

Influência do volume de calda na deposição das gotas para dessecação de colheita da cultura da soja

Influence of the volume of syrup on the deposition of drops for desiccation of soybean crops

Katlheen Matias Ferreira^{1,3*}, Christiano Lima Lobo de Andrade², Fernando Rodrigues Cabral Filho², Marconi Batista Teixeira², Wilker Alves Morais², Jonathan Rener Duarte¹ & Matheus Vinicius Abadia Ventura^{2,3}

¹ Departamento de Desenvolvimento de Mercado, BRANDT do Brasil, Cambé, PR, Brasil. ² Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias, Instituto Federal Goiano, Rio Verde, GO, Brasil. ³ Centro Universitário UniBRAS Rio Verde, Rio Verde, GO, Brasil. *Autor correspondente: katlheenmf@gmail.com

Recebido para publicação em: 04/06/2024 Aceito em: 22/08/2024

RESUMO – A dessecação da soja é uma prática utilizada em área de produção de grãos para controle de ervas daninhas ou padronização de plantas com problemas de retenção de caule/folha verde. Alguns resultados positivos têm sido obtidos quanto à eficácia dos desseccantes em padronizar as plantas de soja para otimização da colheita. O objetivo deste trabalho foi verificar o comportamento de gotas produzidas em função do volume de calda, bem como definir o volume de calda mais adequado para a aplicação de desseccantes. O ensaio foi conduzido a campo na Fazenda Experimental de Ensino Pesquisa e Extensão – UniBRAS, no município de Rio Verde/GO, região Sudoeste de Goiás, na safra agrícola 2020/21. O experimento foi instalado no delineamento de blocos casualizados com quatro repetições e cinco tratamentos (volumes de calda 80; 110; 140; e 160 L ha⁻¹), sendo compostos pela ausência e presença de adjuvante. Os parâmetros determinados foram o diâmetro da mediana volumétrica (DMV), a amplitude relativa (AR), porcentagem do volume de gotas com diâmetro inferior a 100 µm (Dv <100), diâmetro volumétrico acumulado de 10% e 90% (respectivamente D 0,1 e D 0,9), área de cobertura e densidade de gotas, coeficiente de homogeneidade (SPAN), volume depositado (L/há⁻¹). Os dados foram submetidos à análise de variância. Quando constatada significância para determinada variável, empregou-se a análise de regressão. O volume de calda de 160L/ha⁻¹ influenciou o comportamento de gotas produzidas e a aplicação 110L/ha⁻¹ torna-se viável para a dessecação da cultura apresentando boa uniformidade de cobertura e rendimento operacional 30% superior.

Palavras-chave: Tecnologia de aplicação, espectro de gotas, dessecação de colheita.

ABSTRACT – Soybean desiccation is a practice that can only be used in the area of grain production to control weeds or standardize plants with green leaf retention problems. However, some positive results have been obtained regarding the effectiveness of desiccants in maintaining the quality of soybean seeds. Based on the above, the objective of this work was to verify the behavior of drops produced as a function of the spray volume, as well as to define the most suitable spray volume for an application of desiccants. The test was conducted in the field at the Experimental Farm for Research and Extension Teaching - UniBRAS, in the municipality of Rio Verde / GO (in the Southwest region of Goiás 17 ° 45'08 " S and 50 ° 55'53" C and altitude 754m) at 2020/21 agricultural harvest. The experiment was installed in a randomized block design with 4 replications and 5 treatments (different spray volumes 80; 110; 140; and 160 L ha⁻¹, being composed by the presence and presence of the adjuvant. volumetric (DMV), the relative amplitude (AR), percentage of droplet volume with a diameter less than 100 µm (Dv <100), accumulated volumetric diameter of 10% and 90% (respectively D 0.1 and D 0.9), coverage area and drop density, coefficient of homogeneity (SPAN), volume deposited (L ha⁻¹) Data were analyzed using an analysis of variance. When significance was found for a given variable, a regression analysis was used. The spray volume of 160 l/ha⁻¹ influenced the behavior of drops produced and the application of 110 l/ha⁻¹ became viable for desiccating the crop, presenting good coverage uniformity and 30% higher operational yield.

Keywords: Application technology, efficiency, weed control.

