



Universidade Federal de Sergipe
Campus do Sertão
Departamento de Engenharia Agrônômica do Sertão



LUCAS RAPHAEL ALMEIDA

**EFICIÊNCIA DA VELOCIDADE DE DESLOCAMENTO DO CONJUNTO TRATOR-
IMPLEMENTO NA PULVERIZAÇÃO DE *PANICUM MAXIMUM***

Qualificação de trabalho de conclusão de curso

Nossa Senhora da Glória/SE

Março de 2025

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, por me conceder força, saúde e sabedoria para enfrentar todos os desafios dessa caminhada. Sem Sua presença em minha vida, nada disso seria possível.

Aos meus pais, Rosa e Renan, meu eterno agradecimento por todo amor, apoio e ensinamentos. Vocês são minha base, meu exemplo e minha maior motivação para seguir em frente e buscar sempre o melhor.

Aos meus irmãos, Ruan e Roberta, por toda companhia, apoio e incentivo ao longo dessa trajetória. Compartilhar essa jornada com vocês tornou tudo mais leve e especial.

À minha companheira Adrielly, pelo carinho, paciência e por estar ao meu lado em todos os momentos, me motivando e acreditando no meu potencial mesmo nos dias mais difíceis. Sua parceria foi essencial para que eu chegasse até aqui.

Aos meus amigos, que de diversas formas contribuíram para essa conquista, em especial à Rayane ao Matheus e ao Francisco Marcos pelo companheirismo, pelas palavras de incentivo e por estarem sempre presentes, tornando essa caminhada muito mais leve e divertida.

Ao meu orientador, Professor José Jairo, pela paciência, pelos ensinamentos e por toda dedicação em me orientar durante esses anos de graduação. Sua contribuição foi fundamental para a realização desse projeto e para o meu crescimento acadêmico e profissional. A todos que, direta ou indiretamente, fizeram parte dessa jornada, meu muito obrigado!

**EFICIÊNCIA DA VELOCIDADE DE DESLOCAMENTO DO CONJUNTO TRATOR-
IMPLEMENTO NA PULVERIZAÇÃO DE *PANICUM MAXIMUM***

Este documento foi julgado adequado como proposta de trabalho de TCC para a obtenção do título de bacharel em Engenharia Agrônômica.

Aprovado em: 21/03/2025

Banca examinadora:

José Jairo Florentino Cordeiro Junior, Prof. Dr.
Universidade Federal de Sergipe

Nilson Rodrigues da Silva, Prof. Dr.
Universidade Federal de Sergipe

Marcos Eric Barbosa Brito, Prof. Dr.
Universidade Federal de Sergipe

EFICIÊNCIA DA VELOCIDADE DE DESLOCAMENTO DO CONJUNTO TRATOR- IMPLEMENTO NA PULVERIZAÇÃO DE *PANICUM MAXIMUM*

Resumo

A crescente demanda global por alimentos exige a otimização e o aprimoramento das técnicas de produção agrícola, especialmente na pulverização, uma etapa crucial para a redução de perdas causadas por pragas e doenças. Este estudo visa avaliar a eficiência de aplicação sob quatro diferentes velocidades de pulverização (3,6; 5,7; 7,6 e 9,1 km/h) em uma área de *Panicum* (*Megathyrsus maximus* cv. *Aruana*). O experimento foi realizado em um delineamento de blocos ao acaso com parcelas subdivididas (4 X 2), com cinco blocos, quatro velocidades e duas alturas: terço basal e a altura mediana, no ano de 2024, em Nossa Senhora da Glória – SE. Para a execução do experimento, foram construídos suportes para os papéis hidrossensíveis, os quais simularam a cultura em campo. Após a pulverização, os papéis foram fotografados e analisados no software "Run Gotas". Em seguida, os dados de porcentagem de cobertura, diâmetro mediano volumétrico, diâmetro de 10% das gotas e diâmetro de 90% das gotas foram submetidos à análise de variância no software "RStudio", utilizando o teste de médias de Tukey ao nível de 5% de significância, juntamente com as alturas. A velocidade de aplicação afetou diretamente a cobertura e o diâmetro das gotas pulverizadas, impactando a eficiência dos produtos fitossanitários. Velocidades mais altas, como 9,1 km h⁻¹, reduziram a cobertura, especialmente no terço basal, e resultaram em gotas menores, comprometendo a penetração do produto. A análise do Dv.0,9 permitiu indicar menor retenção das gotas na altura mediana nessa velocidade. A velocidade de 7,6 km h⁻¹ permite melhor equilíbrio entre a cobertura e a penetração, sendo a mais indicada para a aplicação. Esses resultados reforçam a importância de ajustar a velocidade conforme o tipo de produto e o alvo biológico, garantindo maior eficácia e minimizando perdas por deriva.

Palavras – Chaves: Pastagem, Porcentagem de cobertura, Pulverização, Tecnologia de aplicação, Velocidade de aplicação.

Abstract

The growing global demand for food requires the optimization and improvement of agricultural production techniques, especially in spraying, a crucial step in reducing losses caused by pests and diseases. This study aims to evaluate the efficiency of phytosanitary products under four different spraying speeds (3.6, 5.7, 7.6 and 9.1 km/h) in an area of Panicum (Megathyrsus maximus cv. Aruana). The experiment was carried out in a randomized block design with split plots (4 X 2), with five blocks, four velocities and two basal third and median heights, in the year 2024, in Nossa Senhora da Glória – SE. For the execution of the experiment, supports were built for the hydrosensitive papers which simulated the culture in the field. After spraying, the papers were photographed and analyzed in the "Run Drops" software. Then, the data of percentage of coverage, median volumetric diameter, diameter of 10% of the droplets and diameter of 90% of the droplets were submitted to analysis of variance in the "RStudio" software, using Tukey's test of means at the level of 5% of significance, together with the heights. The speed of application directly affects the coverage and diameter of the sprayed droplets, impacting the efficiency of phytosanitary products. Higher velocities, such as 9.1 km h⁻¹, reduced coverage, especially in the basal third, and resulted in smaller droplets, compromising product penetration. The analysis of Dv.0.9 indicated lower droplet retention at the median height at this rate. The speed of 7.6 km h⁻¹ showed a better balance between coverage and penetration, being the most suitable for the application. These results reinforce the importance of adjusting speed according to the type of product and the biological target, ensuring greater efficacy and minimizing losses due to drift.

Keywords: Pasture, Percentage of covering, Spraying, Application technology, Application speed

ÍNDICE

1.	Introdução	10
2.	Revisão de literatura	11
2.1	Evolução da mecanização agrícola	11
2.2	Eficiência energética do conjunto trator implemento	12
2.3	Uso de agrotóxicos	13
2.4	Tecnologia de aplicação	14
2.5	Uso de pulverizadores na agricultura	15
2.6	Velocidade de pulverização	17
2.8	Software Run Gotas	18
3.	Considerações finais	19
4.	Referências bibliográficas.....	20
1.	Introdução	25
2.	Objetivos.....	28
2.1	Objetivo geral.....	28
2.2	Objetivos específicos.....	28
3.	Metodologia.....	29
3.1	Localização da área experimental	29
3.2	Caracterização do experimento	29
3.3	Calibração do pulverizador	33
3.4	Processamento dos dados no software Gotas – Sistema de avaliação de Pulverização Agrícola.....	34
3.5	Análise estatística.....	34
4.	Resultados e Discussão	35
5.	Conclusão	38
6.	Referências bibliográficas.....	39

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Linha do tempo da evolução dos tratores agrícola.	11
Figura 2: Localização do município de Nossa Senhora da Glória, Sergipe.	29
Figura 3: Suporte para fixação dos papéis hidrossensíveis.	30
Figura 4: Caixa Utilizada como suporte para o celular.	30
Figura 5: Papéis hidrossensíveis utilizados no experimento.	31
Figura 6: Trator Valtra A750L.	32
Figura 7: Agric Trat MD P22420 600 L MR Pulvemaq.	33
Figura 8: ponta do tipo leque 11002	33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Dados de calibração do conjunto trator/implemento.	34
Tabela 2: Valores médios de porcentagem de cobertura do terço basal obtidos através do teste de média de Tukey.	35
Tabela 3: Valores médios do diâmetro de 10% das gotas (Dv.0.1) obtidos através do teste de média.	36
Tabela 4: Valores médios de DMV obtidos através do teste de média Tukey.	36
Tabela 5: Valores essenciais de cobertura e dimensão das gotas de acordo com o tipo de produto fitossanitário.	37
Tabela 6: Valores médios de Dv.0.9 obtidos através do teste de Tukey.	38

CAPÍTULO I - REVISÃO DE LITERATURA

**Eficiência da velocidade de deslocamento do conjunto trator-implemento na
pulverização de *Panicum maximum***

1. INTRODUÇÃO

A mecanização agrícola é considerada um conjunto de operações, que compreende desde o preparo do solo até a colheita da cultura desejada. A falta de planejamento, do dimensionamento, a escolha dos equipamentos e de sua manutenção podem causar grandes perdas ao produtor rural (Silva, 2022).

