



ISSN: 2447-5580

Disponível em: <http://periodicos.ufes.br/BJPE/index>



Brazilian Journal of
Production Engineering

BJPE - Revista Brasileira de Engenharia de Produção



Campus São Mateus
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

ARTIGO ORIGINAL

OPEN ACCESS

CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO EM PULVERIZAÇÃO USANDO VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO NA CULTURA DO CAFÉ CONILON

CONTROL SPRAYING PROCESS STATISTICS USING UNIMPROVED AIR VEHICLE IN CONILON COFFEE CULTURE

Débora Moro Soela^{1*}, Edney Leandro da Vitória², Ronaldo Furtado de Oliveira³,
Déborah Hoffmam Crause⁴, Ismael Lourenço de Jesus Freitas⁵, & Tamara Locatelli⁶

^{1 2 3 4 5 6} Departamento de Ciências Agrárias e Biológicas do Centro Universitário Norte do Espírito Santo da Universidade Federal do Espírito Santo, Rodovia BR 101 Norte, Km. 60, Bairro Litorâneo, CEP 29932-540, São Mateus. ¹deboramoro.s@hotmail.com ²vitoria.edney@gmail.com ³roirriga@gmail.com ⁴deborahlife2014@hotmail.com ⁵ismaelljf@yahoo.com.br ⁶tamaralocatelli@gmail.com

ARTIGO INFO.

Recebido em: 30.04.2020

Aprovado em: 29.06.2020

Disponibilizado em: 07.07.2020

PALAVRAS-CHAVE: Deposition; runoff; application technology.

KEYWORDS: Deposição; escoamento; tecnologia de aplicação.

*Autor Correspondente: Soela, D. M.

RESUMO

O Controle Estatístico de Processo é uma ferramenta importante para detecção e ajustes do aprimoramento da variabilidade e aumento da qualidade das pulverizações agrícolas. Objetivou-se com este trabalho, avaliar a qualidade e a variabilidade, por meio do controle estatístico de processo, da deposição de calda pulverizada nas folhas do cafeeiro e a perda para o solo, promovida pela aplicação com Veículo Aéreo Não Tripulado a diferentes alturas de pulverização em dois genótipos de cafeeiro Conilon. O experimento foi realizado em lavoura de café conilon no ano de 2018, com delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 3 x 2, sendo três alturas de operacionais de voo em relação a copa do cafeeiro (1,0, 1,5 e 2,0 m) e dois genótipos de café conilon (A1 e Bamburral), com 12 repetições por tratamento. Utilizou-se a espectrofotometria para quantificar os depósitos de calda nas folhas da parte superior e inferior e o escoamento no solo. Avaliou-se a qualidade estatística das pulverizações,

utilizando-se controle estatístico de processo. Através das cartas de controle não se detectaram padrões de não aleatoriedade dentro dos tratamentos, assegurando a boa qualidade das aplicações realizadas na cultura do café. Todos os tratamentos estiveram dentro dos limites, mas, à altura de voo de 1,0 m e o genótipo A1, apresentaram os melhores resultados de deposição superior e inferior.

ABSTRACT

Statistical Process Control is an important tool for detecting and adjusting the improvement of variability and increasing the quality of agricultural sprays. The objective of this work was to evaluate the quality and variability, through statistical process control, of the deposition of sprayed syrup on the leaves of the coffee tree and the loss to the soil, promoted by the application with Unmanned Aerial Vehicle at different heights of spraying on two Conilon coffee genotypes. The experiment was carried out in a Conilon coffee plantation in 2018, with a completely randomized design in a factorial scheme 3 x 2 factorial scheme, with three flight operating heights in relation to the coffee canopy (1.0, 1.5 and 2.0 m) and two genotypes of conilon coffee (A1 and Bamburral), with 12 repetitions per treatment. Was used spectrophotometry to quantify, by, the syrup deposits on the leaves of the upper and lower part and the runoff on the soil. The statistical quality of the sprayings was evaluated, using statistical process control. Through the control charts, no non-random patterns were detected within the treatments, ensuring the good quality of the applications carried out in the coffee culture. All treatments were within the limits, but at the 1.0 m flight height and the A1 genotype, they showed the best results of upper and lower deposition.



1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor e exportador mundial de café. Na colheita de 2018, foram produzidas 61,7 milhões de sacas beneficiadas de café arábica (*Coffea arábica*) e de Conilon (*Coffea canephora* Pierre) (CONAB, 2018). Esta alta produtividade, demonstra a importância dessa atividade no Brasil, sendo fonte de renda e emprego. Contudo, as lavouras estão susceptíveis ao ataque de pragas, doenças e plantas daninhas, e essas interferências podem reduzir o potencial produtivo, podendo alcançar níveis de danos econômicos, sendo, portanto, necessário o uso da tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas.

Com relação à tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários, o cafeeiro possui diversos desafios, principalmente no que se refere à penetração da calda no dossel, por se tratar de uma cultura que possui arquitetura com grande índice de área foliar, impossibilitando eficiência na penetração e cobertura das folhas através da pulverização, e elevando o risco de deriva, que pode resultar na baixa eficiência fitossanitária (Silva, et al., 2016). A deriva, principalmente de produtos fitossanitários, é uma grande dificuldade na agricultura moderna (Nuyttens, et al., 2011). Estudos sobre padrões de deposição de pulverizações indicam grande variabilidade de deposição dos pesticidas ao longo das faixas de aplicação, o que diminui a eficácia dos tratamentos (Gupta, & Duc, 1996; Pergher, et al., 1997). De maneira geral, a deposição nas partes internas e mais baixas do dossel das culturas é inferior as demais.