INTRODUÇÃO

A cultura da soja encontra-se entre uma das principais atividades agrícolas no Brasil e no mundo. No entanto, a expansão da cultura está atrelada ao melhoramento genético e ao desenvolvimento tecnológico, além do desenvolvimento de cultivares adaptadas e mais resistentes às edafoclimáticas (FREITAS, 2011). Por outro lado, uma

das preocupações dos agricultores é que a cultura seja colhida o quanto antes, evitando que as lavouras fiquem expostas às condições climáticas adversas, e sofram prejuízos na qualidade dos grãos à campo.

Adicionalmente, em busca de otimizar o uso da terra, diluir os investimentos em máquinas agrícolas é uma tendência dos agricultores do cerrado Brasileiro a implementação da segunda safra com o milho safrinha. No entanto, o sucesso do milho safrinha está diretamente atrelado a época de semeadura. Afinal, em semeadura realizada a partir de fevereiro aumenta substancialmente a probabilidade de insucesso no estabelecimento da cultura e consequentemente a produtividade de grãos (GONTIJO NETO et al., 2013).

Nesse contexto, uma prática cultural difundida nos campos de soja é a aplicação de herbicidas dessecantes na pré-colheita. A dessecação da cultura em pré-colheita auxilia na rápida secagem e perda das folhas, visto que neste caso são empregados herbicidas de contato, e vem ganhando cada vez mais adesão pelos produtores de todo o mundo, principalmente em regiões onde são registradas altas temperaturas e altos índices pluviométricos (SILVA et al., 2021).

Mediante ao exposto, a tecnologia de aplicação utilizada para o sucesso das dissecações é a adequação do espectro gotas em relação ao alvo, neste caso, pensando em herbicidas de largo espectro e com ação de contato com o terço inferior das plantas de soja. (JADOSKI et al., 2011). No entanto, para que haja uma perfeita molhabilidade e cobertura das folhas no terço inferior é necessário que haja um ajuste no volume de calda. Afinal, o volume ideal é aquele que gera gotas com espectro que atenda o objetivo da aplicação, e, proporcione boa deposição sobre as plantas, excelente penetração dentro do dossel, alta eficiência e minimização de perdas (TINOS et al., 2011).

Paralelamente, na região Centro-Oeste, devido à temperatura do ar, velocidade do vento e umidade relativa do ar, o período útil para aplicação acaba se tornando curto. Inúmeros fatores podem influenciar na deposição da calda na superfície foliar, assim como o volume de calda aplicado (BALARDIN et al. 2011). Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi verificar o comportamento de gotas produzidas em função do volume de calda, bem como definir o volume de calda mais adequado para a aplicação de dessecantes

MATERIAL E METODOS

O ensaio foi conduzido a campo na Fazenda Experimental de Ensino Pesquisa e Extensão – UniBRAS, no município de Rio Verde/GO (na região Sudoeste de Goiás 17°45'08" S e 50°55'53" W e altitude 754m) na safra agrícola 2020/21, tendo como cultura antecessora o milho, cultivado no sistema plantio direto. O clima na localidade é do tipo Aw, sendo caracterizado como tropical com estação seca, com chuvas mais intensas no verão em relação ao inverno (Köppen).

O experimento foi instalado no delineamento de blocos casualizados com cinco repetições, sendo empregados quatro tratamentos. Os tratamentos foram compostos por diferentes volumes de calda, 80 l ha⁻¹; 110 l ha⁻¹; 140 l ha⁻¹ e 160 l ha⁻¹. As aplicações foram realizadas com pulverizador costal pressurizado por CO₂, munido de barra com quatro pontas. Para a obtenção dos volumes de calda propostos, a velocidade de deslocamento foi de 7,2 km h⁻¹ (2,0 m s), com pressões de trabalho de 15; 30; 45; 60 Psi respectivamente. As unidades experimentais foram compostas por alvos artificiais em três posições na planta (Terços Superior, Médio e Inferior) (Tabela 1).

Tabela 1. Condições climáticas nas respectivas épocas de aplicação dos tratamentos. Safra 2020/21, Rio Verde-Goiás

	Início	Fim
Estádio	R ₇	R ₇
Data	15/03/2021	15/03/2021
Horário da aplicação (h)	10:48	12:10
Velocidade vento (km h)	4,4	5,2
T (°C)	28,0	33,0
Umidade relativa (%)	47,0	38,0

Foram empregadas pontas de pulverização hidráulicas de cerâmica AD 110.02 (Magnojet, Brasil). As pontas de jato plano AD (Cerâmica ISO) são de uso geral e, de acordo com o fabricante, proporcionam aplicações uniformes quando os jatos de pulverização se sobrepõem; são recomendados para trabalhar em pressões entre 15 e 60 PSI (libra-força por polegada quadrada), com altura mínima da barra porta-bicos de 0,50 cm em relação ao alvo, proporcionando gotas variando entre fina e média.

