

ÍNDICE VOLUMÉTRICO DE PULVERIZAÇÃO, DEPOSIÇÃO E PENETRAÇÃO DA CALDA NOS ESTÁDIOS FENOLÓGICOS DO CAFÉ (*Coffea arabica* L.)

José Márcio de Sousa Júnior ⁽¹⁾, João de Deus Godinho Junior ⁽²⁾, Renato Adriane Alves Ruas ⁽³⁾, Carlos Diego da Silva ⁽²⁾, Lucas Caixeta Vieira ⁽⁴⁾

RESUMO: O ajuste do volume de calda de acordo como o volume de vegetação é uma forma de tornar as aplicações de agrotóxicos mais eficientes. Porém, para sua adoção no cafeeiro, ainda é necessário a determinação do índice volumétrico. Objetivou-se determinar o índice volumétrico de pulverização, a deposição e a penetração da calda nos estádios fenológicos do café (*Coffea arabica* L.). Os tratamentos foram dispostos em blocos em esquema fatorial (5 x 5), sendo cinco volumes de calda (200; 300; 500; 600 e 800 L ha⁻¹) e cinco volumes vegetativos (TRV), com quatro repetições. Foram analisadas a deposição de calda (DEP) e densidade de gotas (DEN). Os volumes de calda aplicados foram convertidos em índice volumétrico (IV). Não houve interação ente TRV e volume de calda ($p > 0,05$) para as variáveis respostas DEP e DEN. Na avaliação realizada durante o estágio de maturação, a DEP máxima obtida foi de 0,74 $\mu\text{L cm}^{-2}$. O ajuste da curva de DEN de acordo com o IV permitiu estimar uma redução em até 44% do volume de calda aplicado. A estrutura do dossel de plantas de café mais velhas diminui a deposição e penetração de calda e o ajuste do IV nos estádios fenológicos da cultura do café possibilita a redução do volume de calda aplicado.

PALAVRAS-CHAVE: Volume de calda, Calibração de pulverizador, Tree-Row-Volume.

INTRODUÇÃO

Os pulverizadores hidropneumáticos são os mais utilizados na aplicação de agrotóxicos no café. A calibração desses equipamentos pode ser feita de duas formas. A primeira pela verificação do volume pulverizado por área. Porém, assim considerasse apenas o volume de calda aplicado por hectare, ignorando-se o volume vegetativo da lavoura. O que, pode superestimar o volume necessário para atingir o alvo, principalmente, em lavouras mais novas com menor volume vegetativo. Podendo gerar, escorrimento, contaminação, fitotoxicidade e maior custo de produção (MATUO, 1990). A segunda forma de calibração é utilizando o TRV ("Tree-Row-Volume"). Ou seja, volume de calda aplicado por volume vegetativo, por unidade de área da lavoura. A utilizar deste método em lavouras de videira reduz em até 57% o volume de agrotóxicos aplicados (GIL et al., 2007). Já em lavouras de tomate a redução pode chegar à 30% (SANCHEZ-HERMOSILLA et al., 2013). Para citrus esse método apresenta boa eficácia e eficiência no controle de doenças fúngicas (HABERLE; AGOSTINI; ACUÑA, 2011; SCAPIN et al., 2015). Porém, para realizar a calibração pelo TRV é necessário conhecer o índice volumétrico, que é o volume de calda necessário para cobrir adequadamente um metro cúbico do dossel. Esse índice já é conhecido para algumas fruteiras, porém, ainda não foi determinado para o café. Para a sua determinação, alguns fatores do volume vegetativo devem ser considerados. Como: idade das plantas, desfolha (SANTINATO et al., 2014),

¹Mestre Engenheiro Agrônomo pela Universidade Federal de Viçosa, josemarcio_18@hotmail.com, (34) 99233-7978, Patrocínio/MG.

²Engenheiro Agrônomo, Mestrando da Universidade Federal de Viçosa *CAMPUS* Rio Paranaíba, Rio Paranaíba/MG.

³Doutor Engenheiro Agrônomo, Prof. Adjunto IV da Universidade Federal de Viçosa *CAMPUS* Rio Paranaíba, Rio Paranaíba/MG.