Essa dificuldade deve ser considerada, principalmente, na escolha do equipamento para a definição da tecnologia de aplicação mais adequada, visando a correta deposição e distribuição do ingrediente ativo na parte aérea da planta, o tamanho de gota, taxa de aplicação e vazão, a fim de minimizar a contaminação dos trabalhadores e do ambiente e maior eficiência da aplicação (Gitirama Neto, et al., 2016).

O desenvolvimento e uso dos Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT), mostra-se como importante opção no setor agrícola. Sua aplicação em missões de pulverização e monitoramento vem sendo favorecida e facilitada pelos avanços tecnológico, trazendo benefícios quanto à redução de custos, tamanho dos equipamentos e necessidade de otimização da produção (Jorge, et al., 2014). Comparando com a aeronave agrícola tripulada, os VANTs não precisam de estação de navegação ou aeroporto, não necessitando de uma área específica para decolagem ou pouso.

Além disso, a baixa taxa de voo sem carga e menos tripulação reduzem as despesas de operações e administração (Xiongkui, et al., 2017), possuem curto raio de viragem devido a pairar e virar flexivelmente no ar, que são adequados para trabalhar em terrenos acidentados e pequenos parcelas com alta eficiência (Qin, et al., 2016). Estudos nas culturas de arroz, trigo, doenças do milho e prevenção de danos causados por insetos têm sido sistematicamente conduzidos usando a tecnologia de pulverização VANT (Gao, et al., 2013; Pederi, & Cheporniuk, 2015, Zheng, et al., 2017). Porém, na cultura do café, ainda são escassas as pesquisas que mostram a qualidade de aplicação e a variabilidade dos resultados com a utilização dos VANT's.

O auxílio de técnicas estatísticas no controle das operações agrícolas tecnificadas, como o Controle Estatístico do Processo (CEP), é uma realidade, pois, é uma ferramenta que pode ser definida como um método de prevenção e detecção de problemas nos processos, e eles podem



ser corrigidos antes que muitos itens não conformes sejam produzidos evitando que variações ocorram (Mingoti, & Fidelis, 2001). Suguisawa, et al., (2007), trabalhando com qualidade de aplicação de herbicida em lavoura de trigo, mostraram que o processo apresentava irregularidade e grande variabilidade, necessitando de melhorias, mas como os produtos utilizados eram sistêmicos, considerou como razoável a qualidade da operação.

O CEP é uma ferramenta importante para detecção e ajustes do aprimoramento da variabilidade de processos e aumento da qualidade das pulverizações. Neste sentido, apresentam-se as seguintes questões: Como executar o controle estatístico de processos para determinação da qualidade de pulverização dos defensivos agrícolas no cafeeiro usando VANTs? Quais suas principais contribuições nesta operação? A hipótese primária para estas questões é que o CEP é um procedimento teórico que possui ferramentas e técnicas específicas que adaptadas podem ser úteis na análise da qualidade da pulverização usando VANTs.

Sendo assim, objetivou-se com este trabalho, avaliar a qualidade e a variabilidade, por meio do controle estatístico de processo, da deposição de calda pulverizada nas folhas do cafeeiro e a perda para o solo, promovida pela aplicação com Veículo Aéreo Não Tripulado a diferentes alturas de pulverização em dois genótipos de cafeeiro Conilon.

1. METODOLOGIA

2.1 Caracterização da área experimental

O experimento foi realizado em Outubro de 2018, na Fazenda Experimental do Centro Universitário Norte do Espírito Santo, da Universidade Federal do Espírito Santo, latitude 18° 40' 25" S, longitude 40° 51' 23"W, em solo tipo Argissolo de textura franco arenosa. O clima da região é quente e úmido, tipo Aw, com estação seca no outono-inverno e estação chuvosa na primavera-verão, de acordo com a classificação de Köppen (Alvares, et al., 2013).

A área experimental é uma lavoura de café conilon, composta pelos genótipos de café 143, Cultivar ENCAPA (Bragança et al., 2001) nas linhas úteis, e os genótipos polinizadores: "Bamburral" e "A1", (Giles, et al., 2018) "LB1" e "P1" nas demais linhas. Com espaçamento de 3,0 m entre linhas e 1,0 m entre plantas, de ciclo médio, e com idade de 18 meses. A altura média das plantas no momento do experimento era de 1,60 m. A pulverização e as avaliações foram realizadas nas linhas com os genótipos A1 e Bamburral.

2.2 Caracterização do equipamento

O Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT) usado no experimento foi um da marca Joyance[®] (Tabela 1).

Tabela 1. Especificações do VANT

Itens	Parâmetros
Número de rotores	6
Velocidade de voo	0 a 12 m s ⁻¹
Velocidade de operação	0 a 8 m s ⁻¹
Capacidade do tanque	5 L
Autonomia	10 a 25 minutos
Tipo de ponta de pulverização	Cone cheio
Número de pontas	4
Distribuição das pontas	Abaixo de 4 rotores em sequência
Faixa de vazão das pontas	0,2 a 2,0 L min ⁻¹



2.3 Delineamento experimental

O experimento foi realizado com delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 3 x 2, sendo três alturas de operacionais de voo em relação a copa do cafeeiro (1,0, 1,5 e 2,0 m) e dois genótipos de café conilon (A1 e bamburral), 12 repetições por tratamento. O VANT realizou os sobrevoos percorrendo 60,0 m sobre uma linha de plantas de café e ao fim deste percurso retornava na linha seguinte. A cada três linhas percorridas considerava-se a linha central como útil para avaliação em cada uma das alturas de voo definidas como tratamento. Nas linhas úteis foram sorteadas 12 plantas uniformes de cada um dos genótipos.