A semeadura foi realizada no dia 06 de novembro de 2020, sendo empregada a cultivar utilizada foi Brasmax Power® (73710 IRF IPRO) com 18 sementes por metro linear caracterizada por ter hábito de crescimento indeterminado, ciclo precoce com grupo de maturação 7.3 para a microrregião do experimento. As avaliações do espectro de gotas ocorreram no dia 16/02/2021 quando a soja se encontrava com 102 dias após a semeadura em estágio reprodutivo R₇.

Adicionalmente, avaliou-se o espectro de gotas pulverizadas pelas pontas empregadas, através de papéis hidrossensíveis com dimensões de 76 x 26 mm (Syngenta, Basel, Suíça). Antes da pulverização, foram afixados dois papéis hidrossensíveis em hastes com presilhas, por parcela experimental, em três alturas: terço superior (30 cm), terço médio (30 cm) e terço inferior (30 cm), respectivamente, em posição horizontal e voltados para cima. Em laboratório, os papéis foram analisados com o scanner DropScope®, específico para essa finalidade. Os parâmetros determinados foram o diâmetro da mediana volumétrica (DMV), a amplitude relativa (AR), porcentagem do volume de gotas com diâmetro inferior a 100 µm (Dv <100), área de cobertura e densidade de gotas, coeficiente de homogeneidade (SPAN), volume depositado (l ha⁻¹).

Os dados foram submetidos à análise de variância. Quando constatada significância para determinada variável, empregou-se a análise de regressão a 5% de probabilidade, para comparação das médias entre os tratamentos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi possível observar que o aumento do volume de calda proporcionou incrementos na porcentagem de área de cobertura para os três terços das plantas de soja (Tabela 2). Portanto, o maior volume de calda proporcionou o maior percentual de cobertura nos terços inferior, médio e superior das plantas de soja (Figura 1). Dessa forma, pensando na dinâmica operacional da dessecação com um herbicida de contato, é necessário encontrar um volume de calda que apresente boa uniformidade de distribuição e permita a redução nas paradas para abastecimento.

Tabela 2. Significância para a variável área de cobertura (AC), em função das diferentes taxas de aplicação, Safra 2020/21, Rio Verde-Goiás.

F.V.	GL	AC (%)		
		Terço inferior	Terço médio	Terço superior
VOLUME	3	12,435**	37,712**	530,445**
REPETIÇÃO	4	0,466 ^{ns}	2,806 ^{ns}	77,405 ^{ns}
Erro	12	0,454	2,985	49,376
CV (%)		20,52	35,39	51,00

^{ns} não significativo e *; ** significativo respectivamente a 5 e 1% de probabilidade segundo teste F. FV – Fonte de variação; GL – Grau de Liberdade e CV – Coeficiente de variação.

A dessecação em pré-colheita é uma operação de extrema importância nas áreas de cultivo de soja, afinal, com a implementação dos cultivos de safrinha o produtor utiliza esta prática para a padronização da umidade da cultura e antecipação de colheita, além de contribuir para o manejo de plantas daninhas de difícil controle. Dessa forma, é importante que o volume de calda permita conciliar o rendimento operacional com a uniformidade de cobertura para a dessecação da soja e ainda tenha potencial em atingir as plantas daninhas.

Foi possível observar que as taxas de 110 l ha⁻¹ e 160 l ha⁻¹ proporcionaram os melhores percentuais de cobertura nos terços médio e inferior (Figura 1). No entanto, tendo em vista a eficiência técnica aliada ao rendimento operacional, a aplicação 110 l ha⁻¹ torna-se viável para a dessecação da cultura da soja apresentando boa uniformidade de cobertura e rendimento operacional 30% superior às demais.

A cobertura é uma importante característica a se avaliar, pois tal efeito pode garantir uma maior eficiência na deposição de gotas (ANTUNIASSI et al., 2017). Dessa forma, para determinar o volume mais adequado para dessecação deve-se observar fatores como o alvo, tamanho das gotas e cobertura mínima necessária para o tipo de aplicação (ANTUNIASSI et al., 2017). Adicionalmente deve-se preconizar a maior homogeneidade de cobertura entre os três extratos da planta, afinal uma maior cobertura no terço inferior se reflete em uma maior eficiência do herbicida e da dessecação (Figura 1).

