



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA**

MATHEUS FERLIN DIAS

**AVALIAÇÃO DA TAXA DE APLICAÇÃO NA PULVERIZAÇÃO AÉREA DE
FUNGICIDA SOBRE A CULTURA DO MILHO**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA**

**AVALIAÇÃO DA TAXA DE APLICAÇÃO NA PULVERIZAÇÃO AÉREA DE
FUNGICIDA SOBRE A CULTURA DO MILHO**

MATHEUS FERLIN DIAS

Monografia apresentada à Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília – FAV/UnB, como parte das exigências do curso de Graduação em Agronomia, para a obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Tiago Pereira da S. Correia

FICHA CATALOGRÁFICA

Dias, Matheus Ferlin

" AVALIAÇÃO DA TAXA DE APLICAÇÃO NA PULVERIZAÇÃO AÉREA DE FUNGICIDA SOBRE A CULTURA DO MILHO". Orientação: Tiago Pereira da Silva Correia, Brasília 2020. 35 páginas. Monografia de Graduação (G) - Universidade de Brasília / Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2020.

1. Tecnologia de aplicação. 2. Aplicação aérea. 3. Cobertura do alvo. 4. Espectro de gotas.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

DIAS, M. F. **AVALIAÇÃO DA TAXA DE APLICAÇÃO NA PULVERIZAÇÃO AÉREA DE FUNGICIDA SOBRE A CULTURA DO MILHO**. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 24 páginas, 2020. Monografia.

CESSÃO DE DIREITOS

Nome do Autor: MATHEUS FERLIN DIAS

Título da Monografia de Conclusão de Curso: AVALIAÇÃO DA TAXA DE APLICAÇÃO NA PULVERIZAÇÃO AÉREA DE FUNGICIDA SOBRE A CULTURA DO MILHO.

Grau: 3° **Ano:** 2021

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta monografia de graduação e para emprestar ou vender tais cópias somente para fins acadêmicos e/ou científicos. O autor reserva-se outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia de graduação pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

MATHEUS FERLIN DIAS

CPF: 017.513.711-07

Rua 25 de Dezembro, Qd 71, Lote 13/14 – Centro, Luziânia – GO.

(61) 99813-4757 / e-mail: matheusferlin27@gmail.com

MATHEUS FERLIN DIAS

AVALIAÇÃO DA TAXA DE APLICAÇÃO NA PULVERIZAÇÃO AÉREA DE FUNGICIDA SOBRE A CULTURA DO MILHO

Monografia apresentada à Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília – FAV/UnB, como parte das exigências do curso de Graduação em Agronomia, para a obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Tiago Pereira da S. Correia

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Tiago Pereira da Silva Correia
Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária - FAV/UnB
(ORIENTADOR) e-mail: tiagocorreia@unb.br

Prof. Dr. Francisco Faggion
Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária - FAV/UnB
(EXAMINADOR) e-mail: ffaggion@yahoo.com

Engenheiro Agrônomo Arthur Gabriel Caldas Lopes
PPG da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária - FAV/UnB
(EXAMINADOR) e-mail: arthur.grb10@gmail.com

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus por todas as bênçãos a mim concedidas durante essa jornada.

A minha mãe Cláudia Valéria Ferlin e avós Aurondina Detroz Ferlin e Eduardo Ferlin por todo amor, carinho, apoio, estrutura, educação e ensinamentos passados.

Ao meu orientador, amigo e professor Tiago Pereira da Silva Correia por todo auxílio, paciência e capacidade de transmitir conhecimentos que ficarão eternamente guardados em minha memória e que me farão ser melhor pessoal e profissionalmente.

Aos meus amigos, em específico Alefh Ribeiro de Araújo, e colegas pelas conversas, ajuda e ensinamentos ao longo do curso tanto dentro quanto fora do meio acadêmico.

A todos os familiares e pessoas próximas que de alguma forma contribuíram para que esse momento se concretizasse.

A Fazenda Onça pela concessão do terreno para realização do experimento.

A empresa Aero Agrícola Giruaense Ltda pelo trabalho prestado na aplicação dos produtos fitossanitários e a empresa Spraytec pelo levantamento dos resultados obtidos no experimento.

