

UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI

Instituto de Ciências Agrárias - ICA

Daniele Ferreira Dias

**COBERTURA E DENSIDADE DE GOTAS NA SOJA MEDIANTE DIFERENTES
TAXAS DE APLICAÇÃO UTILIZANDO PULVERIZADOR ELETROVORTEX®**

Unai-MG

2023

Daniele Ferreira Dias

**COBERTURA E DENSIDADE DE GOTAS NA SOJA MEDIANTE DIFERENTES
TAXAS DE APLICAÇÃO UTILIZANDO PULVERIZADOR ELETROVORTEX®**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como requisito para obtenção do título de Engenheira Agrônoma.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Mariana Rodrigues Bueno

Unai-MG

2023

Daniele Ferreira Dias

**COBERTURA E DENSIDADE DE GOTAS NA SOJA MEDIANTE DIFERENTES
TAXAS DE APLICAÇÃO UTILIZANDO PULVERIZADOR ELETROVORTEX®**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como requisito para obtenção do título de Engenheira Agrônoma.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Mariana Rodrigues Bueno

Data de aprovação: ____/____/____.

Eng. Agr. Fábio Gonçalves Villela
Fazenda AGCA Unai/MG

Prof. Dr. Sérgio Macedo Silva
Instituto de Ciências Agrárias – UFVJM

Prof.^a Dr.^a Mariana Rodrigues Bueno
Instituto de Ciências Agrárias – UFVJM

Unai-MG

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que permitiu o alcance dos meus objetivos, e que eu tivesse saúde e determinação durante os anos de estudo.

Agradeço a minha família, em especial minha mãe Jessinara Ferreira da Silva e minhas irmãs Jessica Ferreira da Silva e Nathany Ferreira Gama, que sempre me apoiaram, acreditaram em mim e sempre me ajudaram no decorrer do curso.

Agradeço ao meu marido Nyxon Cabral Ferreira Filho que esteve ao meu lado durante toda graduação, pelos seus ensinamentos e apoio desde o início.

A empresa Jacto pelo suporte durante a condução desse trabalho e por disponibilizar os dados para que fosse realizado este estudo.

Agradeço ao Dr. Guilherme Sousa Alves por me orientar na execução deste trabalho, por todo ensinamento partilhado e paciência.

A todos os professores do Instituto de Ciências agrárias da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri do campus de Unaí que me proporcionaram conhecimento e aprendizados que jamais esquecerei.

Agradeço em especial a professora Dr.^a Mariana Rodrigues Bueno por disponibilizar seu tempo, por me orientar em todas as vezes em que necessitei, pelo aprendizado durante o curso que carregarei ao longo da minha caminhada e por todos os momentos agradáveis.

A toda equipe da Fazenda AGCA que cederam a área, equipamentos e mão de obra para execução deste trabalho.

A todos colegas do grupo de pesquisa PD Tec pelo apoio e ajuda na execução deste trabalho.

Aos colegas que caminharam comigo durante esses anos, me ajudando e auxiliando, em especial a minha amiga Luana Aline Fontana que esteve presente em todos os momentos dividindo conhecimento.

RESUMO

O pulverizador de barras autopropelido EletroVortex[®] possuiu um sistema de pulverização composto por assistência de ar e eletrificação de gotas na barra. Esta tecnologia possibilita a redução da taxa de aplicação, trazendo ganhos em autonomia e capacidade operacional dos pulverizadores. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a cobertura e densidade de gotas na cultura da soja, mediante o uso de diferentes taxas de aplicação utilizando o pulverizador EletroVortex[®]. Seguindo um delineamento em blocos casualizados no esquema fatorial 2x3 com seis repetições, foram avaliadas duas taxas de aplicação (50 e 75 L ha⁻¹) e três níveis de velocidade de ar (nível #3: 21 m s⁻¹, nível #4: 25 m s⁻¹ e nível #5: 30 m s⁻¹) mantendo o eletrostático (5kV por bocal) sempre ligado. A porcentagem de cobertura e densidade de gotas foi mensurada utilizando papéis fotográficos posicionados próximo aos terços médio e inferior das plantas. Para facilitar a visualização das gotas no papel, adicionou-se à calda o traçador azul brilhante. O sistema EletroVortex[®] com taxa de aplicação de 75 L ha⁻¹ proporcionou maior porcentagem de cobertura e maior densidade de gotas no terço inferior da cultura da soja, independente dos níveis de assistência de ar, enquanto a taxa de 50 L ha⁻¹ resultou em maior deposição de gotas no terço médio das plantas.

Palavras-chave: Assistência de ar. Densidade de gotas. Eletrificação de gotas.

ABSTRACT

The self-propelled boom sprayer EletroVortex[®] has a spraying system composed by air assistance and drops electrification on the boom. This technology enables reduction in the application rate, which benefits autonomy and operational capacity of the sprayers. The present study aimed to evaluate the coverage and drops density on soybean crop using the EletroVortex[®] sprayer adjusted to different application rates. Following a completely random 2x3 factorial design with six replications, there were evaluated two application rates (50 and 75 L ha⁻¹) and three air speed levels (level #3: 21 m s⁻¹, level # 4: 25 m s⁻¹ and level #5: 30 m s⁻¹), always maintaining the electrostatic (5kV per nozzle) turned on. Photographic papers placed close to the middle and the lower thirds of the plants were used to measure the coverage percentage and droplet density. To easy observation of the drops on the paper, a bright blue tracer was added to the sprayed solution. Regardless of the air assistance level, the EletroVortex[®] system with an application rate of 75 L ha⁻¹ provided the highest coverage and droplet density in the lower third of the soybeans, whereas the rate of 50 L ha⁻¹ yielded higher droplet deposition in the middle third of the plants.