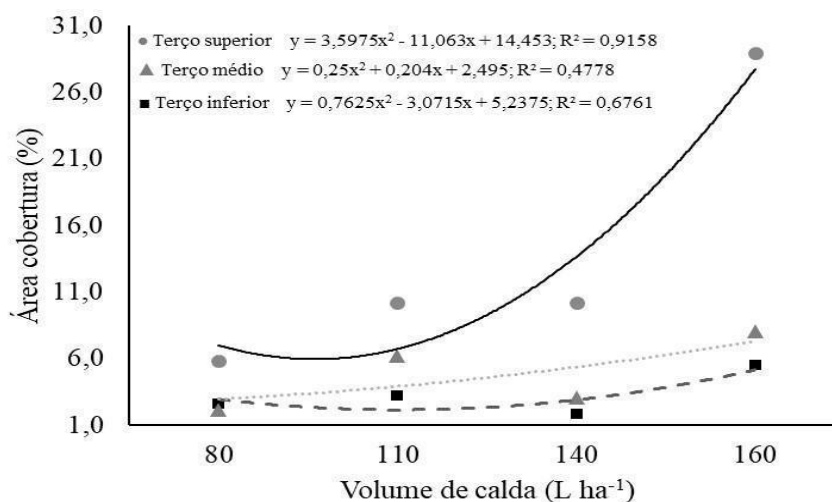


Figura 1. Valores médios para a área coberta (AC), em função das diferentes taxas de aplicação, Safra 2020/21, Rio Verde-Goiás.

As avaliações da deposição de calda são empregadas nas pesquisas de tecnologia de aplicação, como meio para desenvolver e melhorar técnicas de aplicação de defensivos, e assim melhorar a aplicação e a eficiência dos produtos fitossanitários (DECARO JR et al., 2015 ANTUNIASSI et al., 2017). De modo geral, a deposição é menor nas partes mais baixas e internas do dossel das culturas, sobretudo, devido ao efeito “guarda-chuva” proporcionado pelas partes mais altas de algumas espécies de plantas, como é o caso da cultura da soja.

Para os produtos de contato, como é o caso da maioria dos dessecantes, torna-se de suma importância conhecer o perfil de penetração das gotas produzidas pelas pontas hidráulicas no dossel da lavoura, a fim de ultrapassar essa barreira e atingir também as partes mais baixas. Portanto foi possível observar que o volume depositado na superfície foliar ($\mu\text{L}/\text{cm}^2$) foi influenciado em função dos volumes empregados (Tabela 3).

Tabela 3. Significância para a variável volume depositado (VD), em função das diferentes taxas de aplicação, Safra 2020/21, Rio Verde-Goiás.

F.V	GL	VD ($\mu\text{L}/\text{cm}^2$)		
		Terço inferior	Terço médio	Terço superior
VOLUME	3	0,042**	0,163**	5,548**
REPETIÇÃO	4	0,003ns	0,025 ^{ns}	1,014 ^{ns}
Erro	12	0,042	0,017	0,572
CV (%)		21,15	32,94	56,41

^{ns} não significativo e *; ** significativo respectivamente a 5 e 1% de probabilidade segundo teste F. FV – Fonte de variação; GL – Grau de Liberdade e CV – Coeficiente de variação.

A eficiência da dessecação pode aumentar ou diminuir com a variação do volume de calda depositado sobre as folhas (GALON et al. 2007). No entanto a eficácia do tratamento fitossanitário irá depender não apenas da quantidade de calda depositada sobre a vegetação, mas também da uniformidade de cobertura do alvo (RAETANO, 2019) (Figura 2), e assim implicando em melhores distribuições do ingrediente ativo sob a superfície foliar.

Paralelamente, o maior volume de calda aplicado proporcionou maior volume depositado sobre as amostras coletadas nos três terços das plantas de soja (Figura 2). No entanto, assim como o encontrado para a área coberta observa-se que o volume depositado no terço inferior com a taxa 110 L ha^{-1} foi superior ao encontrado para 80 e 140 L ha^{-1} e semelhante a maior taxa aplicada (Figura 2).