⁴Engenheiro Agrônomo, Mestrando da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba/SP.

ataque de pragas e doenças (MATIELLO et al., 2010) e variações sazonais em função da disponibilidade hídrica e da temperatura (DA MATTA et al., 2007). Essas variações ocorrem ao longo do ano resultando em alterações na densidade foliar (BERNI et al., 1999), influenciando diretamente a eficácia das aplicações de agrotóxicos, principalmente, a penetração, distribuição e deposição da calda (SILVA et al., 2014). Assim, objetivou-se determinar o índice volumétrico de pulverização, a deposição e a penetração da calda nos estádios fenológicos do café (*Coffea arabica* L.).

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Fazenda Transagro, Rio Paranaíba - MG, (19°13'0.90"S, 46°20'36.16" O), na região do Cerrado Mineiro. Altitude média de 906 m e clima Cwa (Köppen Geiger). Em delineamento inteiramente casualizado com tratamentos dispostos em esquema fatorial 5 x 5. Sendo, cinco volumes de calda (200; 300; 500; 600 e 800 L ha⁻¹) e cinco volumes vegetativos (Tabela 1), com quatro repetições.

Tabela 1- Caracterização dos talhões utilizados no experimento

Volumes Vegetativos	Idade (anos)	TRV m ³ ha ⁻¹			Nº de plantas (plantas ha ⁻¹)
		Março	Julho	Dezembro	
1	2	2943	4146	5005	4386
2	3	4559	6055	7252	4386
3	6	7661	7747	7847	4386
4	9	12102	12522	12879	5263
5	29	18746	19214	2500	2500

Em cada um desses talhões selecionou-se uma linha de plantas, na qual foram demarcadas as parcelas compostas pelos cinco volumes de calda. As parcelas foram espaçadas 20 m entre si e formadas por 20 plantas, tendo como base a linha de aplicação. As avaliações foram realizadas isoladamente em três estádios de desenvolvimento do cafeeiro (enchimento de grãos, maturação e pós-colheita dos frutos) e consistiram na análise da deposição de calda e da capacidade de penetração das gotas de pulverização no dossel das plantas. A partir de dados de capacidade de penetração das gotas e de deposição de calda de pulverização, foi ajustado o índice volumétrico (IV) para cada um dos estádios de desenvolvimento. A determinação do TRV foi feita em 20 plantas em áreas previamente selecionadas, medindo-se a altura, a largura (no terço inferior, superior e mediano do dossel) e o espaçamento entre linhas (Equação 1).

Equação 1:

$$TRV = \frac{H \times L \times 10.000}{D}$$

Em que:

TRV = volume vegetativo (m³ ha⁻¹);

H = altura das plantas (m);

L = largura das plantas (m); e

D = espaçamento entre linhas (m)