Para a agricultura, a mecanização agrícola desempenhou uma função relevante para o aumento da produção e da produtividade em escala nacional, permitindo que o Brasil alcançasse destaque no contexto mundial como produtor de *commodities* agrícolas (Mascarin, 2014). Dentre as suas tecnologias, destaca-se a pulverização de produtos fitossanitários, para fins de controle de insetos pragas, de doenças e de plantas daninhas. A distribuição adequada desses defensivos agrícolas assegura a aplicação precisa do produto, que ocorre na forma de gotas, o que minimiza perdas durante o cultivo, protege o meio ambiente e preserva a saúde das pessoas (Souza, 2019).

A tecnologia de aplicação prioriza o uso correto dos diversos tipos de pulverizadores, tanto aéreos quanto terrestres, além de empregar práticas de controle de pragas, fitopatógenos e plantas invasoras que prejudicam a produção, bem como, a manutenções necessárias aos implementos utilizados no controle. Por essa razão, a tecnologia de aplicação de agroquímicos vem sendo estudada constantemente em busca de novas técnicas e métodos para uma aplicação mais eficiente de produtos químicos (Oliveira *et al.*, 2017).

O principal maquinário utilizado para a pulverização é o pulverizador em barra, onde os bicos de pulverização são um dos principais constituintes, pois podem modificar a qualidade da aplicação dos produtos fitossanitários. A aplicação de produtos com esse implemento requer cobertura apropriada na superfície-alvo, com gotas de tamanho adequado de acordo com o alvo biológico e ou/ ativo utilizado. No caso de gotas muito grossas, não acontecerá uma boa distribuição e deposição do produto, nem cobertura adequada da superfície. Gotas muito finas, proporciona boa uniformidade, distribuição e cobertura superficial, no entanto, sofrem mais com o processo de deriva, são mais leves e facilmente arrastadas pelo vento (Cunha *et al.*, 2020).

A velocidade de trabalho do pulverizador, então apresenta grande atuação na qualidade da pulverização, especialmente quando se faz o emprego de gotas finas ou uso em condições climáticas impróprias para a aplicação de agroquímicos. Diante disso, a velocidade de uma gota pode ser considerada resultante da sua velocidade de queda e da velocidade de deslocamento da barra de pulverização (De Jesus, 2016).

2. REVISÃO DE LITERATURA

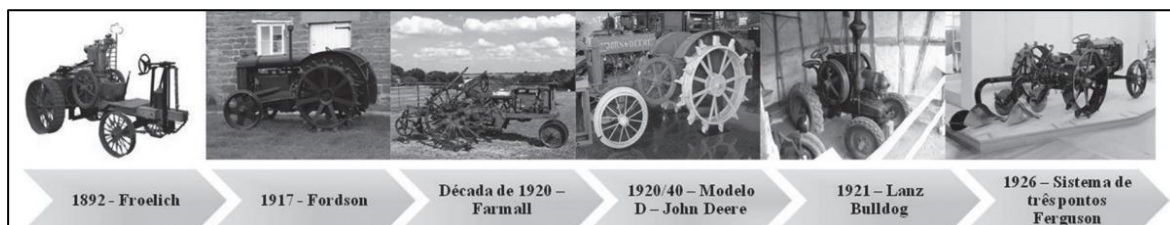
2.1 Evolução da mecanização agrícola

Até o século XVIII, a agricultura fazia uso de instrumentos rudimentares, fabricados com ferro ou madeira. No entanto, foi necessário um desenvolvimento tecnológico para aumentar a produtividade e atender a demanda por produtos agrícolas (Vian *et al.*, 2014).

Com o aumento da população mundial e da demanda por alimento, foi necessária expansão na produtividade agrícola. Com isso, o homem começou a dar a devida atenção à agricultura. Esse momento levou ao surgimento de indústrias agrícolas e à criação de máquinas para auxiliar no aumento da produção de alimentos (Carpanezi *et al.*, 2017).

Máquinas agrícolas foram criados para substituir os animais e facilitar o trabalho no campo. O primeiro trator movido a gasolina foi construído em 1892 pela indústria Froelich, nos Estados Unidos. Nos anos de 1920 a 1940, foram lançados outros modelos de tratores, como o John Deere (Figura 1), que apresentava diferença significativa no custo em relação aos outros modelos da época (Carpanezi *et al.*, 2017).

Figura 1: Linha do tempo da evolução dos tratores agrícola.



Fonte: Vian *et al.*, 2014.

O trator agrícola é uma das principais fontes de potência e energia disponível para a agricultura. A potência do trator é mais utilizada pelo motor por meio da barra de tração. É imprescindível conhecer a força e a potência disponível na barra de tração para dimensionar corretamente os implementos que serão acoplados ao trator (Rinaldi, 2016). Na tentativa de suprir o consumo por máquinas agrícolas que, a partir da década de 1960, o governo brasileiro iniciou um estímulo à fabricação interna de tratores, colheitadeiras e outros implementos agrícolas (Flores, 2023).

Com o avanço da mecanização, foi necessário aumentar a velocidade de trabalho, onde o operador eleva a rotação do motor, fazendo com que ocorra uma queda de torque e um aumento no consumo de combustível. A partir da faixa de rotação de 1500 rpm, a reserva de torque começa

a diminuir e passa a aumentar a potência necessária na barra de tração e o consumo de combustível (Rinaldi, 2016).

No Brasil, a mecanização agrícola começou a ser difundida após a Segunda Guerra Mundial, com a importação de equipamentos no mercado americano e europeu. Logo, o país começou a adaptar novos maquinários (Lemos, 2018). A mecanização iniciou-se no decorrer da revolução industrial em 1760, quando o homem deixou de utilizar métodos de produção manuais e começou a se preocupar com o uso de máquinas para a produção (Carpanezzi *et al.*, 2017).

O crescimento na produção agropecuária ao longo dos anos, no Brasil, foi justificado por dois fatores: aumento da produtividade e expansão da área. Esse desenvolvimento aconteceu pela eficiência técnica do setor (Silva & Winck, 2019) e para isso, o gerenciamento das máquinas agrícolas se tornou de grande importância para todo o processo, pois está diretamente interligado com a terra, trabalho e capital (Júnior, 2019). Nesse processo, a mecanização agrícola foi primordial para ocorrer o avanço da agropecuária, pois uma máquina pode suprir de forma eficiente uma parte da mão de obra nas lavouras, agilizando os processos de plantio, tratos culturais e colheita (Silva & Winck, 2019).

Dentre os principais benefícios da mecanização agrícola estão a facilidade no manejo e manutenção das lavouras, maior rapidez nos processos de plantio até a colheita, maior produtividade e padronização nos processos na lavoura. Nesse sentido, a qualidade da mecanização agrícola pode ser avaliada pela decorrência do tráfego de máquinas ao longo da produção agrícola (Silva, 2022).

2.2 Eficiência energética do conjunto trator implemento

A eficiência energética visa otimizar a produção com uma quantidade mínima de recursos utilizados. Com isso, a análise energética objetiva constituir os fluxos de energia, identificando sua demanda, sua eficiência energética e a relação de energia convertida/energia consumida (Tirapelle, 2022).

O trator agrícola é uma máquina de tração que fornece potência aos implementos agrícolas. Seu sistema de transmissão é o conjunto de elementos que garante a transmissão de potência do motor para outros sistemas utilizarem, como o sistema hidráulico, a TDP e as rodas motrizes (Frantz *et al.*, 2014).

A avaliação do desempenho do conjunto trator-implemento fornece dados precisos para a gestão de máquinas e implementos agrícolas, que contribui para aumentar a eficiência das operações e redução dos custos operacionais nas propriedades rurais (Fagundes *et al.*, 2023).

O desempenho de tratores em campo também pode ser avaliado por meio de instrumentos de monitoramento do trator, o que irá permitir a determinação de parâmetros relacionados a eficiência de trabalho de máquina e servirá para o levantamento de dados da operação e a criação de um banco de dados que será utilizado no planejamento das operações mecanizadas de uma área (Santos, 2019)

Para garantir a máxima eficiência operacional do trator, seu motor deve ser operado perto de sua capacidade nominal (Tirapelle, 2022). O combustível consumido pela operação agrícola mecanizada é o principal indicador técnico para avaliar e quantificar a eficiência energética das operações das máquinas agrícolas (Farias et al., 2018).

De acordo com esses fatores, a eficiência em produzir tração irá depender de parâmetros relacionados ao trator, como características do dispositivo de tração, carga vertical aplicada ao eixo motriz, pressão interna dos pneus, a resistência à penetração e teor de água no solo (Moreira, 2020).

A eficiência energética do conjunto pode ser afetada pela fonte primária. Com isso, o diesel, devido à sua alta densidade energética, ainda será permanente como fonte primária de energia para os tratores agrícolas. A conversão da potência mecânica do motor a diesel deve ser realizada por uma máquina elétrica. Os geradores síncronos convencionais e os síncronos de ímãs permanentes são as máquinas com melhor densidade e eficiência energética (Soares, 2015).