Keywords: Air assistance. Drop density. Droplet electrification.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	8
2	OBJETIVOS.....	9
2.1	Objetivos específicos	9
3	REVISÃO DE LITERATURA	9
3.1	Produção de soja Brasileira.....	9
3.2	Manejo fitossanitário na cultura da soja.....	10
3.3	Tecnologia de aplicação.....	11
3.4	Pulverizador com sistema eletrostático e assistência de ar	12
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	13
4.1	Local e descrição geral do experimento.....	13
4.2	Delineamento experimental e tratamentos	13
4.3	Equipamento de aplicação.....	14
4.4	Condições meteorológicas	14
4.5	Avaliação de cobertura de gotas e densidade de gotas	14
4.6	Análises estatísticas.....	15
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	15
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	18
	REFERÊNCIAS	19

1 INTRODUÇÃO

A soja é de extrema importância no Brasil, está presente fortemente na vida das pessoas, seja por meio da alimentação, cosméticos e até mesmo nos combustíveis que movem os automóveis (HACHIYA, 2022). Segundo os dados da Conab, o Brasil na safra de 2022/23 teve uma produção recorde, de 154,6 milhões de toneladas (CONAB, 2023).

Nos últimos vinte anos, a produção e exportação de soja em grão no Brasil, tem apresentado um expressivo crescimento (FIGUEIRA, 2023), a cada ano sua produção aumenta devido aos avanços genéticos que permitem o grande sucesso das lavouras (PERIGO *et al.*, 2022).

Para uma boa produtividade nas lavouras, as pragas, doenças e plantas daninhas precisam ser controladas adequadamente garantindo a produção das culturas e reduzindo ao máximo as perdas (BUENO *et al.*, 2022). A eficácia de controle desses problemas depende de vários fatores, dentre eles a escolha do produto, do intervalo entre as aplicações, da tecnologia de aplicação empregada e da taxa de aplicação utilizada (CHECHI *et al.*, 2019).

Na região Noroeste de Minas Gerais, principal produtora de soja do estado (SEAPA, 2022), é comum a utilização de taxas de aplicação em torno de 100 L ha⁻¹ para pulverizações na cultura da soja, desde a dessecação até as últimas aplicações de fungicida.

Todavia, se faz necessário adotar técnicas de redução dessa taxa de aplicação, principalmente em regiões de grande potencial agrícola, com distribuição irregular de água, como é o caso da região Noroeste de Minas para que não haja falta deste recurso, uma vez, que menores taxas podem aumentar a autonomia e a capacidade operacional dos pulverizadores, diminuindo o risco de perdas por escorrimento (RODRIGUES; SAAB; GANDOLFO, 2011), deriva e conseqüentemente aumentar a cobertura e a densidade de gotas nas folhas da cultura.

Portanto, existe a necessidade de buscar novas ferramentas que possibilitem a redução dessa taxa de forma eficiente e segura. Diversas tecnologias têm sido desenvolvidas para auxiliar o produtor a realizar aplicações mais eficientes. Uma dessas tecnologias são os pulverizadores de barra com assistência de ar associado à eletrificação de gotas, um sistema conhecido como EletroVortex® (JACTO, 2020).

A assistência de ar consiste na utilização de ventiladores posicionados próximos à seção central da barra de pulverização que, após acionados, inflam mangas de lonas que distribuem por igual o ar por toda a barra de pulverização (SILVA, 2019). Já a eletrificação de gotas, consiste na formação de um campo elétrico que evita desvios das gotas até o alvo e provoca atração entre ambos (TAVARES, 2017). Além de aumentar a eficiência no controle, é

uma alternativa promissora para redução de perdas na aplicação de produtos fitossanitários (CHAIM, 2006).

A junção dessas tecnologias, tem o potencial de melhorar as perdas por deriva, a capacidade de cobertura, aumentar a eficácia e a precisão da pulverização. A tecnologia EletroVortex® permite que o pulverizador trabalhe com taxa de aplicação menor, possibilitando menos paradas para abastecimento durante a jornada de trabalho, aumentando rendimento operacional (JACTO, 2020). Outro diferencial da tecnologia, segundo o fabricante, é permitir aumento de depósito em até duas vezes mais no terço médio da planta.

2 OBJETIVOS

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a cobertura e a densidade de gotas na cultura da soja, mediante o uso de diferentes taxas de aplicação utilizando o pulverizador Eletrovortex®.

2.1 Objetivos específicos

- Avaliar a porcentagem de cobertura e a densidade de gotas promovida pela pulverização eletroestática associada a diferentes níveis de assistência de ar no vórtex, na cultura da soja.

- Avaliar a cobertura e densidade de gotas por meio da adição de traçador azul brilhante na calda de pulverização em alvos artificiais (papéis fotográficos) posicionados nos terços inferiores e médios das plantas de soja.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Produção de soja Brasileira

A soja é uma das principais leguminosas produzidas no Brasil e representa grande destaque no mercado mundial (PERIGO *et al.*, 2022), sendo o grão mais produzido no Brasil, ocupa uma área aproximadamente de 45 milhões de hectares, com uma estimativa de produção de 162 mil toneladas na safra 2023/24, o que representa crescimento de 4,8% em relação à safra

2022/23 (CONAB, 2023). A soja foi e continua sendo um dos principais produtos responsáveis pelo crescimento do agronegócio no país, principalmente para a economia (CARVALHO *et al.*, 2023), é uma das culturas mais importantes para geração de renda rural (NETO; RAIHER 2023) o que a torna importante do ponto vista econômico, além de representar um papel importante na geração de empregos diretos ou indiretos através da cadeia do agronegócio.

A soja possui diversos usos na alimentação e saúde humana, é utilizada para produção de óleo e componentes proteicos (GAONKAR; ROSENTRATER, 2019) é uma proteína vegetal com ótimo custo-benefício e dá origem a produtos para consumo de pessoas vegetarianas, além de estar presente em maquiagens, tintas (APROSOJA BRASIL, 2023). O óleo de soja é o segundo mais consumido mundialmente, perde apenas para o óleo de Palma (ZEFERINO, 2023) e teve um aumento considerável nos últimos anos devido ao aumento de produção de biodiesel e produtos químicos industriais (GAONKAR; ROSENTRATER, 2019).