RESUMO

O milho é uma das principais culturas graníferas produzidas no Brasil, e devido ao clima tropical é frequentemente atacada por doenças fúngicas, sobretudo a partir do estágio de desenvolvimento V3. Uma alternativa de controle é a aplicação de fungicidas sobre a cultura, podendo ser utilizados pulverizador terrestre ou aeronave agrícola, sendo o terrestre improvável em lavouras com estágio de desenvolvimento avançado. Sendo assim, o objetivo do trabalho foi avaliar a aplicação de fungicidas na cultura do milho utilizando aeronave agrícola e diferentes taxas de aplicação. O experimento foi realizado à campo na Fazenda Onça, localizada no município de Luziânia - GO. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, sendo três tratamentos constituídos por taxa de aplicação de 10, 20 e 30 L ha⁻¹ de calda. Para cada tratamento foram realizadas nove repetições, distribuídas em faixas de 12 m de largura e 200 m de comprimento. As variáveis avaliadas foram: diâmetro mediano volumétrico de gotas (DMV) em µm, índice SPAN), densidade de gotas sobre o alvo (gotas cm⁻²) e porcentagem de cobertura do alvo. Para tanto foram utilizados papéis hidrossensíveis para coleta das gotas pulverizadas, posteriormente escaneados e as imagens analisadas por equipamento DropScan[®] de avaliação de espectro de gotas. Por parcela foram utilizados 18 papéis, dois por haste porta-papel, um na altura de 0,5 m do solo e outro a 1,9 m, dispostas ao longo da faixa de aplicação. Os dados obtidos foram submetidos ao teste de normalidade e as médias comparadas pelo teste de Tukey (P≤0,05). Para as taxas de aplicação estudadas, a cobertura do alvo com gotas de pulverização e a densidade das gotas foi menor no terço inferior das plantas.

Palavras chave: Tecnologia de aplicação, aplicação aérea, Cobertura do alvo, Espectro de gotas.

ABSTRACT

Corn is one of the main graniferous crops produced in Brazil, and due to the tropical climate it is frequently attacked by fungal diseases, especially from the V3 development stage. An alternative of control is the application of fungicides on the crop, and land sprayers or agricultural aircraft can be used, the terrestrial being unlikely in crops with advanced development stage. Thus, the objective of the work was to evaluate the application of fungicides in the corn crop using agricultural aircraft and different application rates. The experiment was carried out in the field at Fazenda Onça, located in the municipality of Luziânia - GO. The experimental design used was completely randomized, with three treatments consisting of an application rate of 10, 20 and 30 L ha⁻¹ of syrup. For each treatment, nine repetitions were performed, distributed in bands 12 m wide and 200 m long. The variables evaluated were: median volumetric droplet diameter (DMV) in µm, SPAN index), droplet density on the target (droplets cm⁻²) and percentage of target coverage. For this purpose, hydrosensitive papers were used to collect the sprayed drops, later scanned and the images analyzed by DropScan® equipment for evaluating the spectrum of drops. Eight papers were used per plot, two per paper holder, one at a height of 0.5 m from the ground and the other at 1.9 m, arranged along the application range. The data obtained were subjected to the normality test and the means compared by the Tukey test (P≤0.05). For the application rates studied, the coverage of the target with spray drops and the density of the drops was lower in the lower third of the plants.

Keywords:. Application technology, aerial application, Target coverage, Droplet spectrum.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
2 OBJETIVO	12
3 REVISÃO DE LITERATURA.....	13
3.1 Cultura do milho.....	13
3.2 Tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários	15
3.3 Aplicação de fungicidas via aplicação aérea	17
4. MATERIAIS E MÉTODOS	19
4.1 Área experimental.....	19
4.2 Delineamento experimental	20
4.3 Aeronave agrícola.....	21
4.4 Coleta de gotas.....	21
4.5 Variáveis avaliadas	22
4.6 Análise estatística	23
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	24
6. CONCLUSÃO	31
7. REFERÊNCIAS	32

1. INTRODUÇÃO

Dentre as várias etapas existentes no processo de produção agrícola a aplicação de produtos fitossanitários é umas das mais importantes, devendo seguir boas práticas agrícolas para obtenção sucesso no controle de pragas, doenças e plantas daninhas, além de segurança ambiental e viabilidade econômica.