2.4 Coleta e análise dos dados de deposição

Para avaliar a deposição nas folhas das plantas, a calda foi preparada com água misturado com traçador Azul Brilhante (catalogado internacionalmente pela *Food, Drug & Cosmetic* como FD&C Blue n.1), na dose de 400 g ha⁻¹, em todos os tratamentos, para ser detectado por absorvância em espectrofotometria.

Retirou-se as folhas do terceiro e quarto nós dos ramos plagiotrópicos da primeira metade da altura das plantas, cerca de 0,40 m do solo e da segunda metade da altura, cerca de 1,20 m de altura. Nos tratamentos, em cada repetição, foram coletadas 30 folhas de seis plantas nas duas metades.

Para a avaliação das perdas de calda para o solo, foram posicionadas placas de petri, com 176,7 cm², sob a copa das plantas de café, dentro da área de projeção da copa, a 0,2 m do caule.

As folhas e placas de petri, foram recolhidas e acondicionadas em sacolas plásticas previamente identificadas de acordo com os tratamentos. As sacolas identificadas foram colocadas em caixas de isopor para isolamento térmico e luminoso, logo em seguida, foram levadas para o laboratório para realização das análises.

Em laboratório, adicionou-se 25 mL de água destilada às amostras, para os sacos contendo as folhas, e 50 mL para as placas de petri, os sacos lacrados e agitados por 30 segundos. O líquido proveniente da lavagem foi transferido para tubos de ensaio com a mesma identificação e analisado no espectrofotômetro Thermo Spectronic, modelo Genesys 10 UV/VIS, da Thermo Scientific® para aferir sua absorvância, usando-se o comprimento de onda de 630 µm.

A área das folhas foi medida individualmente com um medidor de área foliar Li-Cor Li-3100. Os valores de absorvância obtidos por meio da leitura de cada amostra no espectrofotômetro foram transformados em concentração (mg L⁻¹) por meio de curva de calibração, procedendo-se, posteriormente, à divisão da massa de traçador pela área foliar de cada repetição ou área da placa de petri, para se obter o valor da deposição em µL cm².

No momento da aplicação, as variáveis ambientais, umidade relativa do ar e velocidade do vento, foram monitoradas por meio de uma estação meteorológica automática localizada no município de São Mateus, da marca Vaisala® e modelo MAWS 301 (Tabela 2).



Tabela 2. Dados meteorológicos, município de São Mateus, Espírito Santo, durante experimento.

Temperatura (°C)		Umidade relativa (%)		Velocidade do vento (ms ⁻¹)	
Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
21,2	24,0	60,0	68,0	1,0	1,9
21,2	24,1	60,0	67,0	1,2	2,2
21,2	24,1	58,0	66,0	1,1	2,1

2.5 Controle Estatístico de Processo

Foram confeccionadas cartas de controle para avaliar as deposições de calda e as perdas para o solo por escorrimento. As cartas de controle utilizadas no estudo das repetições, dentro dos tratamentos, foram medidas individualmente para cada tratamento, sendo o tamanho da amostra o número de repetições e medindo-se a variabilidade pela amplitude móvel.

Segundo Montgomery (2008), a amplitude móvel (AM) é calculada subtraindo-se o valor de uma repetição da variável em estudo em um tratamento, pela repetição anterior deste mesmo tratamento, não sendo possível estimar a AM para a primeira observação,

$$AM_i = |x_i - x_{i-1}; i = 2, \dots, n|$$

em que n é o número total de repetições do tratamento e x_i e cada valor observado.

Os limites superior e inferior de controle (LS e LI), bem como a linha central (LC) dos gráficos de controle para valores individuais, para as duas variáveis em seus respectivos tratamentos, foram calculados utilizando as seguintes equações (Montgomery, 2008):

$$LI = \frac{\bar{x} - 3 \cdot \overline{AM}}{d_2}$$

Em que \bar{x} e \overline{AM} são as médias aritméticas amostral da medida da variável e média aritmética das amplitudes móveis, respectivamente; d₂ é um valor tabelado (Montgomery, 2008), que varia em função do número de repetições do tratamento.

Os limites superior e inferior de controle, bem como a linha central dos gráficos de deposição e escorrimento, foram calculados, segundo Montgomery (2008), utilizando as seguintes equações:

$$LS = \bar{\bar{x}} + A_2 \cdot \bar{R}$$

$$LC = \bar{\bar{x}}$$

$$LI = \bar{\bar{x}} - A_2 \cdot \bar{R}$$

Em que $\bar{\bar{x}}$ é a média das médias amostrais da variável, A₂ é um valor tabelado (Montgomery, 2008), que varia em função do número de repetições do tratamento e \bar{R} é a média das amplitudes.

2.6 Análise estatística

Para a checagem e verificação dos resultados obtidos, foram realizadas as análises de variância para cada uma das duas variáveis (deposição das folhas das metades superior e inferior, e



Citação (APA): Soela, D. M., Vitória, E. L. da, Oliveira, R. F. de, Crause, D. H., Freitas, I. L. de J., & Locatelli, T. (2020). Controle estatístico de processo em pulverização usando veículo aéreo não tripulado na cultura do café conilon. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 6(4), Edição Especial "Tecnologia & Inovação na Agricultura", 52-63.

escorrimento), em cada um dos tratamentos. Foram calculadas as cartas de controle das repetições, e os seus limites superior e inferior e linha central, os gráficos de controle para valores médios de deposição dos tratamentos com seus respectivos limites e os gráficos de controle para amplitude de deposição dos tratamentos com seus respectivos limites. Todas as análises foram realizadas utilizando o programa Software R CORE TEAM (2010).