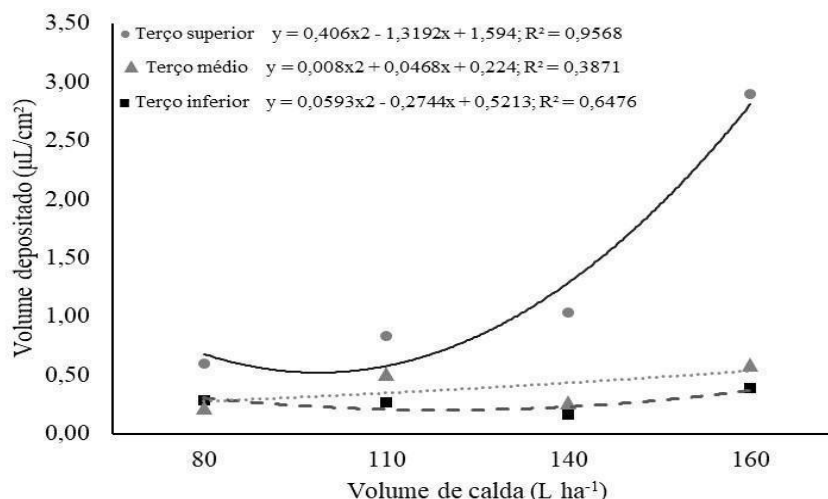


Figura 2. Valores médios para o volume depositado em cm² (VD), em função das diferentes taxas de aplicação, Safra 2020/21, Rio Verde-Goiás.

A densidade de gotas (DG) foi influenciada pelo volume de calda aplicado (Tabela 4), neste caso a taxa de 160 L ha⁻¹, proporcionou uma maior densidade de gotas nos três terços das plantas de soja, variando entre 54,9 e 210,0 gotas/cm² seguido da aplicação de 110 l ha⁻¹ com densidade de gotas de 24,9 a 61,0 gotas cm² (Figura 3). No entanto é válido destacar que para aplicação de herbicidas em pós-emergência de ação de contato, são necessárias gotas entre 150 e 300 µm, na densidade de 30 a 50 gotas/cm² (DECARO JR et al., 2015).

Tabela 4. Significância para a variável densidade de gotas (DG), em função das diferentes taxas de aplicação, Safra 2020/21, Rio Verde-Goiás

F.V	GL	DG		
		Terço inferior	Terço médio	Terço superior
VOLUME	3	2162,359**	7574,912**	29174,008**
REPETIÇÃO	4	4,251 ^{ns}	359,248 ^{ns}	3572,827 ^{ns}
Erro	12	18,332	480,341	2223,825
CV (%)		16,90	54,68	51,46

^{ns} não significativo e *; ** significativo respectivamente a 5 e 1% de probabilidade segundo teste F. FV – Fonte de variação; GL – Grau de Liberdade e CV – Coeficiente de variação.

Segundo Almeida, (2014) a qualidade da aplicação é diretamente influenciada pela densidade de gotas e porcentagem de cobertura, que por sua vez depende do volume de aplicação. O volume de calda proporciona incrementos na densidade de gotas até um determinado valor, após isso, a superfície foliar não pode reter líquido, resultando em escorrimento, o que é indesejável (CUNHA et al., 2008; CUNHA et al., 2010). Portanto pode-se afirmar que a aplicação de 110 L ha⁻¹ atende os pré-requisitos mínimos apontados pela literatura, podendo ainda proporcionar a otimização do rendimento operacional na pulverização.

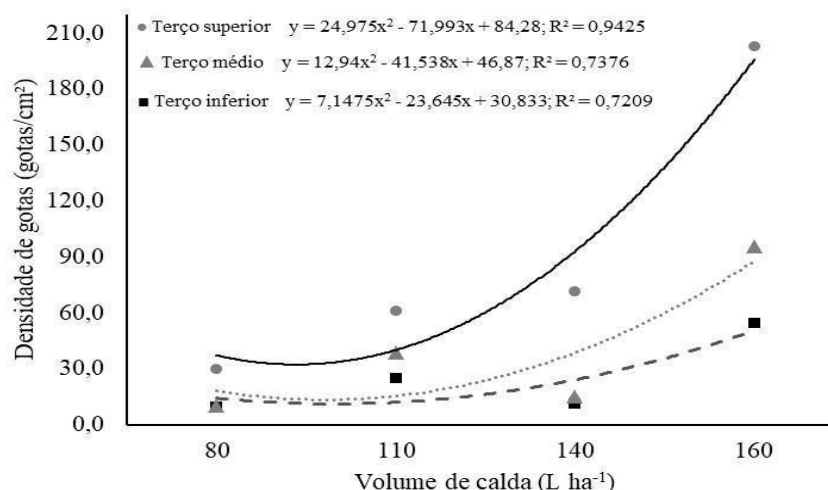


Figura 3. Valores médios para a densidade de gotas em gotas/cm² (DG), em função das diferentes taxas de aplicação, Safra 2020/21, Rio Verde-Goiás.