Dentre os fatores que contribuem para o aumento no consumo de soja, se destaca o crescente poder aquisitivo da população, o que provoca, muitas vezes, mudanças no hábito alimentar (CARVALHO *et al.*, 2023). A soja hoje é um dos principais produtos na cadeia do agronegócio, o que demanda recursos financeiros e pesquisas, buscando melhorias em sementes, produtos fitossanitários, insumos e técnicas de cultivo adequadas, visando produções mais lucrativas e sustentáveis (HACHIYA, 2022).

3.2 Manejo fitossanitário na cultura da soja

Estima-se um aumento de produção mundial de soja até 2050, mas para isso, é preciso melhorar o manejo fitossanitário e a eficiência das pulverizações na cultura (USDA, 2023). O manejo adequado protege a produção e ainda garante suprimento para a exportação, atendendo à demanda global.

Mesmo o Brasil sendo o maior produtor de soja, existe problemas em relação ao manejo fitossanitário, pois o clima tropical favorece o surgimento de várias doenças, pragas e plantas daninhas, que acarretam a redução da produtividade (HOFFMANN *et al.*, 2019). Um dos fatores mais limitantes do potencial máximo de produtividade da cultura são as doenças (VASCONCELOS *et al.*, 2019; PERIGO *et al.*, 2022.). As perdas causadas pelo manejo inadequado afetam o produtor rural e os consumidores, visto a importância da soja como componente na alimentação animal e humana.

O manejo de pragas, doenças e plantas daninhas muitas vezes é realizado com o uso de inseticidas, fungicidas e herbicidas. Os produtos fitossanitários são de extrema relevância na

agricultura, entretanto, o uso indiscriminado desses produtos, muitas vezes por falta de conhecimento técnico, resulta em problemas com fitotoxicidade na cultura, contaminação ambiental, desequilibra o agroecossistema (BUENO, CUNHA, SANTANA; 2017) e potencializa a resistência. Os produtos fitossanitários podem ser aplicados por diferentes tipos de equipamentos de pulverização, seja via terrestre e/ou aérea, como os pulverizadores com sistema de ar e sistema eletroestático, aeronaves e drones. A adequação de tecnologia de pulverização é fundamental para a eficiência da aplicação.

3.3 Tecnologia de aplicação

O manejo de doenças na cultura da soja é um desafio para a tecnologia de aplicação, pois os patógenos são alvos agressivos e de difícil acesso (TAVARES; CUNHA, 2023), o que acarreta muitas vezes no uso indiscriminado desses produtos.

Com aumento crescente da produção de soja, aumenta-se também o uso de produtos fitossanitários. Porém, com o aumento dos custos desses produtos nos últimos anos e a preocupação em relação ao meio ambiente, tem-se evidenciado a necessidade de novas tecnologias que otimizem a aplicação de produtos fitossanitários e dos equipamentos aplicadores (AZEVEDO; FREIRE, 2006) visando redução de custos, e possíveis problemas com contaminação humana e ambiental.

A tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários consiste na praticabilidade de conhecimentos científicos e tecnológicos (CONTIERO; BIFFE; CATTAPAN, 2018), com aplicação de produto químico por meio de um equipamento adequado, de maneira que o controle do alvo biológico seja efetuado com eficácia, economia e segurança, evitando perda para o ambiente (AZEVEDO; FREIRE, 2006), é uma ferramenta que pode ser usada para auxiliar no aumento de produtividade se utilizada de forma correta (CUNHA; FARNESE; OLIVET; VILLALBA, 2011).

Vários fatores podem interferir no sucesso da aplicação, como o ambiente, tipo de equipamento utilizado, o produto, momento da aplicação (MINGUELA; CUNHA, 2013; ANTUNIASSI; BOLLER, 2019), densidade de gotas, distribuição das gotas, porcentagem de cobertura em um alvo (RAETANO, 2019) e volume de calda (BONADIMAN, 2008) A densidade de gotas refere-se ao número de impactos por centímetro quadrado, é uma ferramenta fundamental para avaliar a qualidade da pulverização (SCHÖDER, 2003), ou seja, a densidade de gotas é a quantidade de gotas presentes em uma determinada área, é um parâmetro que influencia diretamente a eficácia do tratamento e a cobertura, além de influenciar no impacto

ambiental, visto que, o estudo de avaliação pode proporcionar redução de deriva, as gotas pequenas podem ser mais suscetíveis à deriva, havendo risco de contaminação ambiental (CROSS *et al.*, 2001).

A cobertura do alvo da pulverização pode ser conceituada como a área coberta por gotas da calda de pulverização em um alvo desejado, como folha, inseto ou solo (MONIZ, 2020). A cobertura do alvo é um dos fatores que define a qualidade de uma aplicação e está associado ao tamanho de gotas e o volume de calda (ANTUNIASSI *et al.*, 2017), ainda de acordo com Raetano (2007), a eficácia também depende da uniformidade de cobertura de gotas (RAETANO, 2007). Portanto, o estudo da avaliação de gotas é fundamental para uma aplicação eficiente, que traga resultados satisfatórios.

A cobertura de calda na superfície das plantas é influenciada pela taxa de aplicação (RIBEIRO *et al.*, 2023). Nos últimos anos, houve um aumento dos estudos de tecnologia de aplicação envolvendo a viabilidade de redução de volumes de calda (GONÇALVES *et al.*, 2023). Atualmente, há uma tendência na redução da água utilizada nas aplicações, entretanto, requer otimização da tecnologia de aplicação (BAIO *et al.*, 2016; BUENO *et al.*, 2014). Além de aumentar a autonomia e operacionalidade dos pulverizadores (CUNHA *et al.*, 2014) já que, realiza a aplicação de uma área maior, em um tempo menor. No entanto, deve existir equilíbrio entre a operacionalidade e a qualidade das pulverizações, a redução exagerada do volume de calda pode afetar a eficácia da operação (MONIZ, 2020).

3.4 Pulverizador com sistema eletrostático e assistência de ar

Para auxiliar numa aplicação mais eficiente, e que proporcione uma maior cobertura e densidade de gotas nas folhas das culturas, pulverizadores autopropelidos com assistência de ar na barra e eletrificação de gotas foram recentemente desenvolvidos.

