ALTURA DE VOO E ESTÁDIO FENOLÓGICO NA COBERTURA DA PULVERIZAÇÃO COM DRONE NA CULTURA DA SOJA

NASCIMENTO, Wallace Daniel de Deus[1]; COSTA, Lilian Lucia[2]; CAVALCANTE, José Felipe[3]; NEGREIROS, Fernanda Silva[4]

[1] Estudante de Iniciação Científica – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Câmpus Morrinhos - GO. wallace.daniel@estudante.ifgoiano.edu.br; [2] Orientador – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Câmpus Morrinhos - GO. lilian.costa@ifgoiano.edu.br; [3] Estudante de Iniciação Científica – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Câmpus Morrinhos - GO. jose.cavalcante@estudante.ifgoiano.edu.br; [4]Estudante de Iniciação Científica – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Câmpus Morrinhos - GO. fernanda.negreiros@estudante.ifgoiano.edu.br

RESUMO: A pulverização com drones destaca-se como alternativa na cultura da soja, mas fatores como altura de voo e estádio fenológico podem influenciar a distribuição da calda. Este estudo avaliou o efeito de alturas de voo do drone DJI Agras T20 Pro (4, 5, 6 e 7 m) e de estádios fenológicos da soja sobre a cobertura nas porções superior e inferior do dossel. O delineamento foi em blocos ao acaso, em arranjo fatorial 3x2 (três estádios e duas posições) para Densidade de Gotas (DTG) e 4x2 (quatro alturas e duas posições) para Fração Percentual de Cobertura (FPC). O avanço fenológico reduziu a penetração da calda no terço inferior. A altura de voo não influenciou a DTG, mas afetou a uniformidade da FPC. A altura de 7 m proporcionou maior uniformidade entre os estratos, enquanto 4 m favoreceu a concentração da calda no topo (efeito downwash). Evidencia-se a importância de adequar a altura de voo ao estádio da cultura para otimizar a tecnologia de aplicação.

PALAVRAS-CHAVE: DOSSEL VEGETAL; *Glycine max*; VANT AGRÍCOLA; TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO.

INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* L.) é uma das principais culturas agrícolas do Brasil, cujo alto potencial produtivo requer técnicas eficientes de manejo fitossanitário, especialmente nas fases reprodutivas, quando a cobertura foliar uniforme se torna crítica para o controle de pragas e doenças (SILVA et al., 2021). No contexto da agricultura de precisão, os veículos aéreos não tripulados (VANTs), popularmente conhecidos como drones, se destacam como alternativas viáveis aos métodos convencionais. Esses equipamentos operam em áreas de difícil acesso, reduzem o amassamento da cultura e diminuem os riscos de exposição humana aos produtos químicos (CARLESSO & BARIVIERA, 2022). Apesar dos avanços, a pulverização com drones ainda demanda maior embasamento técnico-científico. A premissa de realizar a deposição eficiente com mínima deriva é mantida, mas enfrenta novos desafios operacionais (MATUO, 1990). Fatores como a altura de voo afetam diretamente a aerodinâmica e a pressão exercida pelo equipamento, influenciando o espectro de gotas geradas e a qualidade da deposição (ALTHMAN, 2021; NASCIMENTO, 2020). Diante do exposto, objetivou-se avaliar diferentes alturas de voo do drone DJI Agras T20 Pro e de diferentes estádios fenológicos da cultura da soja sobre a cobertura da calda de pulverização nas porções superior e inferior do dossel.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no IF Goiano – Campus Morrinhos, localizado na Rodovia BR-153, GO. A pesquisa foi conduzida em área cultivada com soja (cultivar 79K82 RSF CE), adaptada às condições edafoclimáticas locais. O preparo do solo e a adubação seguiram as recomendações agronômicas, com semeadura em sistema de plantio direto, espaçamento de 0,45 m entre linhas e densidade populacional estimada de 300 mil plantas por hectare. O manejo fitossanitário foi realizado de acordo com a necessidade da cultura.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso (DBC), avaliando-se em esquema fatorial 3x2 (três estádios fenológicos e duas posições de amostragem no dossel) para a variável Densidade de Gotas (DTG), e em esquema fatorial 4x2 (quatro alturas de voo do drone: 4, 5, 6 e 7 metros, e duas posições) para a Fração Percentual de Cobertura (FPC). As avaliações de deposição da calda foram realizadas por meio do aplicativo Dropsight. Para a amostragem, coletaram-se 40 folhas por bloco, divididas igualmente entre a porção superior (20 folhas) e a porção inferior (20 folhas) do dossel das plantas. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A ANOVA demonstrou que a altura não afetou a DTG. Contudo, houve interação significativa (Tukey, $p<0,05$) entre estádio e posição. Em R1 e R3, a deposição não diferiu estatisticamente entre as porções superior e inferior. Já em R4, o adensamento foliar reduziu o alcance das gotas ao baixeiro (13,50 gotas/cm²) em relação ao topo (28,41 gotas/cm²), evidenciando o efeito guarda-chuva.