2. Resultados e Discussão

As análises de variâncias e os coeficientes de variação para as deposições, nas folhas das metades superior, inferior e do escorrimento encontram-se na Tabela 3. A interação entre as variáveis altura de voo e genótipos foi significativa, portanto, a confecção das cartas de controle e as discussões foram baseadas nesta significância.

Os coeficientes de variação obtidos foram baixos, o que assegura que houve controle efetivo das condições experimentais, segundo as classificações de Pimentel, et al., (2009), onde, se o CV for < que 10% é classificado como baixa variabilidade, de 10 a 20% variabilidade média, e acima é classificado alta variabilidade. Silva, et al., (2016), utilizando técnicas de controle estatístico em pulverização hidropneumática na cultura do café em função do tipo de ponta de pulverização e volume de calda, obtiveram coeficientes de variação acima de 7%, chegando a 45% na análise de variância, isso é explicado pelo tipo de pulverizador utilizado, pois, segundo Nuyttens, et al., (2011), pulverizadores hidropneumáticos possuem maior probabilidade de perdas por escorrimento para o solo, ocasionado pela corrente de ar gerada pelos turboatomizadores do pulverizador.

Tabela 3. Análises de variância das variáveis deposições nas folhas das metades superior e inferior e do escorrimento para o solo.

Deposição nas folhas da metade inferior das plantas		
FV	GL	QM
Altura de voo	2	298,50*
Genótipo	1	51,68*
Interação	2	27,72*
Resíduo	66	0,25*
CV (%) = 3,59		
Deposição nas folhas da metade superior das plantas		
FV	GL	QM
Altura de voo	2	1515,04*
Genótipo	1	253,12*
Interação	2	32,29*
Resíduo	66	0,47*
CV (%) = 3,82		
Escorrimento		
FV	GL	QM
Altura de voo	2	1294,04*
Genótipo	1	360,01*
Interação	2	15,09*
Resíduo	66	0,47*
CV (%) = 2,09		

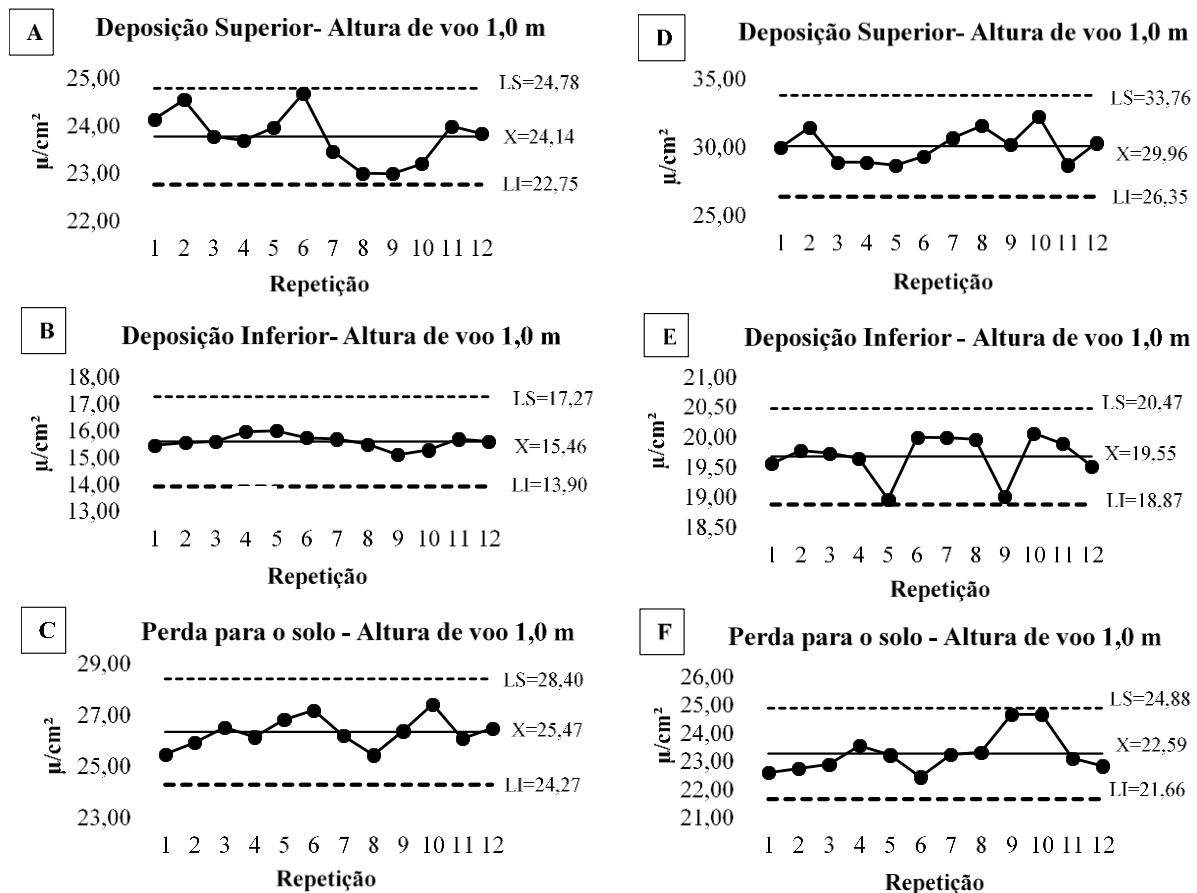
CV (%): Coeficiente de variação



Na Figura 1, têm-se as cartas de controle referentes à aplicação com a altura de voo de 1,0 m, dos genótipos Bamburral e A1, respectivamente. Nelas não foram detectados padrões de não aleatoriedade, pois as repetições estão dentro dos limites de controle, evidenciando valores próximos das medidas em cada repetição, em relação à média do processo, assegurando boa qualidade do ponto de vista estatístico e sugere ainda uma maior confiabilidade dos dados gerados.