Na cultura do milho é expressiva e recorrente a incidência de doenças fúngicas que, se não monitoradas e controladas corretamente, podem ocasionar perdas significativas de produtividade. Característica agravante no controle de doenças da cultura é o estágio de desenvolvimento em que ocorrem as incidências, predominantemente a partir de V3, e a velocidade e severidade de desenvolvimento dos patógenos. Naturalmente a partir de V6 a altura das plantas de milho dificulta e inviabiliza a aplicação de fungicidas com pulverizador terrestre, sendo alternativa a aplicação com aeronave agrícola.

As aeronaves agrícolas são capazes de realizarem as aplicações em estágios avançadas de desenvolvimento da cultura, de forma rápida e evitando amassamento e quebras de plantas. Em busca de potencializar rapidez e rendimento operacional nas aplicações aéreas tem sido adotado por muitos produtores e prestadores de serviços a redução da taxa de aplicação, prática denominada de Ultra Baixo Volume de aplicação (UBV). Em áreas produtoras de grãos da região leste do estado de Goiás, próximas ao Distrito Federal, são relatadas taxas de aplicação que variam de oito a vinte litros de calda por hectare. Entretanto são restritas as informações qualitativas a respeito do espectro de gotas obtido com a prática UBV.

Diante do exposto o trabalho objetivou avaliar a aplicação de fungicidas na cultura do milho utilizando aeronave agrícola e diferentes taxas de aplicação, incluindo UBV.

2. OBJETIVO

O objetivo do trabalho foi avaliar a aplicação de fungicida na cultura do milho utilizando aeronave agrícola e diferentes taxas de aplicação.

Objetivos específicos:

- Avaliar a porcentagem de cobertura do alvo no terço superior e inferior das plantas de milho;
- Avaliar o volume depositado de gotas sobre o alvo no terço superior e inferior de plantas de milho;
- Avaliar o diâmetro mediano volumétrico de gotas (DMV);
- Avaliar a amplitude relativa das gotas pulverizadas (AR ou SPAN).

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Cultura do milho

O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de milho, superado apenas por Estados Unidos e China. Na safra 2018/2019 a produção foi de aproximadamente 98,4 milhões de toneladas em 17,5 milhões de hectares cultivados, destes, 8,5 milhões nos estados da região centro-oeste, onde foi obtida produtividade média de 6.197 kg ha⁻¹ (CONAB, 2019). Segundo CONAB (2019) a produtividade média do Distrito Federal foi de 8.042 kg ha⁻¹.

Adaptada às condições brasileira a cultura necessita que os índices dos fatores climáticos, especialmente a temperatura, a precipitação pluviométrica e o fotoperíodo, atinjam níveis considerados ótimos, para que o seu potencial genético de produção se expresse ao máximo. (EMBRAPA, 2010).

Opção amplamente utilizado em segunda safra (safrinha), predominantemente pós colheita da soja, o milho deixou de ser coadjuvante devido seus patamares produtivos e sua importância econômica. Em condição de segunda safra a semeadura ocorre entre janeiro e abril para as maiores regiões produtoras, centro-oeste, sudeste e sul. (EMBRAPA, 2010; BRAGA 2016).

Apesar das condições favoráveis ao cultivo e a importância socio-econômica da cultura no Brasil, existem desafios produtivos, sobretudo relacionados ao controle de doenças. Até mesmo devido as condições climáticas brasileiras, as plantas de milho são predominantemente infectadas por patógenos de doenças fúngicas como a cercosporiose e ferrugens.

A cercosporiose do milho, causada pelo fungo *Cercospora zea-maydis*, ocorreu severamente no Brasil a partir da safra de 2000, com foco inicial no sudoeste de Goiás (EMBRAPA, 2004). Atualmente ainda é uma das principais e mais importantes doenças foliares da cultura, cuja severidade aumenta em condições de alta umidade relativa, temperatura diurna variando de moderada a alta, e noites frias com formação de orvalho.