2.3 Uso de agrotóxicos

Agrotóxicos são produtos químicos sintéticos usados para controlar insetos, fungos e plantas daninhas, sob a perspectiva de minimizar os danos causados por esses agentes (Basso *et al.*, 2021). Os mais utilizados são: herbicidas, inseticidas, fungicidas, acaricidas, agentes biológicos de controle, defensivos à base de semioquímicos e produtos domissanitários (Oliveira, 2018).

O uso excessivo de agrotóxicos gera vários impactos sociais, ambientais e à saúde, causada por efeitos relacionados à saúde humana devido à exposição crônica dos ingredientes ativos dos produtos, tais como infertilidade, abortos, malformações, neurotoxicidade, desregulação hormonal, efeitos sobre o sistema imunológico e diversos tipos de câncer (Dutra *et al.*, 2020). Com isso, os impactos adversos da exposição humana aos agrotóxicos, dependem das características químicas do produto, da quantidade absorvida ou ingerida e do tempo de exposição (Basso *et al.*, 2021).

O Brasil é um dos maiores produtores agropecuários do mundo, desempenhando um papel de suma importância para a economia. Para manter a produção em larga escala, este setor faz uso intensivo de insumos químicos (Pignati *et al.*, 2017). O uso de agrotóxicos em grande escala se iniciou na década de 1950, nos Estados Unidos, com a ‘Revolução Verde’, visando modernizar a agricultura e aumentar sua produtividade. No Brasil, ocorreu em 1960, com a implantação do Programa Nacional de Defensivos Agrícolas (PNDA) (Lopes & Albuquerque, 2018).

O mercado brasileiro de agrotóxicos aumentou rapidamente na última década, em um ritmo bastante alarmante (Rigotto *et al.*, 2014). Interligado a isso, a extensa área de plantio do país proporcionou que o Brasil se tornou o maior consumidor de agrotóxicos do mundo devido a sua grande área planta (Pignati *et al.*, 2017).

Nos últimos anos, a indústria química fez grande progresso em relação aos produtos, destacando-se o modo de ação, novas formulações, redução da quantidade de ingrediente ativo e redução do número de aplicações. Diante disso, para um produto fitossanitário ir para o mercado, são necessárias várias etapas de desenvolvimento, visando minimizar o risco ao usuário e ao ambiente (Menten *et al.*, 2017).

A falta de conhecimento dos produtores sobre o uso consciente de defensivos agrícolas, do tipo de produto a ser aplicado e da dosagem a ser utilizada é muito frequente. Sendo evidente a necessidade de conscientização e orientação dos produtores quanto às políticas regulatórias do uso dos produtos, além da utilização de uma assistência técnica qualificada (Simon *et al.*, 2022). Os agrotóxicos são benéficos quando utilizados de forma consciente e adequada. No entanto, seu uso incorreto causa prejuízos sociais e ambientais.

2.4 Tecnologia de aplicação

Tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários é o emprego de conhecimentos científicos para proporcionar a deposição correta do produto biologicamente ativo no alvo, no momento e na quantidade necessária, de forma econômica e evitando a contaminação ambiental (Griesang & Ferreira, 2021). A tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas é um dos campos mais amplos da agricultura, com vários fatores que interferem na deposição do produto no alvo de forma e/ou eficiente. Tais fatores são: o clima, o solo, o hospedeiro, o patógeno, o princípio ativo, o veículo, o operador e as máquinas a serem utilizadas. Diante disso, é necessário o conhecimento desses fatores para a escolha da tecnologia correta a ser empregada na lavoura (Contiero *et al.*, 2018).

Dentre as formas de aplicação, a mais utilizada é a de líquidos via processo de pulverização. Esse meio físico trata-se de fragmentar o líquido/ calda em frações menores, mais precisamente em gotas (Costa, 2019).

Para obter a eficiência máxima da tecnologia de aplicação, é necessário levar em consideração alguns pontos relacionados ao aplicador, ao alvo, ao agrotóxico, à cobertura de gotas, ao equipamento utilizado e aos fatores de interferência. Levando em consideração a análise desses pontos, deve ser realizado um planejamento do sistema de aplicação a ser adotado (Adegas & Gazziero, 2020). Os pilares da tecnologia de aplicação devem estar em sintonia para o sucesso do tratamento fitossanitário e o desequilíbrio de um deles pode causar sérios prejuízos a todo sistema produtivo (Prado, 2017).

Nesse contexto, o treinamento de operadores eleva a eficiência da pulverização. A capacitação do operador, está entrelaçada a escolha correta do produto a ser aplicado e a qualidade, pH e pureza da água usada na pulverização (Kuhn *et al.*, 2015). A tecnologia de aplicação quando aplicado de forma correta nas lavouras possibilita maximizar a produtividade nas áreas (Silva, 2018). Segundo Barros (2021), quanto melhor a tecnologia de aplicação empregada, menor a dose necessária para um controle eficiente, menor a quantidade de produto, melhor a aplicação e a eficácia do controle, e com isso, menor o número de aplicações necessárias na lavoura.

Portanto, essa técnica não se resume somente ao simples ato de aplicar um produto, e sim a diversos conhecimentos sobre um controle eficiente com a colocação correta do produto biologicamente ativo no alvo, que seja de baixo custo e com uma mínima contaminação ambiental (Silva, 2018).

2.5 Uso de pulverizadores na agricultura

A pulverização agrícola é um processo físico-mecânico que transforma uma substância sólida ou líquida em partículas, ou gotas, mais uniformes e homogêneas (Romeiro *et al.*, 2015). Com isso, os pulverizadores agrícolas são bastante utilizados para fins de controle de pragas, evitando perdas e protegendo a produção da lavoura (Moraes *et al.*, 2021).

Os pulverizadores hidráulicos de barra são as máquinas mais utilizadas para aplicar defensivos agrícolas. Esse implemento apresenta a finalidade de subdividir a calda uniforme ao longo da barra, sendo distribuído na superfície desejada (França *et al.*, 2015). A escolha do pulverizador, a forma de uso, seu estado de conservação e sua calibração correta são de suma importância para ocorrer uma pulverização eficiente (Menezes & Junior, 2022).

O uso em grande escala dos pulverizadores em áreas de monocultura é realizado por meio de tratores acoplados ao implemento hidráulico. Essa pulverização não atinge somente o alvo desejado, pode atingir também solos e águas superficiais (Menezes, 2019).

A aplicabilidade desse implemento deve ser feita de forma cautelosa, procurando fazer com que o agroquímico atinja o alvo no momento adequado, na quantidade certa e com o mínimo de contaminação de outras localidades (Ruas *et al.*, 2014). A utilização do pulverizador sem regulagem, com pontas inadequadas ou desgastadas e o uso de doses incorretas de defensivos são fatores que ajudam para reduzir a eficiência nas aplicações e causar impactos negativos no meio ambiente (Schmidt & Zanella, 2017). Para ser utilizado de forma adequada, os pulverizadores devem estar em boas condições de uso e serem operados por pessoas capacitadas, sob pena de gerar sérios danos ao campo, ao meio ambiente e à lucratividade (Ruas *et al.*, 2014).

Existem diversos fatores relacionados aos pulverizadores tratorizados: a velocidade, o tamanho da barra, o tempo de manobra, a capacidade do reservatório de calda, o tempo de reabastecimento e a distância percorrida. Esses fatores determinam a eficiência operacional do trabalho do implemento (De Farias *et al.*, 2015). Além desses fatores, a altura da barra, o ângulo de projeção dos jatos de bicos, o espaçamento entre pontas e a pressão de trabalho da pulverização podem favorecer na deriva e na distribuição desuniforme da calda (Rocha *et al.*, 2023). Para se obter uma melhor qualidade na aplicação de defensivos, há necessidade de ser reunida a quantidade máxima de dados sobre quatro fatores implicados no processo de pulverização: máquina agrícola, alvo biológico, fatores climáticos regionais e agrotóxicos a serem utilizados (Martini, 2017).

Com o desdobramento da agricultura, cada vez mais tecnologias são criadas no mercado agrícola, e ao que diz respeito à pulverização agrícola. No comércio são encontrados diversos tipos de pulverizadores, pontas e adjuvantes que visam a máxima eficiência na aplicação do produto desejado (Bonfada, 2018). Os pulverizadores aéreos, mais precisamente os drones ou VANT (Veículos Aéreos Não Tripulados), foram inspirados nas bombas alemãs, utilizados em missões militares e hoje em dia são usados em atividades civis e principalmente na área agrícola (Carvalho *et al.*, 2019).

De acordo com Souza (2020), existem diferentes tipos de pulverizadores agrícolas, destacando-se o pulverizador costal, composto por um reservatório com alças para poder ser transportado nas costas do aplicador. Pode apresentar acionamento manual, elétrico ou a combustão. É um método inviável para aplicação em grandes áreas. O pulverizador do tipo em barras apresenta uma barra com múltiplas pontas de pulverização. Esse implemento é acoplado ao trator, sendo possível cobrir áreas maiores com uma grande eficiência na lavoura. E por fim, os

drones e aviões agrícolas, os quais possibilitam uma aplicação precisa e mais econômica com relação ao volume de água utilizado, visto que trabalham com menores volumes de calda.