Maiores valores de deposição foram registrados no genótipo A1, em relação ao Bamburral, tanto na metade superior, como na inferior. Porém, o escoamento para o solo foi menor no genótipo A1. Isso é explicado devido as características morfológicas do genótipo. Segundo Giles, et al., (2018), a área foliar do genótipo A1 é em média 13,8% maior do a área foliar do genótipo Bamburral, portanto, houve maior deposição nas folhas e menor escoamento para o solo no genótipo A1.

Figura 1. Gráficos de deposição ($\mu\text{g cm}^{-2}$): Altura de voo 1,0 m. Genótipos Bamburral e A1 respectivamente. (A, B, C – genótipo Bamburral) e (D, E, F – genótipo A1). Deposição superior, Deposição inferior, e Perda para o solo. *LS: limite superior de controle; LI: limite inferior de controle e X: linha central de controle.



As cartas de controle, na Figura 2 referentes à aplicação com a altura de voo de 1,5 m, dos genótipos Bamburral e A1, não foram detectados padrões de não aleatoriedade, e que apesar das oscilações, se encontram dentro dos limites indicando uma deposição adequada ao longo da altura do dossel da planta de café promovido pela pulverização com VANT. Segundo Silva,

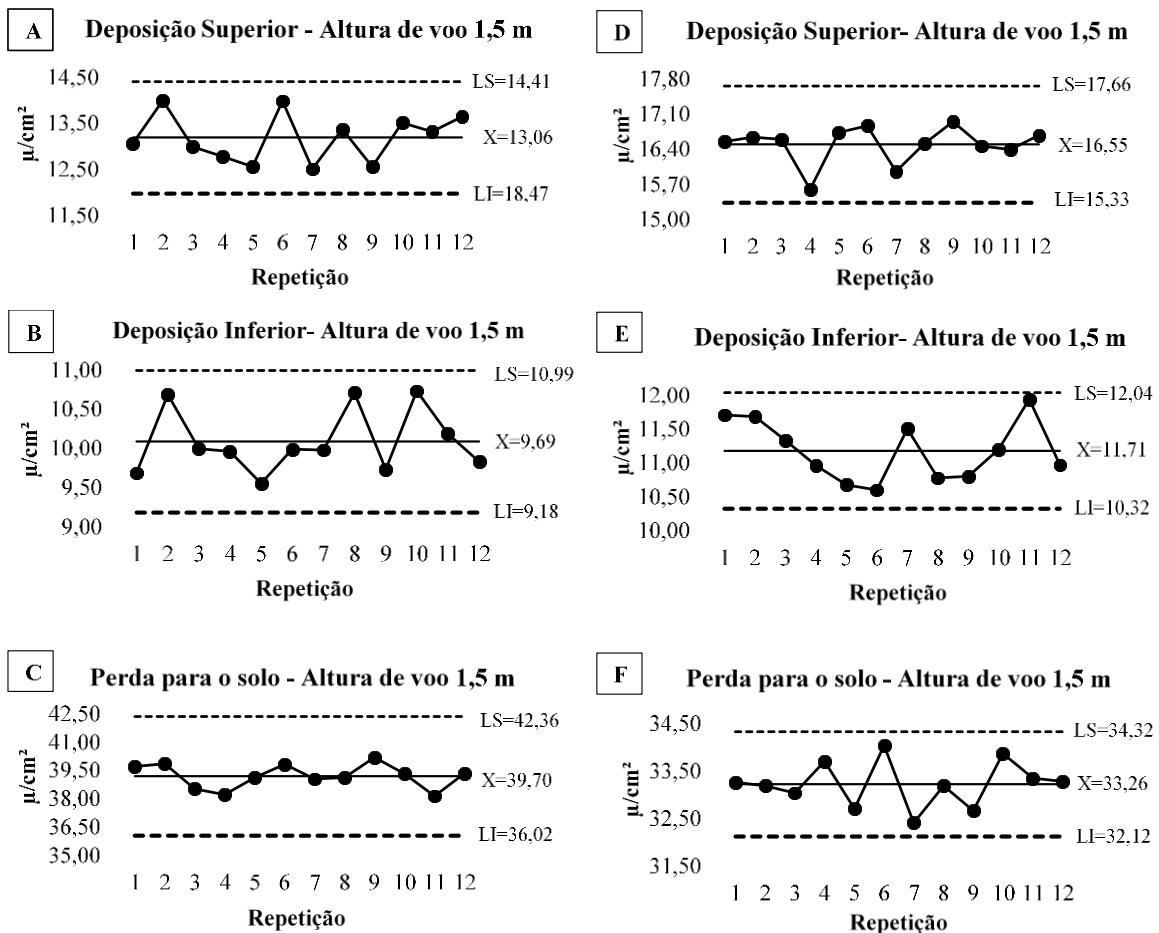


Citação (APA): Soela, D. M., Vitória, E. L. da, Oliveira, R. F. de, Crause, D. H., Freitas, I. L. de J., & Locatelli, T. (2020). Controle estatístico de processo em pulverização usando veículo aéreo não tripulado na cultura do café conilon. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 6(4), Edição Especial "Tecnologia & Inovação na Agricultura", 52-63.

et al., (2016), oscilações na deposição nas folhas e escorrimento para o solo são esperadas desde que não ultrapassem os limites de controle, sendo que a razão do estudo através de cartas de controle é averiguar a proporção dessas diferenças e classificar o processo como sob controle ou não, do ponto de vista estatístico.