A cercosporiose é identificada por pequenas manchas amareladas de tecido plesionecrótico, de 1 a 3 mm de comprimento, e de forma retangular. Posteriormente, mantém a forma retangular, de cor parda até que a esporulação do fungo sob condições de clima úmido produza tom acinzentado. (SYNGENTA, 2020)

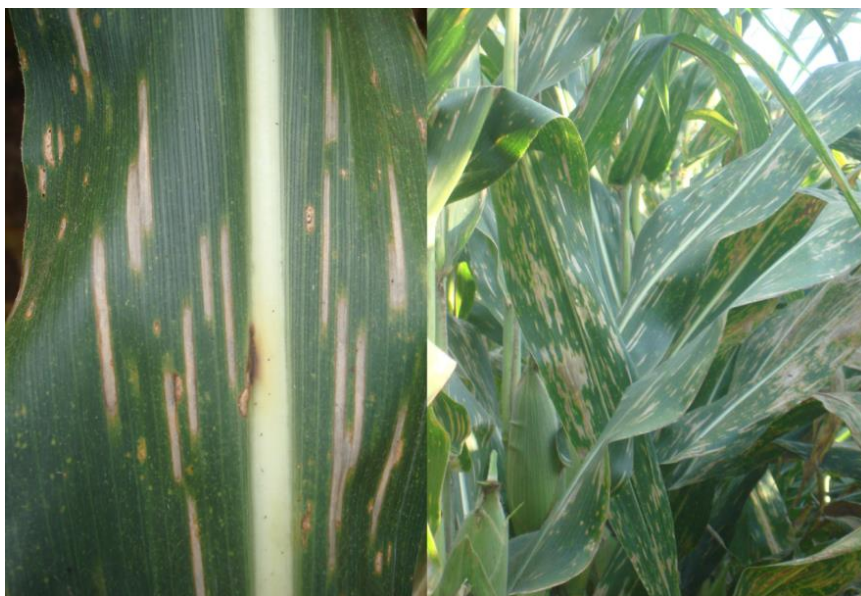


Figura 1. Cercosporiose na cultura do milho.

A ferrugem-polissora, causada pelo fungo *Puccinia polysora*, é considerada a principais doenças da cultura do milho no Brasil. Sob condições ambientais favoráveis, de temperatura, entre 26 e 30°C, e elevada umidade relativa do ar, acima de 70%, a doença é capaz de reduzir em mais de 50% a produtividade de grãos da cultura. Os danos causados incluem redução de área foliar, redução do vigor das plantas e redução do peso dos grãos, senescência precoce e acamamento de plantas (EMBRAPA, 2013)

A formação de pústulas circulares a ovais, de coloração marrom-clara, distribuídas predominantemente, na face superior das folhas, constitui os sintomas típicos da ferrugem polissora, embora os sintomas possam ser observados em todos os órgãos aéreos das plantas. (EMBRAPA, 2013)



Figura 2: Sintomas da ferrugem na cultura do milho.

Nos últimos anos a utilização de fungicidas químicos tem se tornado a principal forma para o controle das doenças foliares na cultura do milho. Atualmente existem 19 produtos fungicidas registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA para o controle da ferrugem polissora e cercosporiose na cultura do milho. Além disso, o controle também pode ser feito através da rotação de culturas, evitando sucessão de milho. (EMBRAPA, 2013)

3.2 Tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários

Entende-se como “Tecnologia de Aplicação de Produtos Fitossanitários” o emprego de todos os conhecimentos científicos que proporcionem a correta colocação do produto biologicamente ativo no alvo, em quantidade necessária, de forma econômica e com o mínimo de contaminação de outras áreas (MATUO, 1990). Segundo Boller (2008) a tecnologia de aplicação busca a colocação dos produtos fitossanitários em quantidades adequadas nos locais onde eles são desejados, no momento adequado, com o mínimo desperdício e com a máxima segurança ao homem e ao ambiente. (CANOVA, 2015)

Independentemente da tecnologia aplicada, o período de tempo e as condições climáticas a que a lavoura é submetida constituem-se em preponderantes fatores de produção. Dentre os elementos de clima conhecidos para avaliar a viabilidade e a estação para a implantação das mais diversas atividades agrícolas, a temperatura e a precipitação pluvial são os mais estudados. (FILHO, 2000)

Tendo em vista que a utilização de defensivos agrícolas permite o controle de pragas e doenças nas culturas de interesse econômico, a operação de pulverização se torna etapa essencial da aplicação. Para uma aplicação eficiente e segura é necessário conhecer a natureza do produto e dominar a forma de aplicação, de modo a garantir que o produto alcance o alvo com mínimas perdas (CUNHA, 2005).

Crítérios como equipamentos e volume de aplicação são definidos como essenciais quando se trabalha com aplicações aéreas. A seleção apropriada das pontas determina a quantidade aplicada por área, uniformidade de aplicação, cobertura de gotas e o risco potencial de deriva e, conseqüentemente, a precisão e segurança na aplicação dos defensivos agrícolas (WOMAC, 1997).

