**. Disponível em: < <https://agevolution.canalrural.com.br/drone-reduz-ate-96-uso-de-agua-na-pulverizacao-de-pastos/>>. Acesso em: 01 de novembro de 2022.
- COELHO, A. M.. Agricultura de precisão: manejo da variabilidade espacial e temporal dos solos e culturas. **Documento 46**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo. 60 p. 2005.
- CARLESSO, J. A.; BARIVIERA, R. **Avaliação da qualidade de pulverização com drones, utilizando diferentes vazões, velocidades e faixa de aplicação**. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Agronomia). Instituto Federal de Santa Catarina. São Miguel do Oeste, SC, 2022.
- COSTA, R. D.. **Análise da atuação dos drones na segurança de um país**. 2019. 128 f. Dissertação (Mestrado em Direito e Segurança) Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2006.
- CHAIM, A.; NETO, J. C.; GATTAZ, N. C.; VISOLI, M. C. **GOTAS - Programa de análise de deposição de agrotóxicos**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2002. 73p.
- CONAB. Brasília, DF: **Superintendência de Marketing e Comunicação**, v. 9, n. 3, 5 set. 2022. Trimestral. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cafe>. Acesso em: 20 set. 2022.
- AZEVEDO, F. R.; CHAGAS O. F. F. Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas. **Documento 102**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical. 48 p. 2006.
- FERREIRA, M. C., LEITE, G.J.; LASMAR, O.. Cobertura e depósito de calda fitossanitária em plantas de café pulverizadas com equipamento original e adaptado para plantas altas. **Bioscience Journal** [online], vol. 29, pp. 1539–1548. November 2022.
- FREITAS, C. S. **Análise ergonômica da atividade com pulverizador costal manual na cultura do café no município de Caratinga - MG 2006**. 70 f. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Sustentabilidade) Centro Universitário de Caratinga, Caratinga, 2006.
- JULIATTI, F. C.; NASCIMENTO, C.; REZENDE, A. A. Avaliação de diferentes pontas e volumes de pulverização na aplicação de fungicida na cultura do milho. **Summa Phytopathologica**, Jaguariúna, v. 36, n. 3, p. 216-221, 2010.
- LI, X.; GILES, D. K.; ANDALORO, J. T.; LONG, R.; LANG, E. B.; WATSON, L. J.; QANDAH, I.. Comparison of UAV and fixed-wing aerial application for alfalfa insect pest control: evaluating efficacy, residues, and spray quality. **Pest Management Science**, [S.L.], v. 77, n. 11, p. 4980-4992, 19 jul. 2021.

MARUBAYASHI, R. Y. P.; OLIVEIRA, R. B.; FERREIRA, M. C.; ROGGIA, S.; MORAES, E. D.; SAAB, O. J. G. A.. Insecticide spray drift reduction with different adjuvants and spray nozzles. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, [S.L.], v. 25, n. 4, p. 282-287, abr. 2021.

MENG, Y.; ZHONG, W.; LIU, C.; SU, J.; SU, J.; LAN, Y.; WANG, Z.; WANG, M.. UAV spraying on citrus crop: impact of tank-mix adjuvant on the contact angle and droplet distribution. **Peerj**, [S.L.], v. 10, p. 1-10, 11 mar. 2022.

MONTAGNA, T. B. **Agricultura de precisão no sudoeste do Paraná: Processo de difusão, perspectivas e aspectos socioeconômicos**. 306 f. Tese (Doutorado em Geografia) Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Francisco Beltrão, 2021.

QIN, W.; QIU, B.; XUE, X.; CHEN, C.; XU, Z.; ZHOU, Q.. Droplet deposition and control effect of insecticides sprayed with an unmanned aerial vehicle against plant hoppers. **Crop Protection**, [S.L.], v. 85, p. 79-88, jul. 2016.

R Development Core Team (2016) R Data Import / Export. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.

SCHLEMER, G. D.. **Deposição de defensivos agrícolas na cultura da soja: influência do volume de calda e modelos de ponta para aplicação com drone**. 2022. 25 f. Trabalho de conclusão de curso - Curso de Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria, Frederico Westphalen, 2022.

SILVA, M. R. A. **Deposição de calda aplicada com aeronave remotamente pilotada nas culturas de milho e soja: deposição de calda aplicada com aeronave remotamente pilotada na cultura do milho**. 2022. 49 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2022.

SILVEIRA, A. S. **Atributos sensoriais dos cafés cultivados em diferentes altitudes e faces de exposição na região das Matas de Minas**. 60 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2015.

SOUZA, F. G.; PORTES, M. F.; SILVA, M. V.; TEIXEIRA, M. M.; FURTADO J., MARCONI R.. Impact of sprayer drone flight height on droplet spectrum in mountainous coffee plantation. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, [S.L.], v. 26, n. 12, p. 901-906, dez. 2022.

VENTURIM, C. H. P.; FERREIRA, G. H.; BASTOS, F. T.; SILVA, A. M.. **Produtividade do cafeeiro em função de pulverização com micronutrientes na região das matas de Minas**. In: 44° Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 2018, Franca, SP. Anais 421, 2018.

VIEIRA, G. J. M. YASUDA, M.; GONÇALVES, M. G.; IEIRI, A. Y.; KIHARA, C.; NASCIMENTO, A. F.; C, A.; PALMA, H.; PEREIRA, W. F.. **Efeito de pulverizações com o fertilizante foliar yogen café sobre o aumento dos teores de nutrientes na folha do cafeeiro**. In: Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, 5., 2007, Águas de Lindóia. Anais. Brasília, Df: Embrapa Café, 2007. v. 5, p. 140-145.

ZAIDAN, U R.. CORRÊA, P. C.; FERREIRA, W. P. M.; CECON, P. R.. Ambiente e Variedades Influenciam a Qualidade de cafés das Matas de Minas. **Coffee Science**, Lavras, v. 12, n. 2, p. 240-247, 19 ago. 2016.

ZHENG, Y.; YANG, S.; LIU, X.; WANG, J.; NORTON, T.; CHEN, J.; TAN, Y.. The computational fluid dynamic modeling of downwash flow field for a six-rotor UAV. **Frontiers Of Agricultural Science And Engineering**, [S.L.], p. 159-167, 2018.