Para realização das avaliações de penetração de gotas e deposição da calda foi empregado o pulverizador hidropneumático tratorizado Arbus Modelo 2000 TP VA marca Jacto®, com capacidade para 2.000 L de calda no tanque, dotado de uma bomba de pistão modelo JP-190 com vazão de até 190 L min⁻¹ e ventilador radial com vazão de ar de 19 m³ s⁻¹. Possuía também arco de pulverização duplo com 36 pontas de jato cônico vazio Magno Jet® (MAG) 1,5 e 3,0 que possuem vazões de 0,56 e 1,13 L min⁻¹ na pressão de 300 kPa, respectivamente, distribuídas da seguinte forma: parte inferior com cinco pontas MAG 3,0, parte mediana com nove pontas MAG 1,5 e parte superior com quatro pontas MAG 3,0 (SOUSA JÚNIOR et al., 2016). O trator utilizado foi o NEW HOLLAND® modelo TT 3880, cuja potência a 2.500 rpm é de 44,1 kW e torque máximo a 1.500 rpm de 200 Nm. O pulverizador foi previamente regulado e neste processo, dentre outros procedimentos, realizou-se o ajuste dos defletores de forma a direcionar adequadamente ar e calda para o dossel dos volumes vegetativos (TRV) avaliados. Para realizar a calibração ajustou-se a velocidade e a pressão para distribuição do volume de calda adequado a cada tratamento. As condições climáticas médias durante a aplicação dos tratamentos foram: temperatura de 24 °C, umidade relativa (UR %) de 61 e velocidade do vento de 4 km h⁻¹. Para verificar a deposição de calda de pulverização no dossel do cafeeiro, adicionou-se à calda de pulverização, o corante azul brilhante (solução aquosa traçadora), na dose de 3 g L⁻¹. Subsequente à aplicação coletou-se oito folhas em nove pontos (três terços e três profundidades). Nesses pontos as folhas foram coletadas da seguinte forma: lado da pulverização (segundo par de folhas a partir da extremidade do ramo situado no lado da pulverização); centro da planta (primeiro par de folhas a partir do ramo ortotrópico no interior no dossel das plantas), lado oposto (primeiro par de folhas a partir da extremidade do ramo situado no lado oposto à pulverização). Em laboratório, a solução foi analisada em espectrofotômetro, modelo EVOLUTION-300, utilizando-se comprimento de onda de 625 nm (SILVA et al., 2014), obtendo-se assim, a concentração do corante em cada amostra. As amostras de folhas foram enxugadas e tiveram sua área (cm²) mensurada, utilizado o AREA METER LICOR modelo LI – 3000C. De posse das absorvâncias em concentração do corante e da área foliar do segmento (oito folhas coletadas por ponto) realizou-se determinação da deposição de calda (μL cm⁻²) (LIMBERGER, 2006) (Equação 2).

Equação 2:

$$D = \frac{10^6 \times V \times [\text{solução}]}{A \times [\text{calda}]}$$

Em que:

D = deposição de calda (μL cm⁻²);

V = volume de água utilizado para lavar as folhas (L);

[solução] = concentração do corante na solução de lavagem (mg L⁻¹);

A = área foliar do segmento (cm²); e

[calda] = concentração do corante na calda de pulverização (mg L⁻¹).

Na avaliação de deposição de calda, foram afixadas etiquetas hidrossensíveis no primeiro par de folhas a partir do ramo ortotrópico no interior no dossel das plantas (centro da planta) nos três terços das plantas (terço superior, médio e inferior). Após a aplicação, as etiquetas foram removidas, identificadas e acondicionadas em ambiente protegido. Posteriormente, tiveram suas imagens digitalizadas utilizando-se escâner calibrado com resolução de 600 DPI para processamento das imagens das manchas de pulverização no

software CIR 1.5, determinando-se em seguida a densidade de gotas (DEN) (gotas cm⁻²). Os dados foram submetidos à análise de variância ($P \leq 0,05$), e, quando pertinente, procedeu-se a realização do teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade. Em caso de significância da variável quantitativa volume de calda, foi realizada a análise de regressão. Para estimar o índice volumétrico (IV) foram utilizados os dados de deposição de calda ($\mu\text{L cm}^{-2}$) e densidade de gotas (DEN) (gotas cm⁻²), proporcionadas pelos cinco volumes de calda (Equação 3), possibilitando-se assim, com base nas recomendações feitas por fabricantes de agrotóxicos, verificar a densidade de gotas adequadas para uma determinada aplicação e o IV correspondente.

Equação 3:

$$IV = \frac{Q \times 1000}{TRV}$$

Em que:

IV= índice de volume de pulverização;

Q= volume de calda (L ha^{-1});