A assistência de ar consiste em uma cortina de vento que percorre toda a barra do pulverizador e faz com que as gotas tenham uma velocidade maior no sentido desejável (ANDEF, 2010), o uso de assistência de ar na barra dos pulverizadores direciona as gotas durante a pulverização (ANTUNIASSI *et al.*, 2021) o que auxilia na redução da deriva das gotas pulverizadas. Estudos feitos por Mertens (2022) sugerem que na situação de velocidade de vento a $8,5 \text{ km h}^{-1}$, o sistema reduziu significativamente a deriva (MERTENS *et al.*, 2022).

A tecnologia de eletrificação das gotas carrega as gotas através de um sistema de indução de carga, altera as cargas de prótons e elétrons das gotas (ASSUNÇÃO, 2019), gera

um campo elétrico e atrai as gotas para a superfície foliar das folhas (SALCEDO *et al.*, 2020; CERQUEIRA *et al.*, 2017; CUNHA *et al.*, 2017).

O pulverizador EletroVortex® possuiu essas duas tecnologias, e de acordo com o fabricante, essa associação de tecnologias possibilita a redução da taxa de aplicação, trazendo ganhos em autonomia e capacidade operacional dos pulverizadores (JACTO, 2020).

Em um trabalho realizado por Costa *et al.* (2023), avaliando a cobertura de gotas na cultura da soja promovida pela aplicação com pulverizador EletroVortex® em diferentes velocidades de trabalho, verificou -se que o EletroVortex® aumentou a porcentagem de cobertura e a densidade de gotas pulverizadas no terço médio da cultura da soja.

Existem várias tecnologias disponíveis, mas ainda existem limitações desses sistemas de pulverização principalmente relacionadas ao custo para a obtenção da tecnologia e sua devida manutenção. Há necessidade de estudar o sistema, levando em consideração os ganhos que a tecnologia pode resultar e a efetividade da aplicação no campo, principalmente na cultura da soja, que é o principal grão cultivado no país.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Local e descrição geral do experimento

O experimento foi realizado na Fazenda AGCA localizada na cidade de Bonfinópolis de Minas/Minas Gerais. As análises de laboratório foram realizadas no laboratório de Plantas Daninhas do Instituto de Ciências Agrárias (ICA) da Universidade Federal dos Vales de Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), Campus Unai/MG.

Em sistema de cultivo direto na safra de verão 2022/2023 foi conduzida a lavoura de soja, com a cultivar CD 37B43 (Credens - BASF®, Alemanha) com população de 320.000 plantas por hectare e espaçamento de 0,5 m entre linhas.

4.2 Delineamento experimental e tratamentos

Para a avaliação da cobertura e densidade de gotas no terço médio e inferior da cultura, foi adotado um delineamento de blocos casualizados com esquema fatorial 2x3 com seis repetições. Os tratamentos corresponderam a duas taxas de aplicação (50 e 75 L ha⁻¹) e três

níveis de assistência de ar na barra (nível #3: 21 m s^{-1} , nível #4: 25 m s^{-1} e nível #5: 30 m s^{-1}) o sistema eletrostático com 5kV por bocal se manteve ligado em todos os tratamentos.

As parcelas experimentais foram constituídas por 32 metros de largura (equivalente a uma passada da barra do pulverizador) por 200 metros de comprimento, totalizando 6.400 m^2 . Como parcela útil descartou-se a região de passagem do rodado da máquina (3 m), 2 metros de cada extremidade da barra, e 10 metros no início e final parcela, totalizando uma área útil de 4.440 m^2 . A coleta dos dados foi realizada quando a cultura se encontrava no estágio reprodutivo de R5/R6 que representa a fase de enchimento de grãos (FARIAS; NEPOMUCENO; NEUMAIER, 2007).

4.3 Equipamento de aplicação

As aplicações foram realizadas utilizando um pulverizador autopropelido (Jacto[®], Uniport 3030 EletroVortex, Pompéia, SP) dotado de barra de 32 m com 93 bicos espaçados por 35 cm. As aplicações foram realizadas com altura média de barra de 50 cm em relação à cultura, na velocidade média de $4,44 \text{ m s}^{-1}$ e pressão das pontas de 450 kpa. Para a taxa de 75 L ha^{-1} foram utilizadas pontas de jato cônico vazio ATR 2,0 (ALBUX[®], Évreux, França) e para a taxa de 50 L ha^{-1} pontas de jato cônico vazio ATR 1,5 (ALBUZ, Évreux, França), ambas com gotas finas.

4.4 Condições meteorológicas

As aplicações foram realizadas entre 8 e 10 h da manhã e os dados meteorológicos foram monitorados por meio de um termo-higro-anemômetro digital (Kestrel[®] 3000, Boothwyn, Pensilvânia, EUA). A temperatura média foi de $30 \text{ }^\circ\text{C}$ (± 1), umidade relativa média foi de 73% (± 2) e a velocidade do vento manteve-se entre $1,60 \text{ m s}^{-1}$ e $6,00 \text{ m s}^{-1}$.

4.5 Avaliação de cobertura de gotas e densidade de gotas

Para as avaliações de cobertura e densidade de gotas nas folhas da cultura, dentro da área útil foram distribuídas seis hastes de ferro, nas quais foram fixados dois papéis fotográficos com dimensões de $10 \times 7 \text{ cm}$ cada, um próximo ao terço inferior e outro próximo ao terço médio das plantas. Para visualização das gotas no papel, adicionou-se à solução de pulverização um

traçador azul brilhante (Duas Rodas Industrial[®], Azul brilhante, Jaraguá do Sul, SC), na concentração de 3g L⁻¹.

Após a pulverização, os papéis foram coletados e agrupados por posição na planta, acondicionados em sacos plásticos, devidamente identificados para posterior avaliação.

Em laboratório, esses papéis foram escaneados (Epson[®], Epson Perfection v19, Suwa, Japão) na resolução de 600 dpi e analisados no programa computacional AccuStain 0.35 (AccuStain Software[®], Illinois, EUA) a fim de se determinar a cobertura (%) e a densidade de gotas (gotas por cm²).