Para um controle efetivo na lavoura, o defensivo deve ser aplicado corretamente. Para tal, os bicos pulverizadores desempenham grandes responsabilidades na eficiência da aplicação dos produtos. Na seleção dos bicos e pontas, é preciso conhecer o equipamento, a taxa de aplicação, a qualidade do jato produzido e as restrições ambientais. Os tipos de bicos atualmente no mercado, são os de tipo leque, impacto, cone vazio, cone cheio e com injeção de ar (Embrapa, 2005).

2.6 Velocidade de pulverização

A velocidade de trabalho do pulverizador apresenta grande influência na qualidade da pulverização agrícola, especialmente quando são utilizadas gotas finas ou em condições climáticas inadequadas para a aplicação dos produtos fitossanitários (De Jesus, 2016). O aumento da velocidade de deslocamento dos pulverizadores pode ocasionar alterações nas condições operacionais do implemento, como, por exemplo, uma influência negativa sobre os níveis de depósitos de gotas e no aumento das perdas de deriva associadas a gotículas médias e finas. Esses fatores podem resultar em uma menor eficiência do tratamento fitossanitário e no aumento do impacto ambiental (Cavalieri *et al.*, 2015).

A modificação na velocidade de deslocamento do pulverizador interfere significativamente na aplicação de produtos fitossanitários, pois age diretamente sobre as gotas aplicadas no alvo desejado, influenciando gravemente na deposição dos agroquímicos (Dierings, 2020). Logo, mediante avaliações do espectro de gotas, é possível analisar a população de gotas da pulverização, levando em consideração parâmetros como: pressão de trabalho, volume de calda, tipo de defensivo e misturas no tanque (Moniz, 2020).

Sendo assim, a inconsistência da velocidade de deslocamento do pulverizador devido à topografia irregular da localidade, como as curvas-de-nível, juntamente com o processo de alta e baixa velocidade durante o momento de pulverização, causam variações significativas a variação no espectro de gotas gerado pelo implemento para manter constante o volume ou a dose recomendada (Peres, 2014).

A depender da topografia da área escolhida, quanto maior a velocidade de trabalho do pulverizador, maior a favorabilidade a oscilações verticais e horizontais da barra dos pulverizadores terrestres (Jesus, 2016). De acordo com esses fatores, a variação do volume de calda pode ser modificada pela pressão de aplicação do pulverizador, que pode ser apresentado como um conjunto de bicos na barra com vazões diferentes. No entanto, é agravante a

inconsistência da velocidade de deslocamento do pulverizador proveniente dos obstáculos na área. Desse modo, poderá ocorrer variação no espectro de gotas gerado pelo implemento (Peres *et al.*, 2020).

Com a alternância da velocidade de pulverização, o implemento pode produzir gotas muito grossas, onde estas não irão fazer uma boa cobertura da superfície desejada, tampouco boa uniformidade de distribuição e deposição. No caso de gotas muito finas, se obtém boa cobertura superficial e uniformidade de distribuição de calda, no entanto, essas gotas podem evaporar em condições de baixa umidade relativa ou serem levadas pela corrente de ar (Benassi *et al.*, 2020).

2.7 Software Run Gotas

Os programas de análise de imagens são instrumentos computacionais cada dia mais empregados no ramo agrícola. Alguns softwares também vêm sendo usados para avaliações de cobertura gerada por gotas de caldas de agroquímicos em papéis hidrossensíveis (Liberato *et al.*, 2019). O programa computacional com interpolação polinomial para extração do diâmetro mediano volumétrico (DMV) e o diâmetro mediano numérico (NMD) foi denominado de Gotas (Chaim *et al.*, 2006).

De acordo com Massruhá & Leite (2018), o software Gotas objetiva o auxílio aos agricultores, para que eles tenham a capacidade de calibrar corretamente os bicos de pulverização e obter parâmetros adequados de disposição de agrotóxicos nos alvos desejados.

O Gotas foi desenvolvido pela Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) e é um aplicativo computadorizado desenvolvido para assessorar aos agricultores a adquirirem os parâmetros convenientes de deposição de agrotóxicos nos alvos desejados. Esse programa está disponível para download gratuito no Portal da Embrapa (<https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produtoservico/1421/gotas---programa-de-calibracao-de-pulverizacao---gota>) (Chaim *et al.*, 2006).

Esse software opera com imagens digitalizadas de pontos de pulverização apresentando manchas de gotas. Para o ponto de amostragem, é usado um papel especial, que apresenta em uma das faces o corante azul de bromofenol, que durante sua forma não ionizada demonstra coloração amarela. Logo, quando gotas de água atingem a superfície do papel especial, criam manchas azuis facilmente visíveis. Esse papel sensível à água é recomendado para uso no software Gotas, pois o programa apresenta um sistema de correção de fator de espalhamento (Chaim *et al.*, 2006).

O programa Gotas, apresenta os seguintes parâmetros de deposição: número de gotas, número de diâmetros de gotas, fator de dispersão de tamanho de gotas, volume de calda na amostra

(l/ha), densidade de gotas, diâmetro volumétrico Dv10, diâmetro volumétrico Dv50, diâmetro volumétrico Dv90 e porcentagem de cobertura (Chaim et al., 2006).

Com as amostras coletadas nos papéis hidrossensíveis, o software calcula de forma imediata a densidade da deposição, o tamanho real e a uniformidade das gotas (Coelho., Machado, 2021).

De acordo com Coelho e Machado (2021), o uso do software Gotas permitiu o espectro de gotas, como DMV aos tratamentos foi de (19,46; 6,98; 18,36; 18,14; 48,73; 28,23) apresentando uma média de 23,31. Os resultados de tal projeto, demonstraram-se promissores na correlação entre os parâmetros, oferecendo segurança para a utilização do conjunto “papel hidrossensível + software”.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio da presente pesquisa, é possível observar que para a aplicação de produtos fitossanitários juntamente com o entendimento da eficiência do conjunto trator-implemento e suas velocidades, necessitam de conhecimento sobre a mecanização agrícola, a eficiência energética do trator-implemento, do uso dos agrotóxicos, da tecnologia de aplicação, do uso de pulverizadores, as velocidades do trator e do software Run Gotas.

O software Run Gotas, permite análise em projetos acadêmicos, apresentando resultados promissores na correlação entre parâmetros no estudo do espectro de gotas.

Além desses fatores, é possível observar que a velocidade de deslocamento entre 4,0 e 7,0 km h⁻¹ do trator agrícola, pode modificar o consumo de horas de combustível, consumo específico e capacidade de campo efetiva do conjunto trator-implemento.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adegas FS, Gazziero DLP (2020) Tecnologia de aplicação de agrotóxicos, v1: capítulo 12. <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1128406>

Barros DS (2021) Tecnologia de aplicação de agroquímicos na agricultura. Trabalho de conclusão de curso em Engenharia Agrônômica, Universidade do Estado da Bahia.

Basso C, Siqueira ACF, Richards NSPS (2021) Impacto na saúde humana e no meio ambiente relacionados ao uso de agrotóxicos: Uma revisão integrativa, v10: n.8. Doi: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i8.17529>

Benassi BJPM, Pereira GC, Almeida GRR, Da Cunha LT (2020) Influência da velocidade na pulverização foliar de produtos fitossanitários no cafeeiro. Revista Agroveterinária do Sul de Minas ISSN: 2674-9661, 2(1), 10 - 20.

Bonfada DV (2018) Adjuvantes na pulverização agrícola. Trabalho de conclusão de curso em Agronomia, Universidade Federal da Fronteira Sul.

Carpanezzi L, Leardini O, Silva CGC, Zanardi R (2017) História e evolução da mecanização. Revista Científica Eletrônica de Agronomia ISSN: 1677-0293.

Carvalho BR, Oliveira MH, Cunha TN, Oliveira LC (2019) Drone para pulverização agrícola e de inseticidas. III Encontro de Desenvolvimento de Processos Agroindustriais.

Cavalieri JD, Raetano CG, Madureira RP, Moreira LL (2015) Spraying systems and traveling speed in the deposit and spectrum of droplets in cotton plant. Journal of the Brazilian Association of Agricultural Engineering ISSN: 1809-4430.

LC, Machado TA (2021) Caracterização do espectro de gotas em pulverização costal na cultura do jiloeiro (*Solanum aethiopicum*). Dissertação apresentada para obtenção do título de mestre em olericultura, Instituto Federal de Educação e Tecnologia Goiano – Campus Morrinhos.

Contiero LR, Biffe DF, Catapan V (2018) Tecnologia de Aplicação, v1: capítulo 13. <https://doi.org/10.7476/9786586383010.0015>

Costa GM (2019) Guia prático de tecnologia de aplicação de herbicida e segurança no trabalho na cultura do café. Disponível em: ALVO TA 001 - TA em Herbicida em Cana.pdf (alvoconsultoria.agr.br). Acesso em 23 jun 2024.

Dierings CA (2020) Impacto da velocidade de aplicação na distribuição de gotas em diferentes sistemas de pulverização na cultura da soja (*Glycine max L.*). Trabalho de conclusão de curso em Agronomia, Instituto Federal Goiano – Campus Urutái.