Os valores de deposição na altura de voo de 1,0 m foram maiores que na altura de voo de 1,5 m. Os valores de escorrimento também aumentaram, devido a menor deposição nas folhas. Segundo Tang, et al., (2018) a deposição de gotículas nas copas está intimamente relacionada com a altura de operação do VANT. Essa influência leva a menos deriva das gotículas, mas à baixa deposição de gotículas, principalmente porque as folhas, especialmente dentro da copa superior, são influenciadas pelo vento descendente, gerado pelo VANT, o que dificulta a aderência das gotículas.

Figura 2. Gráficos de deposição ($\mu\text{g cm}^{-2}$): Altura de voo 1,5 m. Genótipos Bamburral e A1 respectivamente. (A, B, C – genótipo Bamburral) e (D, E, F – genótipo A1). Deposição superior, Deposição inferior, e Perda para o solo. *LS: limite superior de controle; LI: limite inferior de controle e X: linha central de controle.



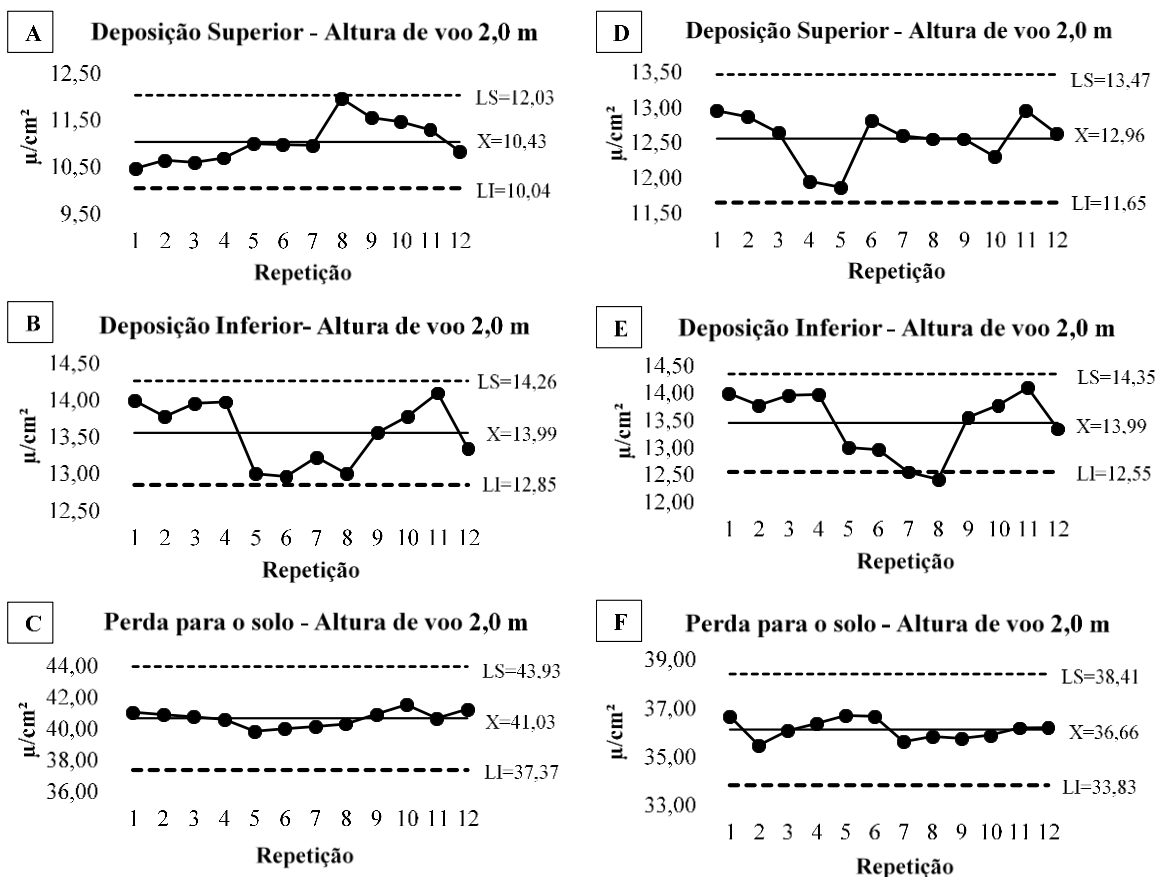
Na Figura 3, referentes à aplicação com a altura de voo de 2,0 m dos genótipos Bamburral e A1, observa-se que não foram encontrados padrões de não aleatoriedade, e se encontram dentro dos limites. No entanto, os valores de deposição foram menores que na altura de voo de 1,0 m.



A deposição inferior do genótipo A1 aproximou-se do limite inferior, mas ficou dentro do limite, resposta semelhante ao genótipo Bamburral, ambos na altura de 2,0 m. A alta altura de operação, é facilmente interferida pelos fatores climáticos, como vento e umidade, o que resulta em um desvio de gotícula. Esse desvio faz com que as camadas inferiores das copas recebam uma menor quantidade de gotas, e aumentem o escorrimento para o solo (Xue, et al., 2014).

O comportamento de maior deposição nas partes superior e inferior no genótipo A1 se repetiu em todas as alturas, o que mostra que a arquitetura da planta, e a sua área foliar em conjunto com a altura de voo, influencia diretamente na eficiência da aplicação. Apesar do valor de deposição na parte superior decair com o aumento da altura de trabalho, todas elas se mantêm dentro dos limites. O vórtice causado pela asa do rotor em ambas as extremidades da lança pulverizadora muda a morfologia original e a trajetória das gotículas, diminuindo a deposição na folha e aumentando a deriva, porém, dentro dos padrões aceitáveis (Qin, et al., 2016).