Para a amplitude relativa não foi possível constatar efeito significativo dos tratamentos nos resultados (Tabela 5). A amplitude relativa (SPAN) possibilita a caracterização do espectro da gota com o auxílio de uma medida adimensional, que indica a magnitude do tamanho da gota no espectro, indicando assim a uniformidade da gota (CZACZYK et al., 2012). Quanto mais baixo for o valor de SPAN determinado, mais uniforme será o espectro de gotas de pulverização definido. Portanto, ao realizar a caracterização da pulverização por meio dos parâmetros do espectro de gotas, recomenda-se a análise conjunta do DMV e do SPAN, avaliando a homogeneidade da pulverização (Figura 4 e 5), o SPAN, analisa a variação do tamanho das gotas. (Figura 4 e 5). A amplitude relativa representa a uniformidade do conjunto de gotas e o tamanho das gotas (SILVA, 2009).

Tabela 5. Significância para a variável amplitude relativa (AR), em função das diferentes taxas de aplicação, Safra 2020/21, Rio Verde-Goiás.

F.V	GL	AR		
		Terço inferior	Terço médio	Terço superior
VOLUME	3	0,064 ^{ns}	0,113 ^{ns}	0,040 ^{ns}
REPETIÇÃO	4	0,030 ^{ns}	0,012 ^{ns}	0,030 ^{ns}
Erro	12	0,023	0,019	0,031
CV (%)		17,72	16,02	16,55

^{ns} não significativo e *; ** significativo respectivamente a 5 e 1% de probabilidade segundo teste F. F.V – Fonte de variação; GL – Grau de Liberdade e CV – Coeficiente de variação.

Já para o coeficiente de homogeneidade foi possível constatar efeito significativo dos volumes empregados no comportamento da característica (Tabela 6). Este parâmetro pode nos indicar a variabilidade no tamanho das gotas, ou seja, quanto mais próximo de 1 estiver o valor de CH, mais homogênea são as gotas (BAESSO et al., 2014). É expresso pela relação entre o diâmetro da mediana volumétrica e diâmetro da mediana numérica, que demonstra

melhor a uniformidade, portando é usado como parâmetro que irão definir melhor as características da população de gotas (VIANA et al., 2012.).

Tabela 6. Significância para o coeficiente de homogeneidade (CH), em função das diferentes taxas de aplicação, Safra 2020/21, Rio Verde-Goiás.

F.V	GL	AR		
		Terço inferior	Terço médio	Terço superior
VOLUME	3	1404,852**	1946,075**	610,269**
REPETIÇÃO	4	10,027 ^{ns}	169,370 ^{ns}	312,731 ^{ns}
Erro	12	126,866	72,691	87,593
CV (%)		15,45	11,43	11,85

^{ns} não significativo e *; ** significativo respectivamente a 5 e 1% de probabilidade segundo teste F. FV – Fonte de variação; GL – Grau de Liberdade e CV – Coeficiente de variação.

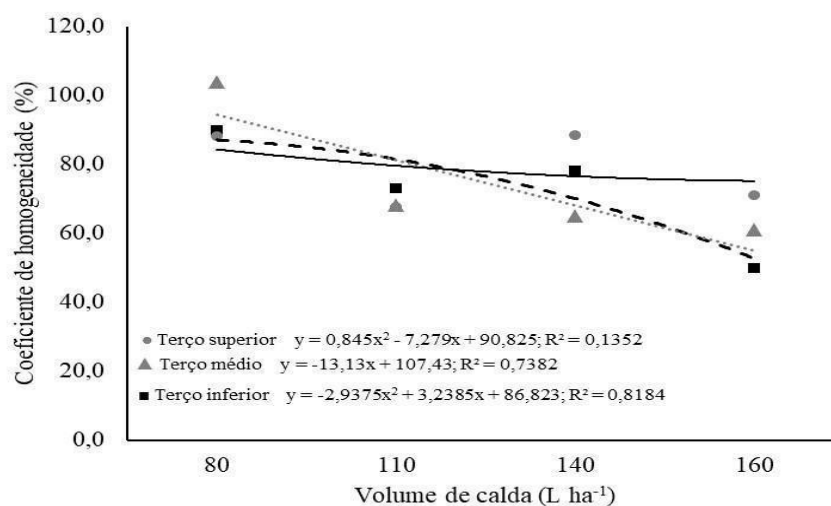


Figura 4. Valores médios para o coeficiente de homogeneidade (CH), em função das diferentes taxas de aplicação, Safra 2020/21, Rio Verde-Goiás.