4.6 Análises estatísticas

Os dados de cobertura e densidade de gotas foram submetidos aos testes de pressuposição: normalidade dos resíduos e homogeneidade das variâncias pelos testes de Shapiro – Wilk e Levene, respectivamente, a 0,05 de significância, os dados atenderam as pressuposições e não demandaram transformação.

Em seguida os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) pelo teste de F de Snedecor a 0,05 de significância e, quando significativo, aplicou-se o teste de Tukey a 0,05 de significância para comparação das médias. Todos os testes foram realizados empregando-se o programa estatístico SPSS versão 28.0 (IBM Corp, 2021).

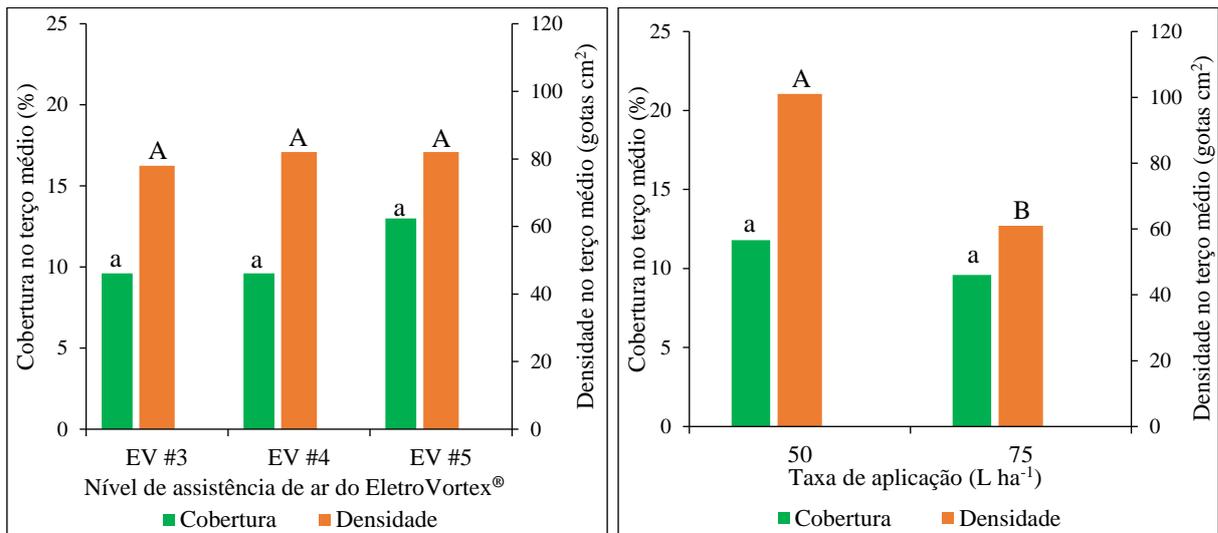
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para as duas variáveis (porcentagem de cobertura e densidade de gotas por cm²), a interação entre os fatores taxa de aplicação e a assistência de ar não foi significativa para nenhuma das posições na planta, portanto elas foram analisadas de forma independente.

Independente da assistência de ar, a menor taxa de aplicação (50 L ha⁻¹) proporcionou uma maior densidade de gotas (101 gotas cm²) no terço médio da cultura (Figura 1), enquanto a maior taxa (75 L ha⁻¹) resultou em maior deposição (19 gotas cm²) e maior porcentagem de cobertura de gotas no terço inferior (Figura 2). Vale ressaltar que a eficiência da aplicação está diretamente ligada a quantidade de gotas que atinge o alvo, ou seja, uma boa aplicação de fungicida por exemplo, deve garantir uma cobertura eficiente e uniforme da cultura, permitindo que o mesmo seja distribuído na concentração correta sobre a área- alvo. Se

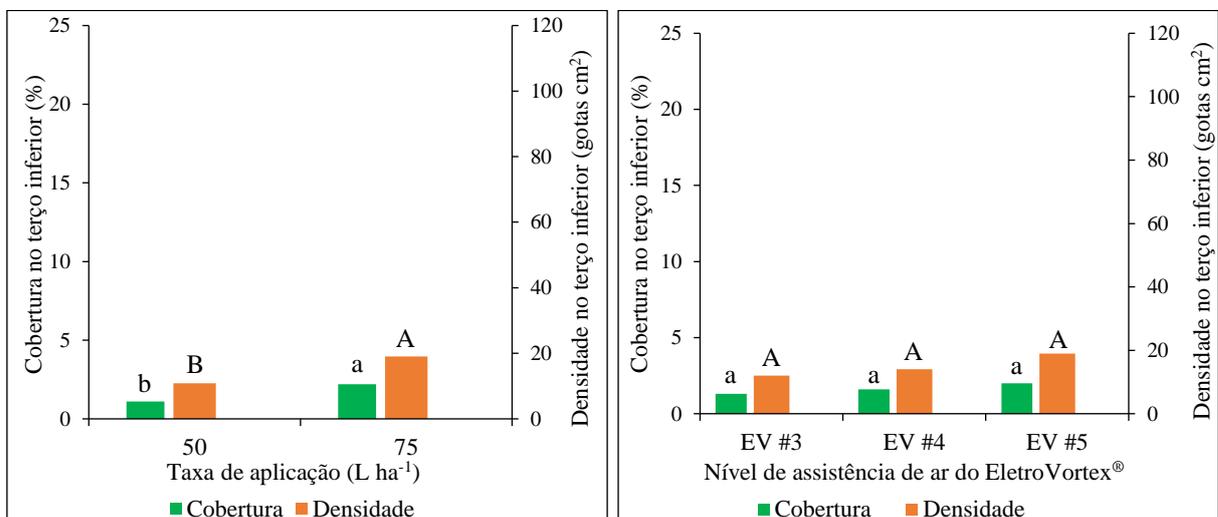
a quantidade de gotas for muito baixa, a dose aplicada pode ser insuficiente e não resultar no controle esperado.

Figura 1- Cobertura (%) e densidade (gotas cm^2) no terço médio da cultura da soja mediante o uso de diferentes taxas de aplicação (50 e 75 L ha^{-1}) utilizando o pulverizador autopropelido EletroVortex® (assistência de ar nível #3: 21 m s^{-1} , nível #4: 25 m s^{-1} e nível #5: 30 m s^{-1} e eletrostático com 5kV por bocal). Bonfinópolis de Minas, MG - 2023.