TRV= volume de vegetação ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve interação entre TRV e volume de calda ($p > 0,05$), dentro de cada estágio de desenvolvimento do cafeeiro, para as variáveis respostas DEP e DEN. Analisando-se os efeitos simples do fator TRV, verificou-se que, na avaliação realizada na maturação dos frutos, a DEP e DEN foram iguais ($p > 0,05$) no TRV-1 e TRV-5 (Tabela 2). O TRV-2 apresentou médias de DEP e DEN 25 e 47 % inferiores ao TRV-4 (Tabela 2). Tal fato pode ser atribuído ao dossel destas plantas estarem mais desenvolvidos, formando um renque, proporcionando maior interceptação das gotas. Devido ao fato de as plantas mais jovens apresentarem menor diâmetro do dossel, conseqüentemente, elas estão situadas a maior distância da saída das pontas de pulverização. No estágio de pós-colheita, o TRV-3 proporcionou DEP 50, 50, 57 e 40 % inferior ao TRV-1, 2, 4 e 5, e DEN 35 e 31 % inferior ao TRV1 e 2 (Tabela 2). Isso pode ser atribuído à desfolha proveniente da colheita ter sido menos acentuada neste talhão em relação aos demais, tendo-se assim maior massa foliar e, conseqüentemente, menor penetração e deposição de calda no interior do dossel. Na avaliação realizada no período de enchimento dos grãos, a DEN do TRV- 5 foi 32, 34 e 34 % superior ao TRV-1, 2 e 4, respectivamente (Tabela 2). Isto possivelmente ocorreu devido às plantas dos TRV-1, 2 e 4 terem apresentado maior desenvolvimento vegetativo no final do período seco e chegando ao período de enchimento dos frutos com maior intensidade de enfolhamento, resultando em menor penetração das gotas no interior do dossel do cafeeiro.

TABELA 2 - Médias de TRV dentro de cada estágio de desenvolvimento do cafeeiro, para as variáveis respostas deposição de calda (DEP) e densidade de gotas (DEN)

Enchimento		
TRV	DEP ($\mu\text{L cm}^{-2}$)	DEN (Gotas cm^{-2})
1	0,3 ab	106,3 b
2	0,3 ab	103,2 b
3	0,4 a	133,3 ab
4	0,2 c	103,6 b
5	0,2 c	156,6 a
CV	29,5	36,2
Maturação		
1	0,5 a	117,3 ab
2	0,3 c	86,6 b
3	0,4 b	134,4 ab
4	0,4 b	164,4 a
5	0,5 a	128,4 ab
CV	22,7	46,3
Pós-colheita		
1	0,6 ab	194,2 a
2	0,6 ab	181,9 a
3	0,3 c	125,5 b
4	0,7 a	158,2 ab
5	0,5 b	116,4 b
CV	18,3	32,1

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Analisando o fator volume de calda aplicado foi possível convertê-lo em IV (Equação 03), ajustando-se, em seguida, equações de regressão para os estádios de maturação (Figura 1), enchimento (Figura 2) e pós-colheita (Figura 3) para as variáveis respostas DEP e DEN. A DEP mínima e máxima obtida nos estádios de maturação e pós-colheita dos frutos de café, foi de 0,29- 0,63 e 0,43-0,74 $\mu\text{L cm}^{-2}$. Ou seja, no estágio de maturação a DEP mínima e máxima foram 48 e 15 %, respectivamente, superior ao estágio de pós-colheita. Isso se justifica devido ao fato da densidade foliar no estágio de pós-colheita ser menor. Essa menor densidade proporciona menor barreira para deposição de calda no interior do dossel do cafeeiro, contribuindo para o incremento nas médias de deposição de calda neste estágio.

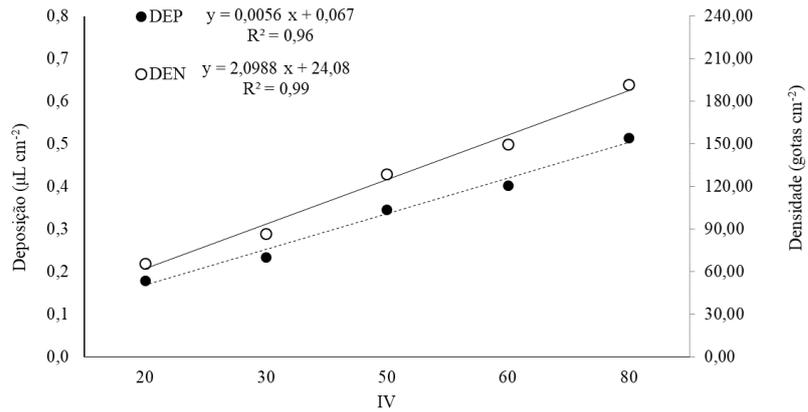


Figura 1 - Deposição de calda (DEP) e densidade de gotas (DEN), proporcionadas por cinco volumes de calda aplicados em cinco volumes de vegetação (TRV) do cafeeiro, no estágio de enchimento.