Dutra LS, Ferreira AP, Horta MAP, Pilhares PR (2020) Uso de agrotóxicos e mortalidade por câncer em regiões de monoculturas. Revista Brasileira Saúde e Debate. V. 44, N. 127, P. 1018-1035.

De Farias MS, Schlosser JF, Estrada JS, Martini AT, Barbieri JP (2015) Critérios técnicos para a seleção de pulverizadores autopropelidos comercializados no mercado brasileiro. Revista Ciência Rural. ISSN 0103-8478.

Fagundes RC, Martins MB, Neto JT, Seron CC, Vendruscolo EP (2023) Desempenho energético do conjunto trator-semeadora em diferentes sistemas de preparo do solo. IX ENEPEX/ XII EPEX-UEMS e XVII ENEPE – UFGD.

Farias MS, Schlosser JF, Martini AT, Bertollo GM, Alvez JV (2018) Desempenho operacional e energético de um trator agrícola durante a operação de gradagem. Revista Tecno-Lógica ISSN: 1982-6753.

Flores LE (2023) Diferentes forma de inserção na economia mundial: A indústria de máquinas agrícolas no Brasil e na China. Revista do Departamento de Geociências. ISSN:2177-5230.

França JAL, Gonçalves WS, Romeiro BP, Bennett CGS, Silva AR (2015) Desenvolvimento e avaliação de um pulverizador hidráulico de barras rígidas horizontais de baixo custo. Revista de Agricultura Neotropical ISSN: 2358-6303.

Frantz GU, Schlosser JF, De Farias MS, Ferigolo LF, Ebert LC (2014) Eficiência energética de um trator agrícola utilizando duas configurações de tomada de potência. Revista Ciência Rural ISSN: 0103-8478.

Griesang F, Ferreira MC (2021) Matologia: Estudo sobre plantas daninhas. Volume 4: Tecnologia de aplicação para herbicidas, v4: p428-448. Doi: https://www.matologia.com/_files/ugd/1a54d2_6bdc1f90aa6b47f6bb787706b381084e.pdf?inde=true

De Jesus RM (2019) Pontas de pulverização e velocidade de deslocamento no controle químico de *Chrysodeixis includens* na soja. Trabalho de conclusão de curso em Agronomia, Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos.

Júnior IFP (2019) Nível de mecanização de propriedades rurais produtoras de soja (*Glycine max*) na microrregião de Ipiranga do Sul – RS. Trabalho de conclusão de curso em Agronomia, Universidade Federal da Fronteira do Sul.

Kuhn OJ, Nunes RV, Stangarlin JR, Rampim L, Fey R, Da Costa NV, Costa PB, Guimarães VF, Zambom MA (2015) Ciências Agrárias: Tecnológicas e Perspectivas, e1:capítulo 6. <http://dx.doi.org/10.12702/978-85-68205-03-7.6>

Lemos FJA (2018) Mecanização agrícola: Colheitadeiras axiais x radiais. Trabalho de conclusão de curso em Engenharia Mecânica, Centro Universitário do Sul de Minas.

Liberato BO, Dos Santos CAM, Greisang F, Spadoni ABD, Ferreira MC (2019) Determinação da cobertura de gotas em papel hidrossensível com programas para análise de imagem. V Congresso Brasileiro de Fitossanidade – Desafios e Avanços da Fitossanidade.

Lopes CVA, Albuquerque GSC (2018) Agrotóxicos e seus impactos na saúde humana e ambiental: uma revisão sistemática. Revista Brasileira Saúde e Debate. V. 44, N. 127, P. 1018-1035.

Martini AT, Shlosser JF, Barbieri JP, Bertollo GM, Negri GM, Bertinato R (2017) Aspectos relevantes de inspeção de pulverizadores agrícolas: Impactos na precisão das pulverizações de agrotóxicos. Revista Acta Igauaza ISSN: 2316-4093.

Menezes FAL (2019) Inspeção de pulverizadores hidráulicos no município de Silvânia – GO. Trabalho de conclusão de curso em Agronomia, Centro Universitário de Anápolis.

Menezes FAL, Junior EJA (2022) Inspeção de pulverizadores hidráulicos no município de Silvânia – GO. Agronomic Journal Ipê ISSN: 2595-6206.

Meten JOM, Canale MC, Calaça HÁ, Flores D, Menten M (2017) Legislação ambiental e uso de defensivos agrícolas. 32ª Semana da Citricultura no Centro de Citricultura Sylvio Moreira/IAC.

Moniz A (2020) Cobertura das folhas de soja utilizando diferentes pontas de pulverização. Dissertação apresentada para obtenção do título de mestre em Agronomia, Universidade Estadual Paulista.

Moraes JM, Portelinha ASB, Dias OS, Pagnossin ML, Medeiros FA, Ferreira MF (2021) Características dimensionais e ponderais de pulverizadores de barra com acoplamento no sistema hidráulico de três pontos do trator. XXIII ENPÓS – Encontro de Pós – Graduação.

Moreira JVT (2020) Eficiência tratória de um trator agrícola de pneus em função da superfície de tráfego. Trabalho de conclusão de curso em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa.

Mussruha SMFS, Leite MAA (2018) Agro 4.0 – Rumo à agricultura digital. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1073150/agro-40---rumo-a-agricultura-digital>. Acesso em 23 de jun 2024.

Oliveira LGB (2018) Levantamento sobre o uso de defensivos agrícolas na região de Andradina – SP. Trabalho de conclusão de curso em Engenharia Agrônômica, Universidade Federal de Uberlândia.

Peres AJA (2014) Volume de aplicação na qualidade da deposição da pulverização na cultura do algodoeiro. Dissertação apresentada para obtenção do título de mestre em Agronomia, Universidade Estadual Paulista – Júlio de Mesquita Filho.

Peres AJA, Raetano GC, Baio FHR, Neve DC, Cavalieri JD (2020) Pulverização em taxa variada na cultura do algodão. Revista Brasileira Energia na Agricultura ISSN: 2359-6562.

Pignati WA, Lima FANS, De Lara SS, Barbosa JR, Leão LHC, Pignatti MG (2017) Distribuição espacial do uso de agrotóxicos no Brasil: Uma ferramenta para a Vigilância em Saúde. Disponível em: DOI: 10.1590/1413-812320172210.17742017. Acesso em 23 jun 2024.

Prado EP (2017) Papel da tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas na redução da contaminação ambiental. Revista Agronomia Brasileira.

Rigotto RM, Vasconcelos DP, Rocha MM (2014) Uso de agrotóxicos no Brasil e problemas para a saúde pública. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/0102-311XPE020714>. Acesso em 23 de jun 2024.

Rinaldi PCN, Fernandes HC, Texeira MM, Cecon PR, Alvarenga CB (2016) Diagnóstico da potência e torque de tratores agrícolas fabricado e comercializado no Brasil. Revista Engenharia na Agricultura ISSN: 2175-6813.

Rocha OAB, Spinacé PS, Sasaki RS, Coelho H (2023) Uniformidade de distribuição de líquido de pontas de pulverização hidráulica em mesa padronizada. XV Jornada Científica.

Romeiro BP, França JAL, Gonçalves WS, Benett CG (2015) Distribuição de gotas de um pulverizador hidráulico de barras de baixo custo. Revista de Agricultura Neotropical ISSN: 2358-6303.

Ruas RAA, Sichoki D, God PIVG, Filho AC, Ronchi CP (2014) Condições operacionais das aplicações de agrotóxicos empregando-se pulverizadores hidráulicos. Global Science and Technology ISSN: 1984-9801.

Santos LFA (2019) Eficiência energética e operacional de um conjunto trator-pulverizador na cultura da acerola (*Malpighia emarginata*). Trabalho de conclusão de curso em Engenharia Agrônoma, Universidade Federal do Ceará – Centro de Ciências Agrárias.

Schmidt F, Zanella SJ (2017) Avaliações qualitativas de pulverizadores agrícolas em propriedades rurais na região de Erechim – ES. Revista Agronegócio e Meio Ambiente ISSN: 1981-9951.

Silva RPRA (2022) Mecanização agrícola. Trabalho de conclusão de curso em Técnico em Agropecuária, Escola Técnica Estadual Professor Carmelino Corrêa Junior.

Silva MA (2018) Controle de *Exserohilum turcicum* na cultura do milho em função da tecnologia de aplicação de fungicidas. Trabalho de conclusão de curso em Engenharia Agrônoma, Universidade Federal de Uberlândia.

Silva BA, Winck CA (2019) Evolução da quantidade de máquinas e implementos agrícolas nas propriedades rurais brasileira (1960-2017). Revista Visão: Gestão Organizacional ISSN: 2238-9636.

Simom PC, Cecatto AP, Costa AR, Camera JN, Cattaneo R (2022) Legislation and technical guidance: producers' perspective of pesticides. Brazilian Journal of Development ISSN: 2525-8761.

Soares TF (2015) Controladores fuzzy aplicados em um sistema de geração de energia elétrica embarcado em tratores para o acionamento de implementos agrícolas. Dissertação apresentada para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas.

Tirapelle AMP (2022) Levantamento de curva específica do motor de trator agrícola. Trabalho de conclusão de curso em Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas – Faculdade de Engenharia Agrícola.