*Barras com letras distintas, minúsculas para cobertura e maiúsculas para densidade, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0.05 de significância.

Figura 2- Cobertura (%) e densidade (gotas cm^2) no terço inferior da cultura da soja mediante o uso de diferentes taxas de aplicação (50 e 75 L ha^{-1}) utilizando o pulverizador autopropelido EletroVortex® (assistência de ar nível #3: 21 m s^{-1} , nível #4: 25 m s^{-1} e nível #5: 30 m s^{-1} e eletrostático com 5kV por bocal). Bonfinópolis de Minas/MG, 2022.



*Barras com letras distintas, minúsculas para cobertura e maiúsculas para densidade, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0.05 de significância.

Durante o desenvolvimento de um protótipo de bocal eletrostático (2,5 kV no bocal) associado à assistência de ar na Índia, a pulverização combinada proporcionou maior porcentagem de cobertura e maior densidade de gotas nos diferentes terços (superior, médio e inferior) das plantas de algodão em comparação aos sistemas isolados e à pulverização convencional (PATEL *et al.*, 2017).

O aumento da velocidade de ar de 21 (nível #3) a 30 m s⁻¹ (nível #5), independente da taxa de aplicação, não influenciou na porcentagem de cobertura e na densidade de gotas dos terços médio (Figura 1) e inferior (Figura 2) das folhas de soja. Era esperado que, com o aumento do nível de assistência de ar durante a aplicação, fossem obtidos maiores depósitos e cobertura nas plantas, visto que a assistência de ar pode melhorar significativamente a eficiência da aplicação.

Em pesquisa realizada por Moniz (2020), ao avaliar a cobertura das folhas de soja com diferentes pontas de pulverização e dois volumes de calda (100 L ha⁻¹ e 200 L ha⁻¹), utilizando um pulverizador de barras de arrasto, observou-se que, houve diferença significativa na cobertura das folhas de soja para o terço superior e médio. O aumento do volume de calda de 100 L ha⁻¹ para 200 L ha⁻¹ aumentou a cobertura nas folhas. Na parte superior, ocorreu maior porcentagem da cobertura das folhas utilizando o volume de calda de 200 L ha⁻¹ (60,19%) comparado com o volume de calda de 100 L ha⁻¹ (43,59%). Apesar das taxas de aplicação serem relativamente superiores às avaliadas no presente trabalho, os dados corroboram no sentido da relação aumento de volume de calda com consequente aumento de cobertura. Vale ressaltar ainda que essa melhora de cobertura aconteceu apenas no terço inferior neste trabalho.

O trabalho realizado por Costa *et al.* (2023), avaliou a cobertura e densidade na cultura da soja promovida pela aplicação com pulverizador EletroVortex® em diferentes velocidades do trabalho, com o volume de calda de 75 L ha⁻¹. Os autores verificaram um aumento da porcentagem de cobertura e da densidade de gotas pulverizadas no terço médio e inferior das plantas quando a aplicação foi realizada na menor velocidade (3,3 m s⁻¹) e com o EletroVortex® ligado. No presente trabalho a cobertura e a densidade foram incrementadas apenas no terço inferior.

Apesar da taxa de aplicação de 50 L ha⁻¹ ter apresentado maior densidade de gotas no terço médio, é importante ressaltar que o objetivo principal das pulverizações em final de ciclo na cultura da soja visa alvos que se localizam no baixeiro da planta, como os fungos patogênicos. Dessa forma, a utilização da taxa de 75 L ha⁻¹ é uma alternativa viável para o produtor, pois além de proporcionar maior cobertura e densidade no terço inferior, proporciona uma redução de 25% na taxa de aplicação usualmente utilizada na região noroeste de Minas

(em torno de 100 L ha^{-1}), conseqüentemente resultando em um acréscimo de capacidade operacional, pois permite que a máquina trabalhe por mais tempo em virtude de um menor número de paradas para abastecimento (JACTO, 2020).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O sistema EletroVortex[®] com taxa de aplicação de 75 L ha^{-1} proporcionou maior porcentagem de cobertura e maior densidade de gotas no terço inferior da cultura da soja, independente dos níveis de assistência de ar, enquanto a taxa de 50 L ha^{-1} resultou em maior deposição de gotas no terço médio das plantas.