A variável diâmetro da mediana volumétrica (DMV) foi significativa em função dos tratamentos (Tabela 7). O DMV, é o diâmetro de gota que divide a massa de gotas de uma ponta de pulverização em duas partes, de forma que a soma dos volumes das gotas de diâmetro menor que o DMV é igual à soma dos volumes das gotas de diâmetro maior que o DMV, esses resultados estão de acordo com os apresentados por Iost (2010). Ou seja, é o diâmetro que divide o volume pulverizado em duas partes iguais, isto é, metade do volume pulverizado está contido em gotas menores que este diâmetro e a outra metade em gotas maiores que este diâmetro (CUNHA et al., 2010).

Observa-se que quanto mais aumenta o volume de calda, menor é o DMV. À medida que se reduz o DMV aumenta-se proporcionalmente à porcentagem de gotas menor que 100 micrometros e o coeficiente de uniformidade, o que culmina em maior potencial de risco de deriva. (ALMEIDA, 2018).

Tabela 7. Significância para a variável diâmetro da mediana volumétrica (DMV), em função das diferentes taxas de aplicação, Safra 2020/21, Rio Verde-Goiás.

F.V	GL	AR		
		Terço inferior	Terço médio	Terço superior
VOLUME	3	169940,894**	89822,267**	27391,457**
REPETIÇÃO	4	371,634 ^{ns}	3465,183 ^{ns}	12083,141 ^{ns}
Erro	12	2613,029	1294,483	4315,662
CV (%)		9,88	7,58	12,27

^{ns} não significativo e *; ** significativo respectivamente a 5 e 1% de probabilidade segundo teste F. F.V – Fonte de variação; GL – Grau de Liberdade e CV – Coeficiente de variação.

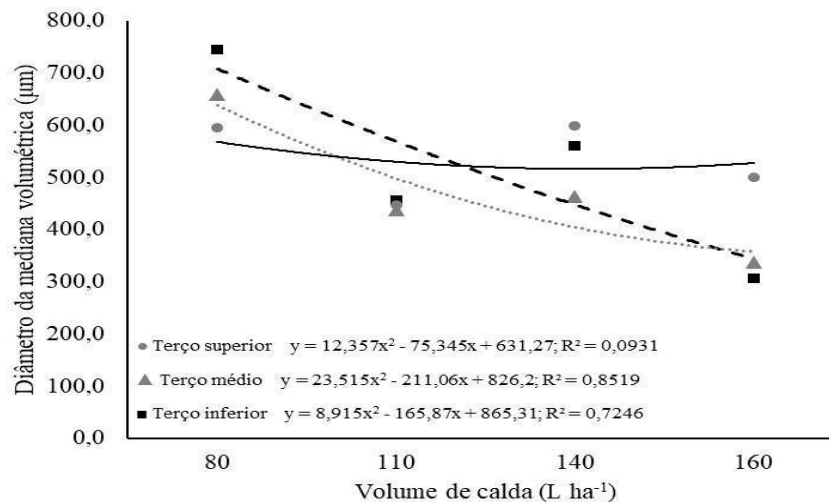


Figura 5. Valores médios para o diâmetro da mediana volumétrica (DMV), em função das diferentes taxas de aplicação, Safra 2020/21, Rio Verde-Goiás.

CONCLUSÃO

O volume de calda de 160 L ha⁻¹, influenciou o comportamento de gotas produzidas apresentando porcentagem de área coberta, maior volume depositado e densidade de gotas e menor o coeficiente de homogeneidade.

A aplicação 110 l ha⁻¹ torna-se viável para a dessecação da cultura da soja apresentando boa uniformidade de cobertura e rendimento operacional 30% superior.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDEL-RAHMAN, A. H. Effect of mineral potassium, compost and biofertilizers on soil physio-chemical properties and productivity of sesame grown on salt affected soils. **Journal of Soil Sciences and Agricultural Engineering**, 5: 791-805, 2014.