Figura 3. Gráficos de deposição ($\mu\text{g cm}^{-2}$): Altura de voo 2,0 m. Genótipos Bamburral e A1 respectivamente. (A, B, C – genótipo Bamburral) e (D, E, F – genótipo A1). Deposição superior, Deposição inferior, e Perda para o solo. *LS: limite superior de controle; LI: limite inferior de controle e X: linha central de controle.



Silva, et al., (2016), em pulverização hidropneumática na cultura do café, concluíram que através das cartas de controle, não se detectam padrões de não aleatoriedade em função do tipo de ponta e volume de calda, assegurando a boa qualidade das aplicações realizadas na cultura do café.



Citação (APA): Soela, D. M., Vitória, E. L. da, Oliveira, R. F. de, Crause, D. H., Freitas, I. L. de J., & Locatelli, T. (2020). Controle estatístico de processo em pulverização usando veículo aéreo não tripulado na cultura do café conilon. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 6(4), Edição Especial "Tecnologia & Inovação na Agricultura", 52-63.

Ainda existem poucos trabalhos de controle estatístico de processo com pulverização. Na área de colheita mecanizada, Cunha, et al., (2018) utilizando o controle estatístico de processo aplicado na colheita mecanizada do sorgo, verificou que o processo foi eficiente na identificação do comportamento dos pontos fora de controle para as perdas provenientes da colhedora, porém estiveram dentro dos padrões aceitáveis.

Noronha, et al., (2011) utilizando o controle estatístico de processo na avaliação de perdas no processo de colheita diurna e noturna da cana de açúcar, também verificaram que as cartas de controle foram eficientes na avaliação da qualidade do processo de colheita. Tavares et al., (2015) avaliaram quali-quantitativamente o recolhimento de café em regulagens da rotação de trabalho da colhedora, utilizando o controle estatístico do processo, e concluíram que o controle estatístico de processo permite analisar, separadamente cada fase do processo, identificando pontos a serem melhorados, aumentando a qualidade da operação.

3. Conclusão

A pulverização utilizando Veículo Aéreo Não Tripulado, sob o ponto de vista estatístico, apresenta bom padrão de qualidade quanto às deposições nas folhas, e baixa deriva de escorrimento no solo ao longo da aplicação, significando uma aplicação eficiente.

A altura de voo que apresentou melhor deposição superior e inferior e menor escorrimento foi a de 1,0m.

O genótipo A1, apresentou melhores resultados de deposição superior e inferior, e um menor escorrimento nas diferentes alturas avaliadas.

Por meio das cartas de controle é possível identificar erros, e solucionar problemas, nas diferentes áreas de atuação.

A pulverização realizada com Veículo Aéreo não Tripulado, apresentou boa qualidade estatística de deposições, dentro dos limites calculados, indicando que a aplicação possibilita uma melhor eficiência e menor risco de deriva.

4. Referências

Alvares, C. A., Stape, J. L., Sentelhas, P.C., & Gonçalves, J. L. M. (2013). Modeling monthly mean air temperature for Brazil. *Theor. Appl. Climatol.* 13, 407-427. doi:<https://doi.org/10.1007/s00704-012-0796-6>

Conab. Companhia Nacional de Abastecimento. (2018). *Acompanhamento da Safra Brasileira de Café*. v. 5 Safra 2018, n. 4, Quarto Levantamento, Dezembro/2018. Brasília, 1-80.

Cunha, P. B., Castro, M. S., Costa, A. G., Barros, M. M., Machado, T. A., Honorato, L. P., & Duarte, C. M. (2018). Controle estatístico de processo (CEP) aplicado na colheita mecanizada do sorgo. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 17(3), 490-501. doi:<https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v17n3p490-501>

Gao, Y., Zhang, Y., Zhao, Y., Li, X., Yang, D., & Yuan, H. (2013). Primary studies on spray droplet distribution and control effects of aerial spraying using unmanned aerial vehicle (UAV) against the corn borer. *Plant Protection Science*. 39, 152-157. Recuperado de <http://search.cnki.net/down/default.aspx?filename=ZWBH201302033&dbcode=CJFD&year=2013&dflg=pdfdown>



Citação (APA): Soela, D. M., Vitória, E. L. da, Oliveira, R. F. de, Crause, D. H., Freitas, I. L. de J., & Locatelli, T. (2020). Controle estatístico de processo em pulverização usando veículo aéreo não tripulado na cultura do café conilon. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 6(4), Edição Especial "Tecnologia & Inovação na Agricultura", 52-63.