Souza LFK (2020) Apostila didática para pulverizadores. Trabalho de conclusão de curso em Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas.

Vian CEF, Andrade Junior AM, Baricelo LG, Da Silva RP (2014) Origens, evolução e tendências da indústria de máquinas agrícolas. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-20032013000400006>. Acesso em 23 jun 2024.

CAPÍTULO II – APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS

**Eficiência da velocidade de deslocamento do conjunto trator-implemento na pulverização
de *Panicum maximum***

1. INTRODUÇÃO

Com o aumento da densidade populacional mundial de seres humanos, se fez necessário otimizar e aprimorar técnicas que possibilitem o aumento da produção de alimentos (Freitas, 2019). Com isso, o uso de agrotóxicos é fundamental no processo de produção, sendo um ponto-chave para o controle de pragas, doenças e plantas invasoras, que reduzem a produção em termos quantitativos e qualitativos (Dornelles *et al.*, 2011).

Apesar dos agrotóxicos serem benéficos em termos produtivos e econômicos para a agricultura, não é mais novidade que esses produtos representam perigo para a saúde humana e para o meio ambiente, se utilizados de forma incorreta (Ferreira, 2015). Portanto, é essencial para o agricultor e o técnico possuem o conhecimento sobre os diversos tipos de produtos e conheçam como manejá-los adequadamente e evitar possíveis problemas ambientais e de saúde. (Ochoa *et al.*, 2017). É imperativo garantir a execução adequada da tecnologia de aplicação a fim de evitar tais complicações.

A tecnologia de aplicação é o emprego de inúmeras técnicas que pretendem a correta colocação dos agrotóxicos no local desejado, em quantidades ideais, com a menor contaminação possível, visando sempre o lado econômico e ambiental (Kuhn *et al.*, 2015). Segundo Contiero *et al.* (2018), a tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas é um dos campos mais amplos dentro da agricultura, existindo inúmeros fatores que podem interferir diretamente na deposição do produto no alvo de forma correta e econômica. Além disso, o conhecimento destes fatores é fundamental para a seleção das técnicas a serem aplicadas.

Um dos fatores que influenciam a eficiência da aplicação terrestre é a velocidade de deslocamento do conjunto trator-implemento. Quanto maior a velocidade, mais importantes são as propriedades dos bicos de pulverização, tais como o tamanho das gotas, o formato dos bicos e o uso de ar induzido (Zaidan *et al.*, 2012).

A velocidade de trabalho é uma variável a ser considerada quando for realizar a calibração e regulação dos pulverizadores. Além disso, ela afeta diretamente o tamanho das gotas, a densidade, a quantidade e a porcentagem de cobertura, podendo ou não favorecer a deriva (França, 2022).

Com essa preocupação em relação à tecnologia de aplicação e possíveis danos ao ambiente e aos seres humanos, surgem ferramentas de extrema utilidade para os agricultores e profissionais das ciências agrárias, como, por exemplo, o software desenvolvido pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), o “Run Gotas” (Chaim *et al.*, 2000).

O programa Gotas é uma ferramenta que analisa imagens de papéis hidrossensíveis que foram expostos à pulverização de líquidos. Esses papéis são especiais, pois têm um lado coberto por um pigmento que muda de cor quando entra em contato com a água. Esse pigmento é o azul de bromofenol, que normalmente é amarelo, mas fica azul quando se dissolve na água (CHAIM *et al.*, 2000).

Após as pulverizações, é necessário realizar a coleta das imagens de papéis hidrossensíveis, e são posteriormente digitalizados por uma câmera ou scanner, onde serão analisadas pelo software conta-gotas, com isso será possível determinar o tamanho das gotas levando em consideração o diâmetro mediano volumétrico (DMV), além disso, será possível obter-se os resultados de uniformidade de tamanho das gotas, a densidade considerando o número de gotas por cm² e a porcentagem de cobertura no papel. (CHAIM *et al.*, 2006).

De acordo com Silva *et al* (2022), conforme o aumento da velocidade de trabalho do conjunto trator-implemento, o diâmetro volumétrico das gotas (DMV) pode ser diminuído. Com isso, o autor enfatiza que a alteração na velocidade de deslocamento do conjunto operacional durante a pulverização influencia diretamente no espectro de gotas sob o alvo desejado.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Objetivou-se avaliar a eficiência da pulverização agrícola em diferentes velocidades e alturas na planta.

2.2 Objetivos específicos

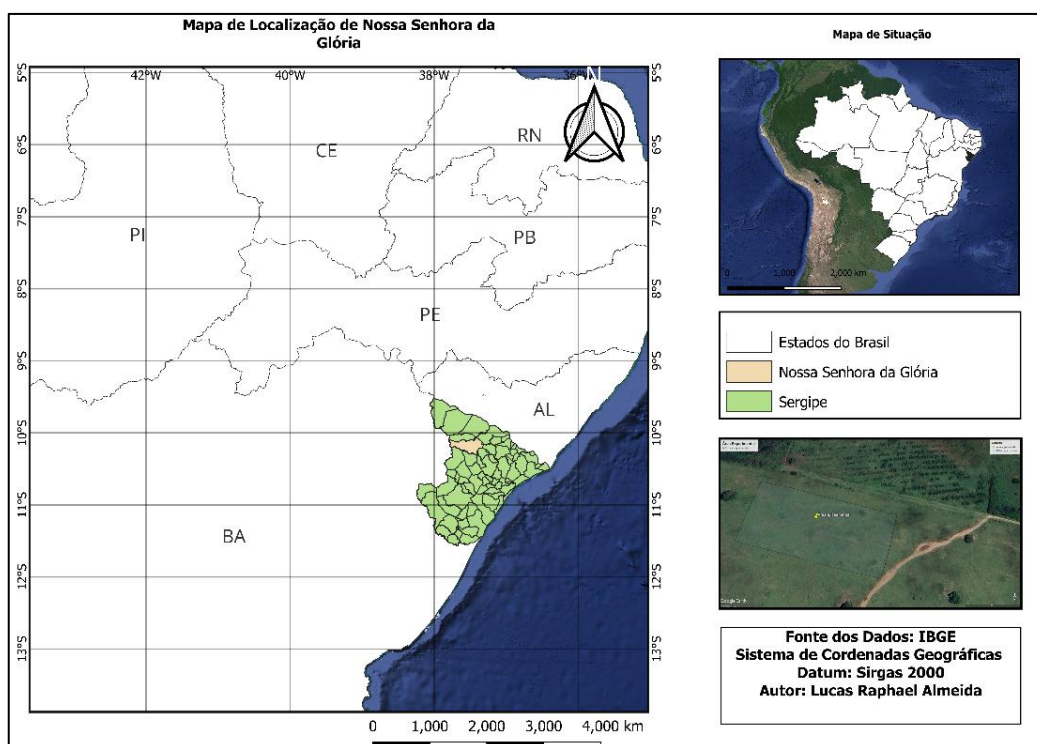
- a) Avaliar a influência da velocidade de deslocamento do conjunto trator-implemento sob a pulverização agrícola em área de pastagem com Panicum (*Megathyrsus maximus* cv. *Aruana*).
- b) Avaliar a porcentagem de cobertura de gotas em duas alturas na planta, terço basal e mediano.
- c) Avaliar a variação da cobertura de gotas em diferentes velocidades de trabalho no Semiárido Sergipano.

3. METODOLOGIA

3.1 Localização da área experimental

O experimento foi conduzido no campo experimental da Embrapa Semiárido, localizado no município de Nossa Senhora da Glória-SE (Figura 2), no ano de 2024. O clima predominante na região, conforme a classificação de Köppen, é do tipo As, ou seja, clima quente e úmido, com estação seca no inverno, apresenta médias de precipitação de 1.600 mm e quente, com temperaturas médias que variam de 23 a 26 °C, sendo o período chuvoso concentrado nos meses de abril a julho (Alvares *et al.*, 2013).

Figura 2:Localização do município de Nossa Senhora da Glória, Sergipe.



Fonte: Próprio autor, 2024.

3.2 Caracterização do experimento

O experimento foi realizado em um delineamento de blocos ao acaso com parcelas subdivididas (4 X 2), onde as velocidades de deslocamento representam as parcelas e as alturas as subparcelas. O trabalho foi conduzido em uma área de *Panicum* (*Megathyrsus maximus* cv. *Aruana*), o qual apresentou alturas médias de 30,6 cm. Além disso, realizou-se a medição do terço

basal e mediano da forrageira, as quais apresentaram médias de 12 cm e 17,67 cm de altura, respectivamente.