AHMAD, F. et al. Influence of sulfur and potassium levels on yield and yield attribute of sesame (*Sesamum indicum* L.). **International Journal of Research Studies in Agricultural Sciences (IJRSAS)**, 4: 8-10, 2018.

- ALVES, D. A. S. et al. Adubação foliar e viabilidade econômica de potássio na cultura do trigo (*Triticum aestivum* L.). **Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR**, 22: 53-58, 2019.
- BARROS, M. A. L.; SANTOS, R. F. **Situação do Gergelim nos Mercados Mundial e Nacional, 1995 a 2002**. 1. ed. Campina Grande, PB: Embrapa Algodão, 2002. 8 p. (Circular Técnico, 67).
- BOTELHO, S. et al. **Gergelim: qualidade de grãos cultivados em Mato Grosso em função do tipo de colheita**. Sinop, MT: Embrapa Agrossilvipastoril, 2022.6 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 7).
- BRADY, N. C; WEIL, R. R. Nutrient cycling and soil fertility. In. BRADY, N. C.; WEIL, R. R. (Eds.). **Elements of nature and properties of soils**. 3 ed. Porto Alegre, RS: Bookman, 2013. cap. 12, p. 437-499.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, DF: MAPA/ACS, 2009. 399 p.
- CAVALLI, E; LANGE, A. Efeito residual do potássio no sistema de cultivo soja-milho safrinha no cerrado Mato-Grossense. **Revista Cultura Agrônômica**, 27: 310-326, 2018.
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de grãos: safra 2022/23. 2023. Brasília, DF. 2023.14 p.
- COSTA, F. S. et al. **Crescimento e produção do gergelim irrigado em função da adubação potássica e nitrogenada**. In: WORKSHOP INTERNACIONAL DE INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS NA IRRIGAÇÃO, 4, 2012. Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: INOVAGRI: IFCE: INI, 2012. p. 2-3
- CRUZ, N. F. F. S. et al. O. Características e tratos culturais do gergelim (*Sesamum indicum* L.). **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, 8: 665-675, 2019.
- EUBA NETO, M. et al. Crescimento e produtividade de gergelim em Neossolo Flúvico em função de adubação orgânica e mineral. **Revista Ceres**, 63: 568-575, 2016.
- JAT, R. et al. Effect of potassium and sulfur on quality of sesame (*Sesamum indicum* L.). **International Journal of Microbiology and Applied Science**, 6: 1876-1878, 2017.
- KALE, P. D. et al. Response of sesame (*Sesamum indicum* L.) to nitrogen and potassium fertilization. **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, 8: 411-414, 2019.
- LOURENÇO, E. R. C. et al. Water Requirements of Sesame Culture in the Chapada do Apodi Region, Rio Grande do Norte. **Brazilian Journal of Physical Geography**, 11: 1275- 1289, 2018.
- MA, X. et al. A comprehensive review of bioactive compounds and processing technology of sesame seed. **Oil Crop Science**, 7: 88-94, 2022
- PERIN, A.; CRUVINEL, D. J.; SILVA, J. W. Desempenho do gergelim em função da adubação NPK e do nível de fertilidade do solo. **Acta Scientiarum Agronomy**, 32: 93-98, 2010.
- YAZIED, A. Effect of foliar spray of different potassium sources on growth, yield and mineral composition of potato (*Solanum tuberosum* L.). **Middle East Journal of Applied Sciences**, 4: 1197-1204, 2014.
- SANTOS, H. G. et al. **Brazilian Soil Classification System**. 5. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2018.
- SCOTT, A. J; KNOTT, M. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, 30: 507-512, 1974.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. Versão do programa computacional Assistat para o sistema operacional Windows. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, 4: 71-78, 2002.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. 4. ed. Porto Alegre,RS: Artmed, 2009. 819 p.

TENYANG, N. et al. Effects of boiling and roasting on proximate composition, lipid oxidation, fatty acid profile and mineral content of two sesame varieties commercialized and consumed in Far -North Region of Cameroon. **Food Chemistry**, 221: 1308-1316, 2017.

YOUNIS, M. et al. Effect of phosphorus and sulfur on yield and yield components of sesame. **Sarhad Journal of Agriculture**, 20: 1-7, 2020.

ZHANG, H.; MIAO, H.; JU, M. Potential for Adaptation to Climate Change Through Genomics Breeding in Sesame. In: KOLE, C. (Ed.). **Genomics Design of ClimateSmart Oilseed Crops**. Cham, Switzerland: Springer Nature, 2019. v. 1, cap. 7, p. 371-440.