REFERÊNCIAS

- ANDEF - Associação Nacional de Defesa Vegetal. **Manual de tecnologia de aplicação/ANDEF - associação Nacional de Defesa Vegetal**. Campinas. São Paulo: Linea Creativa, 2010.
- ANTUNIASSI, U. R.; BOLLER, W. **Tecnologia de aplicação para culturas anuais**. 2 ed. rev. ampl. Botucatu: FEPAF, 2019. 373 p.
- ANTUNIASSI, U. R., CARVALHO, F. K., MOTA, A. A. B., CHECHETTO, R. G. **Entendendo a tecnologia de aplicação**. Botucatu: FEPAF, 2017.
- ANTUNIASSI, U. R.; MERTENS, T. B.; CARVALHO, F. K.; MOTA, A. A. B.; CHECHETTO, R. G.; SILVA, D. P.; MADEIRA, R. G. Assistência de ar em conjunto com a transferência de carga elétrica na deposição de fungicidas na cultura do algodão. **Revista Plantio Direto**, v. 31, p. 18-22, 2021.
- APROSOJA. **Social – Aprosoja Brasil**. Disponível em: <https://aprosojabrasil.com.br/aprosoja/social/>. Acesso em: 17 out. 2023.
- ASSUNÇÃO, HELI H. T. DE.; SILVA, M. S.; ALVES, G. A.; ZANDONADI, C. H. S.; CUNHA, J. P. A. R. Electrostatic spraying effect on spray deposition and powdery. **Engenharia Agrícola**. v.39, n.6, p.721-728, 2019.
- AZEVEDO, F. R.; FREIRE, F. C. O. Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas. 47 p. Embrapa Agroindústria Tropical. **Documentos**, **102**. Fortaleza: Embrapa, 2006.
- BAIO, F. H. R.; PETTENAN, A. L.; CAMOLESE, H. S.; GABRIEL, R. R. F. Evaluation of spray deposits with twin flat tip with air induction in two soybean stages. **Idesia**, v. 34, n. 4, p. 1-6, 2016.
- BONADIMAN, R. **Pontas de pulverização e volumes de calda no controle de *Anticarsia gemmatalis* e *Piezodorus guildinii* na cultura da soja *Glycine max***. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia Agrícola: Área de concentração e Mecanização Agrícola. Santa Maria, 2008. Universidade Federal de Santa Maria.
- BUENO, M. R.; CUNHA, J. P. A. R.; NAVES, M. G.; TAVARES, R. M. Deposição de calda e controle de plantas daninhas empregando pulverizador de barra convencional e com barra auxiliar, em volumes de calda reduzidos. **Planta Daninha**, v. 32, n. 2, p. 447-454, 2014.
- BUENO, M. R.; CUNHA, J. P. A. R. SANTANA, D. G. Assessment of spray drift from pesticide applications in soybean crops. **Biosystems engineering**, v. 154, n. esp., p. 35-45, 2017.
- BUENO, M. R.; SILVA, M. S.; OLIVEIRA, M. A. V. G.; SILVA, D. P.; MADEIRA, R. G.; ALVES, G. S. Controle eletroestático. **Revista Cultivar Máquinas**, n. 230, p. 36-39, 2022.
- CARVALHO, N. G.; RODRIGUES, E. B. S.; SANTANA, T. S.; CANTANHEDE, L. A.; SOUSA, G. M.; SOUSA, R. A.; FILHO, F. M. S.; MATOS, R. R. S. Importância da soja para

o agronegócio brasileiro. In: MATOS, R. R. S.; SILVA, A. L. V.; NETO, G. F.V. **Fitotecnia, sistemas agrícolas ambientais e solo**, Ponta Grossa, PR, Atena, ed.1, cap.6, p 52-60, 2023.

CERQUEIRA, D. T. R.; RAETANO, C. G.; DAL POGETTO, M. H. F. A.; CARVALHO, M. M.; PRADO, E. P.; COSTA, S. I. A.; MOREIRA, C. A. F. Optimization of spray deposition and *Tetranychus urticae* control with air assisted and electrostatic sprayer. **Scientia Agricola**, v. 74, n.1, p. 32-40, 2017.

CHAIM, A. **Pulverização eletrostática: Principais processos utilizados para eletrificação de gotas**. 17 p. Embrapa Meio Ambiente. Documentos, 57. Jaguariúna: Embrapa, n.57, 2006.

CHECHI, A.; FORCELINI, C. A.; BOLLER, W. Área foliar, volumes de calda e quantidades aplicáveis de fungicida durante o período de proteção para controle da ferrugem asiática da soja. **Summa Phytopathologica**, v. 45, v.3, p. 255-260, 2019.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos**, Brasília, DF, v. 10, safra 2022/23, n. 12 Décimo segundo levantamento, setembro 2023.

CONTIERO, R. L., BIFFE, D. F., CATAPAN, V. Tecnologia de Aplicação. In: BRANDÃO FILHO, J.U.T., FREITAS, P.S.L., BERIAN, L.O.S., GOTO, R., comps. **Hortalças-fruto** [online]. Maringá: EDUEM, 2018, pp. 401-449. ISBN: 978-65-86383-01-0. <https://doi.org/10.7476/9786586383010.0015>. Acesso em: 02 nov. 2023.

COSTA, G. A.; BUENO, M. R.; GUIMARÃES, H. T. S.; GONÇALVES, F. S.; BARBOSA, P. R. R.; ALVES, G. S. Cobertura de gotas na cultura da soja promovida pela aplicação com pulverizador Eletrovortex em diferentes velocidades de trabalho. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO, 11., 2023, Goiânia. **Anais...** Goiânia: FEPAF, 2023. p. 189-192.

CROSS, J. V.; WALKLATE, P. J.; MURRAY, R. A.; RICHARDSON, G. M. Spray deposits and losses in different sized apple trees from na axial fan orchard sprayer: 2. Effects of spray quality. **Crop Protection**, v. 20, p. 333-343, 2001.

CUNHA, J. P. A. R.; BARIZON, R. R. M.; FERRACINI, V. L. ASSALIN, M. R. Spray drift and caterpillar and stink bug control from aerial applications with electrostatic charge and atomizer on soybean crop. **Engenharia Agrícola**, v. 37, n. 6, p.1163-1170, 2017.

CUNHA, J. P. A. R.; FARNESE, A. C.; OLIVET, J. J.; VILLALBA, J. Deposição de calda pulverizada na cultura da soja promovida pela aplicação aérea e terrestre. **Engenharia Agrícola**, v.31, n. 2, p.343-351, 2011.

CUNHA, J. P. A. R.; JULIATTI, F. C.; REIS, E. F. Tecnologia de aplicação de fungicida no controle da ferrugem asiática da soja: resultados de oito anos de estudos em Minas Gerais e Goiás. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 4, p. 950–957, 2014.

FARIAS, J. R. B.; NEPOMUCENO, A. L.; NEUMAIER, N. **Ecofisiologia da Soja**. 1. ed. Londrina - PR: EMBRAPA, 2007. 9 p.

FIGUEIRA, S. R. F.; GALACHE, V. O. Análise comparativa da competitividade das exportações de soja em grão do Brasil, Estados Unidos e Argentina. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v.6 n.1, e245403, 2023. <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2021.245403>. Acesso em: 22, set. 2023.

GAONKAR, V.; ROSENTRATER K. A. Soyben. In: PAN, Z.; ZHANG, R.; ZIGARI, S. **Integrated Processing Technologies for Food Na Agricultural By-Products**. Ames, IA, United States, 2019. cap.4, p 73-104.