Giles, J. A. D., Partelli, F. L., Ferreira, A., Rodrigues, J. P., Oliosi, G., & Silva, F. H. L. (2018). Genetic diversity of promising 'Conilon' coffee clones based on morpho-agronomic variables. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*. 90(2, Suppl. 1), 2437-2446. doi:<https://doi.org/10.1590/0001-3765201820170523>

Gitirama Neto, J, Cunha, J. A. R, Marques, R. S., Lasmar, O., & Borges, E. B. (2016). Deposição de calda promovida por pulverizadores empregados na cafeicultura de montanha. *Coffee Science*, 11(2), 267-275. Recuperado de <http://www.sbicafe.ufv.br/handle/123456789/8071>

Gupta, C. P., & Duc, T. X. (1996). Deposition studies of a handheld air assisted electrostatic sprayer. *Transactions of the ASAE*, 39(5), 1633-1639. Recuperado de <https://elibrary.asabe.org/login.asp?search=0&JID=3&AID=27679&CID=t1996&v=39&i=5&T=2>

Jorge, L. A. C., Brandão, Z. N., & Inamasu, R. Y. (2014). Insights and recommendations of use of UAV platforms in precision agriculture in Brazil. *SPIE Remote Sensing*, 9239, 18p. doi:<https://doi.org/10.1117/12.2067450>

Mingoti, S. A., & Fidelis, M. T. (2001). Aplicando a geoestatística no controle estatístico de processo. *Revista Produto & Produção*, 5(2), 55-70. Recuperado de http://www.est.ufmg.br/estatistica_industrial/artigo_geoestatistica_produto_revisado_final.pdf

Montgomery, D. C. (2008). *Introduction to statistical quality control*. 6th ed. New York: J. Wiley, p.734.

Noronha, R. H. F., Silva, R. P. da, Chioderoli, C. A., Santos, E. P. dos, & Cassia, M. T. (2011). Controle estatístico aplicado ao processo de colheita mecanizada diurna e noturna de cana-de-açúcar. *Bragantia*, 70(4), 931-938. doi: <https://doi.org/10.1590/S0006-87052011000400028>

Nuyttens, D., Schampheleire, M. de, Brusselman, E., Dekeyser, D., & Verboven, P. (2011). Drift from field crop sprayers using an integrated approach: results of a five-year study. *Transactions of the ASABE*, 54, 403-408. Recuperado de <https://elibrary.asabe.org/login.asp?search=0&JID=3&AID=36442&CID=t2011&v=54&i=2&T=2>

Pederi, Y. A., & Cheporniuk, H. S. (2015). Unmanned aerial vehicles and new technological methods of monitoring and crop protection in precision agriculture. In: Actual Problems of Unmanned Aerial Vehicles Developments (APUAVD), *IEEE International Conference*, p. 298-301.

Pergher, G., Gubiani, R., & Tonetto, G. (1997). Foliar deposition and pesticide losses from three air-assisted sprayers in a hedgerow vineyard. *Crop Protection*, 16(1), 25-33. doi:[https://doi.org/10.1016/S0261-2194\(96\)00054-3](https://doi.org/10.1016/S0261-2194(96)00054-3)

Pimentel G. F. (2009). *Curso de estatística experimental*. 15.ed. Piracicaba: FEALQ, 451p.

Qin, W. C., Qiu, B. J., Xue, X. Y., Chen, C., Xu, Z. F., & Zhou, Q. Q. (2016). Droplet deposition and control effect of insecticides sprayed with an unmanned aerial vehicle against plant hoppers. *Crop Protection*, 85, 79-88. doi:<https://doi.org/10.1016/j.cropro.2016.03.018>

R Development Core Team (2010). *R: a language and environment for statistical computing*. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, Recuperado de <http://www.R-project.org>

Silva, J. E. R., Cunha, J. P. A. R., Siqueira, Q., & Nomelini, S. (2016). Controle estatístico de processo em pulverização hidropneumática na cultura do café. *Coffee Science*, 11(1), 11-21.



Citação (APA): Soela, D. M., Vitória, E. L. da, Oliveira, R. F. de, Crause, D. H., Freitas, I. L. de J., & Locatelli, T. (2020). Controle estatístico de processo em pulverização usando veículo aéreo não tripulado na cultura do café conilon. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 6(4), Edição Especial "Tecnologia & Inovação na Agricultura", 52-63.

Recuperado

de

http://tot.dti.ufv.br/bitstream/handle/123456789/8168/Coffee%20Science_v11_n1_p11-21_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Suguisawa, J. M., Franco, F. N., Silva, S. S. S., & Peche Filho, A. (2007). Qualidade da aplicação de herbicida em lavoura de trigo. *Engenharia Agrícola, Jaboticabal*, 27, 41-47. Recuperado de <https://www.scielo.br/pdf/eagri/v27nspe/07.pdf>

Tang, Y., Hou, C. J., Luo, S. M., Lin, J. T., Yang, Z., & Huang, W. F. (2018). Effects of operation height and tree shape on droplet deposition in citrus trees using an unmanned aerial vehicle. *Computers and Electronics in Agriculture*, 148, 1-7. doi:<https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.02.026>

Tavares, T. O., Santinato, F., Silva, R. P., Voltarelli, M. A., Paixão, C. S. S., & Santinato, R. (2015). Qualidade do recolhimento mecanizado do café. *Coffee Science*, 10(4), 455-463. Recuperado de http://sbicafe.ufv.br/bitstream/handle/123456789/8148/Coffee%20Science_v10_n4_p455-463_2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Xiongkui, H., Bonds, J., Herbst, A., & Langenakens, J. (2017). Recent development of unmanned aerial vehicle for plant protection in East Asia. *Int. Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 10, 18-30. Recuperado de <https://ijabe.org/index.php/ijabe/article/view/3248/pdf>

Xue, X. Y., Tu, K., Qin, W. C., Lan, Y. B., & Zhang, H. H. (2014). Drift and deposition of ultra-low altitude and low volume application in paddy field. *Int. Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 7(4), 23-28. Recuperado de <https://ijabe.org/index.php/ijabe/article/view/935/pdf>

Zheng, Y., Yang, S., Zhao, C., Chen, L., Lan, Y., & Yu, T. (2017). Modelling operation parameters of UAV on spray effects at different growth stages of corns. *Int. Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 10, 57-66. Recuperado de <https://ijabe.org/index.php/ijabe/article/view/2578/pdf>