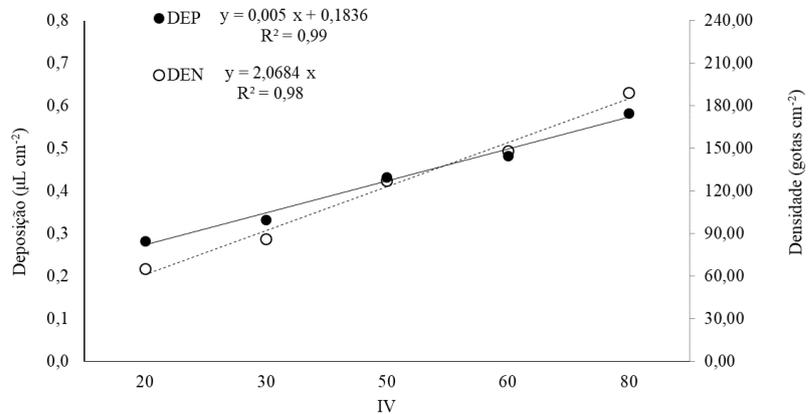


Figura 2 - Deposição de calda (DEP) e densidade de gotas (DEN), proporcionadas por cinco volumes de calda aplicados em cinco volumes de vegetação (TRV) do cafeeiro, no estágio de maturação.

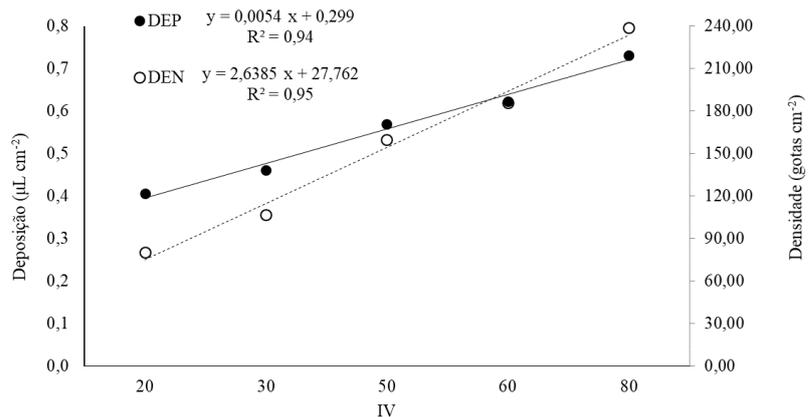


Figura 3 - Deposição de calda (DEP) e densidade de gotas (DEN), proporcionadas por cinco volumes de calda aplicados em cinco volumes de vegetação (TRV) do cafeeiro, no estágio de pós-colheita.

A partir das equações de regressão de IV para cada estágio de desenvolvimento do cafeeiro, considerando-se a variável resposta DEN (Gotas cm⁻²), pode-se inferir o IV adequado de acordo com as recomendações dos fabricantes de agrotóxicos (Figura 1).

Para se aplicar determinado agrotóxico cuja recomendação é 100 Gotas cm^{-2} , considerando-se um talhão com TRV de $3000 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, nos estádios de enchimento, maturação, e pós-colheita, seriam necessários para cada estágio, os seguintes volumes de calda: 109, 145 e 82 L ha^{-1} , respectivamente (Equação 4, 5 e 6). A partir destes dados verifica-se que, para obtenção de mesma DEN, tem-se redução de volume de calda aplicado no estágio de maturação/enchimento e maturação/pós-colheita de 25 e 44% respectivamente. Ou seja, é possível obter uma economia de água e de agrotóxico de até 44 a depender do estágio fenológico.