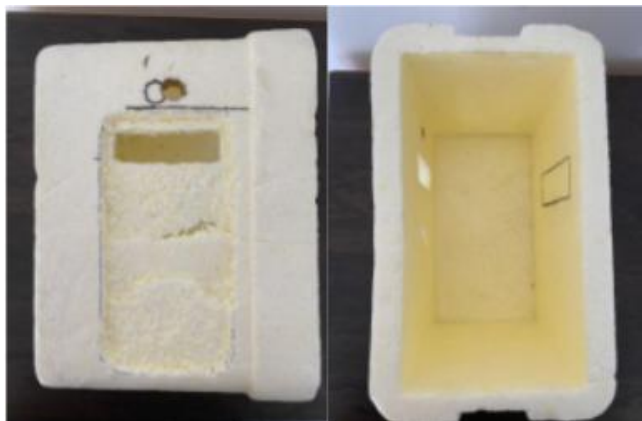
Para a execução do experimento, foi necessário confeccionar dois equipamentos, o primeiro são dois suportes para os papéis hidrossensíveis, os quais foram utilizados como bases para fixação dos papéis hidrossensíveis em campo (Figura 3), eles tiveram como base para a confecção canos PVC, com alturas médias de 31 centímetros cada, além disso, adicionou-se duas hastes laterais em pvc nas alturas de 12 cm e 17,67 cm, para que simulasse a altura do terço basal e mediano das plantas, respectivamente. Já o segundo equipamento foi feito a partir de uma caixa de isopor, com medidas de 11 cm de comprimento por 9 cm de largura (Figura 4). A caixa foi utilizada como suporte para o celular (Iphone 11, câmera de 12 MP, com resolução de 4000x3000 pixels) foram retiradas as fotos dos papéis para em seguida serem processadas

Figura 3: Suporte para fixação dos papéis hidrossensíveis.



Fonte: Próprio autor, 2024.

Figura 4: Caixa Utilizada como suporte para o celular.



Fonte Próprio autor, 2024.

Os tratamentos consistiram em quatro velocidades de pulverização: V1- 3,6 km h⁻¹, V2- 5,7 km h⁻¹, V3- 7,6 km h⁻¹ e V4- 9,1 km h⁻¹ com cinco repetições e duas alturas na planta, terço basal e terço mediano. Cada unidade experimental continha 30 metros de comprimento x 6 metros (largura da barra de pulverização), ou seja, cada parcela contava com 180 m², as quais foram separadas utilizando uma fita zebreada, totalizando uma área experimental de 3600 m². Foi adicionado um intervalo de 10 metros lineares de uma parcela para a outra no sentido do deslocamento do conjunto trator- implemento e 6 metros nas laterais para que houvesse separação entre os blocos.

Além disso, foram colocados quatro papéis hidrossensíveis em cada parcela (Figura 5), os quais mediam aproximadamente 2,6 cm de largura por 7,6 cm de comprimento, sendo dois adicionados no suporte que simulava o terço mediano e dois no suporte que também simulava o terço basal da planta. A altura de trabalho da barra de pulverização foi ajustada para trabalhar a 90 cm do solo e 60 cm do terço apical da planta.

Figura 5: Papéis hidrossensíveis utilizados no experimento.



Fonte Próprio autor, 2024.

A pulverização ocorreu no dia 26/02/2024, por volta das 8 horas da manhã, a temperatura média no momento da aplicação foi de 26 °C, a velocidade do vento de aproximadamente 5 km h⁻¹ e a umidade relativa do ar aproximadamente dos 70%, ou seja, as condições estavam adequadas para pulverizar. Segundo Moraes (2024), as condições climáticas podem impactar diretamente no sucesso das aplicações dos agroquímicos, com isso, as condições ideais para pulverização são a umidade relativa mínima de 50%, velocidade do vento de 3 a 10 km/h e temperaturas abaixo de 30°C.

O equipamento de pulverização utilizado foi composto por um trator da marca Valtra, modelo A750L (Figura 6), equipado com uma tomada de potência (TDP) que opera a 540 rotações por minuto (RPM). O pulverizador utilizado é do modelo Agric Trat MD P22420 600 L MR Pulvemaq (Figura 7), projetado para armazenar até 600 litros de calda, e possui uma barra de pulverização com um comprimento de 12 metros, equipada com 24 bicos distribuídos a cada 50 centímetros. Além disso, utilizou-se uma ponta do tipo leque 11002, que possui vazão máxima de $0,757 \text{ L min}^{-1}$ (Figura 8)

Figura 6: Trator Valtra A750L.



Fonte: Próprio autor, 2024.

Figura 7: Agric Trat MD P22420 600 L MR Pulvemaq.



Fonte: Próprio autor, 2024.

Figura 8: ponta do tipo leque 11002



Fonte: Próprio autor, 2024.

3.3 Calibração do pulverizador

Para deixar os tratamentos de forma mais homogênea, foi padronizado para todas as velocidades de pulverização o volume de 290 L ha⁻¹ de água. Além disso, cada velocidade foi ajustada conforme o tempo em que o trator levou para realizar o percurso (Tabela 01). Para a calibração do pulverizador foi delimitada uma distância de aproximadamente 40 metros lineares, logo após isso, foi cronometrado o tempo em que o conjunto trator/implemento levou para finalizar

o trajeto em cada velocidade e em seguida, a pressão de trabalho foi ajustada conforme as velocidades com intuito de manter o volume de água. Logo após, com o auxílio de um béquer, foi coletado o volume de água conforme o tempo em que o trator levou para completar o trajeto.

Tabela 1: Dados de calibração do conjunto trator/implemento.

March as	Velocidade (km/h)	Tempo percurso (S)	Pressão (bar)	Volume da calda por bico (ml)
L2	3,6	55,5	0,5	550
L3	5,7	37	2,0	500
L4	7,6	27,7	5,0	525
H1	9,1	23	6,5	500

^(S) Segundos.

3.4 Processamento dos dados no software Run Gotas – Sistema de avaliação de Pulverização Agrícola

Após as imagens serem escaneadas com a utilização de um smartphone, elas foram submetidas e analisadas no software “Run Gotas” desenvolvido pela EMBRAPA. O Gotas tem como finalidade direcionar e/ou auxiliar os agricultores e os profissionais acerca dos padrões relacionados à tecnologia de aplicação de agrotóxicos. Além disso, ele proporcionou a análise de parâmetros como o diâmetro mediano volumétrico (DMV), diâmetro de 10% das gotas (Dv.0.1), diâmetro de 90% das gotas (Dv. 0.9), amplitude relativa (SPAM) e porcentagem de cobertura dos papéis.

3.5 Análise estatística

Os dados de diâmetro mediano volumétrico (DMV), diâmetro de 10% das gotas (Dv.0.1), diâmetro de 90% das gotas (Dv.0.9), amplitude relativa (SPAM) e porcentagem de cobertura dos papéis foram submetidos à análise de variância por meio do teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, utilizando o software RStudio. A análise foi realizada com o pacote ExpDes.pt, considerando parcela e subparcela.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram processadas as imagens dos papéis hidrossensíveis tanto do terço mediano quanto do terço basal das plantas no software “Run Gotas”, tendo as médias de cada variável. Com relação à porcentagem de cobertura no terço Basal, na velocidade de 7,6 km h⁻¹, observou-se uma porcentagem de cobertura de 55%, enquanto na velocidade de 9,1 km h⁻¹ essa porcentagem caiu para 50%. No entanto, no terço Mediano das plantas, ambos os valores caíram (Tabela 2), sendo 49,47 na velocidade 7,6 km h⁻¹ e 36,38 na velocidade 9,1 km h⁻¹. No entanto, no terço basal das plantas, todas as velocidades são iguais estatisticamente (Tabela 02).

Com relação aos tratamentos do terço mediano das plantas não houve diferença significativa entre eles, como pode-se observar na Tabela 3, onde as velocidades de 3,6 km h⁻¹, 5,7 km h⁻¹ e 7,6 km h⁻¹ estatisticamente são iguais, porém na velocidade de 9,1 km h⁻¹ se notou menor na cobertura no terço da planta. Não foi observado efeito significativo entre as alturas.

Em estudo realizado por Bonfanti (2023) na cultura da soja, observou-se resultados diferentes aos desse trabalho, onde os maiores terços mais superiores apresentaram porcentagens de cobertura quando comparado com os terços basais das plantas, demonstrando diferença quando comparado a este trabalho, onde o terço basal apresentou maiores porcentagens de cobertura. Sabe-se que a qualidade da porcentagem de cobertura é um fator de suma importância, visto que todos os produtos fitossanitários apresentam uma média ideal de penetração para o controle de cada agente, ou seja, a penetração no alvo está diretamente ligada à porcentagem de cobertura (Greisnag, 2019).

Tabela 2: Valores médios de porcentagem de cobertura obtidos através do teste de média de Tukey.

Velocidades	Porcentagem de Cobertura	
	Altura Basal	Altura Mediana
3,6	52,61 a	53,17 a
5,7	49,52 a	46,72 a
7,6	55,20 a	49,47 a
9,1	50,37 a	36,38 b

Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

De acordo com Ribeiro *et al.* (2023), o Diâmetro de 10% das gotas é uma variável de suma importância, visto que, a partir dela, é possível analisar e prever que o diâmetro de 10% das gotas do volume do líquido pulverizado é representado por gotas de menores tamanhos que esse valor.

Percebe-se que, no terço basal, todas as velocidades são iguais estatisticamente (Tabela 3), sendo assim, apenas o terço mediano apresentou diferença significativa entre os tratamentos. Sendo assim, a velocidade de 9,1 km h⁻¹ se mostrou mais eficiente com relação ao diâmetro de 10% das gotas do volume pulverizado, no terço mediano. No entanto, no terço basal, ambas são iguais com relação à Dv.0.1, porém em termos de economia de tempo, a velocidade H1 (9,1 km h⁻¹) é mais eficiente que as demais, visto que completa o percurso em menor tempo.