GONÇALVES, F. S.; BUENO, M. R.; FONTANA, L. A.; DIAS, D. F.; ALVES, M. E. A.; ALVES, G. S. Produtividade da cultura da soja em função da aplicação com diferentes volumes de calda utilizando pulverizador Eletrovortex. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO, 11., 2023, Goiânia. **Anais...** Goiânia: FEPAF, 2023. p. 155-158.

HACHIYA, T. S. S. **Eficiência da pulverização eletroestática associada à assistência de ar na cultura da soja**. Unai – MG, 2022. 28 p. Monografia (graduação em Agronomia) – Instituto de Ciências Agrárias – UFVJM, Campus Unai.

HOFFMANN, L.L.; ROEHRIG, R.; BOLLER, W.; FORCELINI, C.A. Deposition and coverage of soybean leaf surfaces by sprays applied using different assisted boom s prayer systems. **Engenharia Agrícola**, v.39, n.2, p. 198-207, 2019.

JACTO - Máquinas Agrícolas Jacto S/A. Uniport 3030 EletroVortex. **Revista Cultivar Máquinas**, n. 206, p. 20-27, 2020.

MERTENS, T. B.; ANTUNIASSI, U. R.; CARVALHO, F. K.; MOTA, A. A. B.; ARAÚJO, V. C. R.; SILVA, D. P. Avaliação do sistema Eletrovortex na deriva em aplicações de fungicida na cultura do algodão. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO, 10., 2022, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: FEPAF, 2022. P. 273-276.

MINGUELA, J. V.; CUNHA, J. P. A. R. **Manual de aplicação de produtos fitossanitários**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2013. 588 p.

MONIZ, A. **Cobertura das folhas de soja utilizando diferentes pontas de pulverização**. Dissertação (mestrado) – Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu. Botucatu, 2020. Universidade Estadual Paulista.

NETO, A. O. A.; RAIHER, A.P. Impacto socioeconômico da cultura da soja nas áreas mínimas comparáveis do Brasil. **Revista Economia e Sociologia Rural**, v.62, n.1, e267567, p.1-22, 2023. <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2022.267567>. Acesso em: 18, out. 2023.

PATEL, M. K.; PRAVEEN, B.; SAHOO, H. K.; PATEL, B.; KUMAR, A.; SINGH, M.; NAYAR, M. K.; RAJAN, P. Na advance air- induced air-assisted eletrostatic nozzle with Enhanced performance. **Computer and Eletronics in Agriculture**, v. 135, p. 280-288, 2017.

PERIGO, C.; RAETANO, C. G.; SILVA, F. N.; NEGRISOLI, M. M. Impacto do controle químico de oídio nos estudos com ferrugem da soja. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO, 10., 2022, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: FEPAF, 2022. p. 273-276.

RAETANO, C. G. Assistência de ar e outros métodos de aplicação a baixo volume em culturas de baixo fuste: a soja como modelo. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 33, supl., p. 105-106, 2007.

RAETANO, C. G. Introdução ao estudo da tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários. In: ANTUNIASSI, U. R.; BOOLER, W. **Tecnologia de aplicação para 55 culturas anuais**. 2ª ed. rev. amp. - Passo Fundo: Aldeia Norte; Botucatu: FEPAF, 2019. p. 15-27.

RIBEIRO, G. M.; ZAMPIROLI, R.; FARIA, L. O.; RINALDI, P. C. N.; ALVARENGA, C. B. Características físicas de caldas com adjuvantes na folha do café. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO, 11., 2023, Goiânia. **Anais**. Goiânia: FEPAF, 2023. p. 193-196.

RODRIGUES, E. B.; ABI SAAB, O. J. G.; GANDOLFO, A. M. Cana-de-açúcar: avaliação da taxa de aplicação e deposição do herbicida glyphosate. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 1, p. 90-95, 2011.

SALCEDO, R.; LLOP, J.; CAMPOS, J.; COSTAS, M.; GALLART, M.; ORTEGA, P.; GIL, E. Evaluation of leaf deposit quality between electrostatic and conventional multi-row sprayers in a trellised vineyard. **Crop Protection**, v. 127, e104964, 2020.

SEAPA - Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Balço do Agronegócio de Minas Gerais 2022**. 2022. 60 p.

SILVA, D. P. Interação eletrostática – **Assistência de ar na deposição da pulverização e viabilidade de fungos entomopatogênicos**. Dissertação (Mestrado) – Curso de Agronomia: Proteção de plantas. Botucatu, 2019. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho.

SCHRÖDER, E. P. **Avaliação de sistemas aeroagrícolas visando à minimização de contaminação ambiental**. 73f. Tese (Doutorado em Ciências) - Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2003.

TAVARES, R. M.; CUNHA, J. P. A. R. Impactos da mistura de azoxistrobina, glifosato e adjuvantes na absorção de calda aplicada na cultura da soja. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO, 11., 2023, Goiânia. **Anais...** Goiânia: FEPAF, 2023. p. 345-348.

TAVARES, R.M; CUNHA, J. A. R.; ALVES, T. C.; ALVES, G. S.; SILVA, J. E. R. Estudo de um sistema de eletrificação de gotas em pulverizador costal pneumático pelo método de gaiola de Faraday. **Revista Ceres**, v. 64, n.5, p. 476-485, 2017.

USDA - **USDA Agricultural Projections to 2028**. Interagency Agricultural Projections Committee. Disponível em: < <https://www.ers.usda.gov/webdocs/outlooks/92600/oce-2019-1.pdf?v=5257.1> >. Acesso em: 19 out. 2023.

VASCONCELOS, H. P.; CANTERI, M. G.; GODOY, C. V. Eficiência de fungicida para controle do oídio na cultura da soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FITOPATOLOGIA, 51., 2019, Recife. **Anais...** Recife: CBF, 2019. p. 414.

ZEFERINO, M; RAMOS, S. de F. Mercado Mundial de Óleos Vegetais: panorama e perspectivas. **Análises e Indicadores do Agronegócio**, São Paulo, v. 18, n. 5, p. 1-8, maio 2023. Disponível em: <https://www.iea.agricultura.sp.gov.br/ftp/iea/AIA/AIA-17-2023.pdf>. Acesso em: 29 nov. 2023.