Tabela 1. Desdobramento da interação entre a posição de coleta (porção superior e inferior da planta) e os diferentes estádios fenológicos da soja para a variável DTG (Densidade de Gotas por cm²).

	Tratamentos	
Estádio Fenológico	Porção Superior	Porção Inferior
R1	4,72 bA	3,76
R3	4,21 bA	4,32
R4	28,41 aA	13,50

R1: Início do estádio reprodutivo. R3: Início do desenvolvimento das vagens. R4: Fase de frutificação plena. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

Para a FPC, constatou-se interação (Tukey, $p<0,05$) entre altura de voo e posição. Voos a 4 m geraram maior retenção no terço superior (2,47%) em comparação ao inferior (0,69%), indicando que o excesso de *downwash* sobrepõe as folhas apicais e sela o dossel. Aos 7 m, o vórtice se dissipou, igualando estatisticamente a cobertura entre a porção superior (0,79%) e a inferior (1,04%).

Tabela 2. Desdobramento da interação entre a altura de voo e a posição de coleta (porção superior e inferior da planta de soja) para a variável FPC (Fator Percentual de Cobertura).

	Tratamentos	
Altura de Voo (m)	Porção Superior	Porção Inferior
4	2,47 aA	0,69 aB
5	1,19 bA	0,55 aB
6	1,23 bA	0,85 aA
7	0,79 bA	1,04 aA

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

O avanço do estádio fenológico da soja, notadamente a partir da fase de frutificação plena (R4), atua como a principal barreira à penetração da calda, reduzindo drasticamente a densidade de gotas no terço inferior das plantas.

Com o drone a 7 metros, a dissipação do vórtice permitiu que a cobertura se igualasse estatisticamente entre o topo (0,79%) e o baixeiro (1,04%) (Tabela 2). Embora a altura de voo do drone não interfira na quantidade de gotas retidas, o uso de maiores altitudes (7 metros) é mais adequado para garantir uma cobertura (FPC) uniforme em todo o perfil do dossel, mitigando o selamento foliar causado pela forte pressão aerodinâmica (efeito *downwash*) observada em voos mais baixos.

CONCLUSÃO

1. O avanço fenológico (fase R4) atua como barreira e reduz a penetração da calda no terço inferior.

2. A altura de voo afeta a uniformidade da FPC no dossel, mas não influencia a DTG.

3. Voos a 7 m proporcionam distribuição mais homogênea da FPC nas plantas.

4. Voos a 4 m concentram a cobertura na porção superior devido ao selamento foliar pelo *downwash*.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos, pelo apoio institucional e pela infraestrutura disponibilizada para a realização da pesquisa e pela concessão da bolsa de iniciação científica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALTHMAN, B. R. Drones e tecnologia de aplicação: regulagens e impactos na eficiência. AgroEfetiva, v. 6, n. 1, p. 42-50, 2021.

CARLESSO, L.; BARIVIERA, M. Aplicações com drones na agricultura: desafios e oportunidades. Agro & Tecnologia, v. 14, n. 1, p. 17-24, 2022.

MATUO, T. Aplicação de defensivos agrícolas: fundamentos teóricos. Jaboticabal: FUNEP, 1990.

NASCIMENTO, J. S. G. Tamanho e espectro de gotas em pulverizações agrícolas: conceitos e aplicações. Boletim Técnico da Embrapa, n. 103, 2020.

SILVA, A. F. et al. Importância do milheto como cobertura de solo. Cadernos de Agroecologia, v. 16, n. 1, 2021.