Tabela 3: Valores médios do diâmetro de 10% das gotas (Dv.0.1) obtidos através do teste de média.

Velocidades (Km h⁻¹)	Diâmetro de 10% das Gotas	
	Altura Basal	Altura Mediana
3,6	273.41 a	374.4 a
5,7	260.37 a	327.74 ab
7,6	260.37 a	315.80 bc
9,1	258.94 a	269.71 c

Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para o diâmetro mediano volumétrico das gotas no terço basal apenas a velocidade de 9,1 km h⁻¹ apresentou diferença significativa. Quando se comparou as médias de diâmetro mediano volumétrico (DMV), não houve nenhuma velocidade menor que a outra, ou seja, todas são iguais estatisticamente.

Tabela 4: Valores médios de DMV obtidos através do teste de média Tukey.

Velocidades	DMV	
	Altura Basal	Altura Mediana
3,6	409.85 a	506.74 a
5,7	393.81 a	505.24 a
7,6	385.87 a	467.18 a
9,1	381.72 a	361.26 b

Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O diâmetro mediano volumétrico (DMV) ou Dv.0.5 é a variável que determina o tamanho e o padrão das gotas pulverizadas, ele consiste na divisão do volume pulverizado em duas partes iguais, de modo que metade das gotas possui um diâmetro inferior ao DMV, enquanto a outra metade apresenta um diâmetro superior (Bonfada, 2018).

Além disso, na velocidade de 9,1 km/h o terço mediano apresentou médias maiores quando comparadas com o terço basal da planta, sendo a única que se diferiu estatisticamente, além disso, sua altura basal também foi maior.

De acordo com Márquez (1997) cada classe de produto fitossanitário apresenta uma média de DMV ideal (Tabela 6), com isso é possível observar que em ambos os terços amostrados e em todas as velocidades a aplicação de herbicidas pré-emergentes é a que melhor se adequa conforme os valores de referência estipulados pela literatura.

Tabela 5: Valores essenciais de cobertura e dimensão das gotas de acordo com o tipo de produto fitossanitário.

Produto Fitossanitário	DMV* das gotas (µm)
Herbicida pré-emergente	400 – 600
Herbicida pós-emergente (plântulas)	150 – 250
Herbicida pós-emergente de contato	150 – 250
Herbicida pós-emergente sistêmico	150 – 250
Fungicida protetor ou de contato	100 – 200
Fungicida sistêmico	200 – 300
Inseticida de contato	100 – 200
Inseticida sistêmico	200 - 300

* Diâmetro mediano volumétrico ou Dv.0.5.

Fonte: Márquez, 1997.

O diâmetro de 90% das gotas (Dv.0.9) no terço basal foi menor na velocidade de 9,1 km h⁻¹ obtendo valor de 485,22 µm quando comparado com a velocidade 5,7 km h⁻¹, com 506,03 µm. No entanto, não foi observado efeito significativo entre os tratamentos.

Segundo Chaim *et al.* (2000), o Dv.0.9 é uma variável de suma importância, visto que ela representa a distribuição dos diâmetros das gotas de maneira que os diâmetros inferiores a Dv.90 correspondam a 90% do volume total do líquido da amostra. Segundo Benassi *et al* (2020), para a aplicação de produtos fitossanitários na cultura do cafeeiro, a velocidade de 3 km/h apresentou pior resultado, devido a uma menor deriva no produto aplicado. Já a velocidade de 8 km/h apresentou melhor resultado, sendo indicada para os produtores elevarem a eficiência de aplicação.

Para França e Mendes (2022), o resultado da velocidade do implemento e da cobertura das gotas pode ser influenciado pela perda das gotas por evaporação ou deriva. Com isso, enfatiza-se que a velocidade de 8,7 km/h promoveu maior área de cobertura entre os tratamentos analisados, onde maior velocidade dificulta as gotas atingirem o alvo no terço médio das plantas.

Tabela 6: Valores médios de Dv.0.9 obtidos através do teste de Tukey.

Velocidades (Km h ⁻¹)	Diâmetro de 90% das Gotas	
	Altura Basal	Altura Mediana
3,6	501.09 a	636.42 a
5,7	506.04 a	639.64 a
7,6	494.24 a	620.44 a
9,1	485.22 a	472.96 b

Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

5. Conclusão

A velocidade de aplicação interfere diretamente na cobertura e no espectro de gotas, refletindo na eficiência da pulverização nos diferentes estratos da planta.

A velocidade de 7,6 km h⁻¹ é o indicativo para um melhor desempenho, proporcionando equilíbrio entre cobertura, penetração e deposição das gotas, otimizando a aplicação fitossanitária.

6. Referências Bibliográficas

- Alvares CA, Stape JL, Sentelhas PC, Gonçalves JLM, Sparovek G (2013) Köppen climate classification map for Brazil, v.22, n.6, p. 711-728. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- Benassi BJPM, Pereira GC, Almeida GRR, Da Cunha LT (2020) Influência da velocidade na pulverização foliar de produtos fitossanitários no cafeeiro. *Revista Agroveterinária do Sul de Minas* ISSN: 2674-9661, 2(1), 10 - 20.
- Bonfada DV (2018) Adjuvantes na pulverização agrícola. Trabalho de conclusão de curso Graduação em Agronomia, Universidade Federal da Fronteira Sul – Cerro Largo.
- Bonfanti CC (2023) Pontas de pulverização e volume de aplicação sobre a cobertura foliar com produtos na cultura da soja. Trabalho de conclusão de curso Graduação em Agronomia, Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul – Campus Ibirubá.
- Chaim A, Camargo Neto J, Pessoa MCPY (2006) Uso do programa computacional Gotas para avaliação da deposição de pulverização aérea sob diferentes condições climáticas. *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento* 39 1516-4675.
- Chaim A, Neto JC, Gattaz NC, Visoli MC (2000) Gotas Programa de análise de deposição de agrotóxicos: Manual de utilização. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.
- Contiero LR, Biffe DF, Catapan V (2018) Tecnologia de Aplicação, v1: capítulo 13. <https://doi.org/10.7476/9786586383010.0015>
- Contiero RL, Biffe DN, Catapan V (2018) Tecnologia de aplicação, e1: capítulo 13. <https://doi.org/10.7476/9786586383010.0015>
- Dornelles ME, Schlosser JF, Boller W, Russini A, Casali AL (2011) Inspeção técnica de tratores e pulverizadores utilizado em pulverização agrícola. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 2175-6813.
- Ferreira MLPC (2015) A pulverização aérea de agrotóxicos no Brasil: Cenário atual e desafios. *Revista de Direito Sanitário*. <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9044.v15i3p18-45>
- França LDS, Mendes LS (2022) Velocidade do autopropelido na distribuição de calda sobre *zea mays* (L.). *Revista Cerrado Agrociências* v.13:29-39.
- Freitas CYS (2019) Análise e otimização da barra de pulverização agrícola. Trabalho de conclusão de curso Graduação em Engenharia Aeronáutica, Universidade Federal de Uberlândia.
- Greisang F (2019) Efeito da uniformidade de gotas em pulverizações por ponta de energia hidráulica na qualidade da aplicação em culturas de baixo fuste e nas perdas por deriva. Tese para a obtenção do título de Doutor em Produção Vegetal, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária – UNESP.

Kuhn OJ, Nunes RV, Stangarlin JR, Rampim L, Fey R, Da Costa NV, Costa PB, Guimarães VF, Zambom MA (2015) Ciências Agrárias: Tecnológicas e Perspectivas, e1: capítulo 6. <http://dx.doi.org/10.12702/978-85-68205-03-7.6>

Márquez L (1997) Tecnología para la aplicación de productos fitosanitarios. Universidad Politecnica – Madrid.

Moraes ED (2020) Espectro de gotas em diferentes condições ambientais e caldas de pulverização. Tese para a obtenção do título de Doutor em Agronomia, Universidade Estadual de Londrina.

Ochoa M, Rosa B, Cháves M, Florentino L (2017) Levantamento do uso de agrotóxicos banidos de acordo com as normas de certificação em duas regiões de cafeicultura familiar. 14º Congresso Nacional de Meio Ambiente: Focos em Águas termais e Minerais.

Ribeiro JRD, Ribeiro LFO, Dos Santos TG, Nunes JGP, Ribeiro Júnior MF, Da Vitória EL (2023) Espectro de Gotas da ponta de pulverização TTI-110025 sob diferentes pressões de trabalho. Brazilian Journal of Production Engineering 2447-5580.

Silva IF, Domingues ECS, Gomides JFFB, Martins MB, Seron CC, Verdruscolo EP (2022) Espectro de gotas em pulverização sob diferentes velocidades operacionais. VIII Enepex.

Zaidan SE, Gadanha CD, Gandolfo MA, Pontelli CO, Mosquini WW (2012) Performance of spray nozzles in land applications with high speed. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-69162012000600014>. Acesso 23 jun, 2024.