Equação 4:

$$Q = \frac{\left(\frac{DEN - 24,08}{2,0988}\right) \times TRV}{1000}$$

Equação 5:

$$Q = \frac{\left(\frac{DEN}{2,0684}\right) \times TRV}{1000}$$

Equação 6:

$$Q = \frac{\left(\frac{DEN - 27,762}{2,6385}\right) \times TRV}{1000}$$

Em que:

Q= volume de calda (L ha^{-1});

TRV= volume de vegetação ($\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$);

DEN = densidade de gotas ($100 \text{ gotas cm}^{-2}$).

CONCLUSÕES

- 1- A estrutura do dossel de plantas de café mais velhas diminui a deposição e penetração de calda.
- 2- O ajuste do índice volumétrico nos estádios fenológicos da cultura do café possibilita a redução do volume de calda aplicado.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e à Fazenda Transagro S.A.

REFERÊNCIAS

BERNI, R.F.; MACHADO, V.O.F.; COSTA, G.R.; BARATA, G.; PAULA, R.S. Avaliação da cobertura de gotas provocadas por diferentes bicos de pulverização na cultura do milho e do feijão. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.29, n.1, p.49-52, 1999.

GIL, E.; ESCOLÀ, A.; ROSELL, J.R.; Planas, S.; Val, L. Variable rate application of plant protection products in vineyard using ultrasonic sensors. **Crop Protection**, Surrey, v.26, n.8, p.1287-1297, 2007.

HABERLE, T.J.; AGOSTINI J.P.; ACUÑA, L. E. Resultados de tres años de ensayo en el ajuste de la tecnología de “Tree Row Volume” (TRV) para el control de mancha negra en naranja Valencia. **Revista de investigaciones agropecuarias**, Buenos Aires, v.37, n.2, p.193-197, 2011.

LIMBERGER, A. R. **Avaliação da deposição da calda de pulverização em função do tipo de ponta e do volume aplicado na cultura do feijão**. 2006. 51 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2006.

MATIELLO, J. B.; SANTINATO, R.; GARCIA, A. W. G.; ALMEIDA, S. R.; FERNANDES, D. R. **Cultura de café no Brasil: Novo Manual de Recomendações**. Rio de Janeiro e Varginha: MAPA/PROCAFÉ, 2010. 542 p.

MATUO, T. **Técnica de aplicação de defensivos agrícolas**. Jaboticabal: Funep, 1990. 139p.

MATTA, F.M.; RONCHI, C.P.; MAESTRI, M.; BARROS, R.S. Ecophysiology of coffee growth and production. **Brazilian Journal Plant Physiology**, Londrina, v.19, n.4, p.485-510, 2007.

SANCHEZ HERMOSILLA, J.; PAEZ, F.; RINCON, V.J.; PEREZ ALONSO, J. Volume application rate adapted to the canopy size in greenhouse tomato crops. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.70, n.6, p.390-396, 2013.

SANTINATO, F.; SILVA, R.P.; CASSIA, M.T.; SANTINATO, R. Análise quali-quantitativa da operação de colheita mecanizada de café em duas safras. **Coffee Science**, Lavras, v.9, n.4, p.495-505, 2014.

SCAPIN, M.S.; BEHLAU, F.; SCANDELAI, L.H.M.; FERNANDES, R.S.; SILVA JUNIOR, G.J.; RAMOS, H.H. Tree-row-volume-based sprays of copper bactericide for control of citrus canker. **Crop Protection**, Surrey, v.77, p.119-126, 2015.

SILVA, B.M.; RUAS, R.A.A.; SICHOCKI, D.; DEZORDI, L.R.; CAIXETA, L.F. Deposição da calda de pulverização aplicada com pontas de jato plano em diferentes partes da planta de soja (*Glycine max*) e milho (*Zea mays*). **Engenharia na agricultura**, Campina Grande, v.22, n.1, p.17-24, 2014.

SOUSA JUNIOR, J.M.; RUAS, R.A.A.; GODINHO JUNIOR, J.D.; CARVALHO FILHO, A.; FARIA, V.R. Vertical volumetric distribution of an axial fan sprayer on the *Brevipalpus phoenicis* control. *Pesquisa Agropecuaria Tropical* (Online), v. 46, p. 183-190, 2016.