Segundo Antuniassi & Boller (2011), a deposição está diretamente relacionada com o tamanho das gotas, sendo que gotas finas resultam em melhor cobertura e penetração; entretanto, essas gotas são mais suscetíveis a perdas por deriva, gotas menores que 100 μm são propícias à deriva, principal fator de perdas e contaminações na pulverização aérea.

Uma vez que a pulverização é constituída por gotas de diferentes tamanhos há a necessidade de analisar tecnicamente esta variável afim de obter sua quantificação e comparar com outros sistemas de pulverização.

Uma nuvem de partículas de pulverização geradas pelos bicos ou atomizadores é constituída por gotas de diferentes tamanhos. Sua distribuição, em porcentagem, é feita por classes de tamanhos e forma o espectro de gotas, um espectro de gotas mais estreito significa que as gotas estão mais próximas ao Diâmetro Mediano Volumétrico (DMV), a qual indica que 50% do volume aplicado está do tamanho pré-estabelecido antes do início da pulverização.

Após o cálculo da homogeneidade das gotas, quanto mais próximo a zero é o resultado mais homogêneo é a amostra de gotas que sai do bico/atomizador. Remetendo a ideia que menor é a diferença entre a maior e a menor gota encontrada na amostra.

A deriva é o movimento do produto no ar durante ou depois da aplicação para um local diferente do planejado, ou seja, é tudo aquilo que não atinge o alvo durante a aplicação. Também é a parte da pulverização agrícola que é carregada para fora da área alvo pela ação do vento. Assim, este desvio de trajetória que impede que as gotas produzidas atinjam o alvo está relacionado diretamente ao tamanho de gotas produzido pelo modelo de ponta de pulverização e às condições ambientais no momento da aplicação. (SABRI, 2020)

A pontas de pulverização que produzem gotas muito finas representam maior risco de deriva, pois podem ser facilmente desviadas do alvo. Já as gotas muito grossas podem escorrer pelo alvo e acabar reduzindo a eficácia. Com o objetivo de reduzir a deriva e melhorar a qualidade das aplicações, fabricantes de pontas de pulverização desenvolveram os modelos com indução de ar, também chamados de “anti-deriva” ou “bicos de espuma”. Estas pontas têm em comum a produção de gotas grossas. (SABRI, 2020)

A deriva de uma aplicação pode ser quantificada pela deposição da calda aplicada em coletores, adicionando marcadores metálicos à calda para que seja possível realizar sua extração e recuperação posteriormente. (SABRI, 2020)

3.3 Aplicação aérea de defensivos agrícolas

A aplicação aérea é uma alternativa e realidade em boa parte das regiões produtoras de grãos do Brasil. Seu uso na cultura do milho tem crescido principalmente pela impossibilidade de entrada de máquinas terrestres em fases de desenvolvimento adiantadas da cultura. Dependendo do estágio de desenvolvimento da planta, a aplicação terrestre pode ocasionar a redução do estande da lavoura, área fotossintética, número de panículas e, conseqüentemente, perdas de grãos, reduzindo significativamente a produção. (SILVA, 2004)

As pulverizações aéreas de defensivos com baixos volumes de aplicação representam expressiva inovação tecnológica ao alcance dos agricultores. Em muitos

casos esta opção é mais econômica e mais eficiente que as tradicionais aplicações com volumes de 200 a 300 L ha⁻¹, porém, requer ainda mais atenção por parte dos usuários, em relação às condições ambientais no momento da aplicação (BOLLER, 2008).

O que se observa no campo é que, geralmente, dá-se muita atenção ao produto fitossanitário a ser aplicado e pouca à técnica de aplicação. Entretanto, conhecer a forma de aplicação que proporcione melhor uniformidade de distribuição de calda e tamanho de gotas adequado permite que o produto alcance o alvo de forma eficiente e que perdas sejam minimizadas. A escolha e o uso adequado de modelos de pontas de pulverização constituem passos importantes para a melhoria das condições de precisão e segurança na aplicação dos defensivos. (SABRI, 2020)

Critérios como equipamentos e volume de aplicação são definidos como essenciais quando se trabalha com aplicações aéreas. A seleção apropriada das pontas determina a quantidade aplicada por área, uniformidade de aplicação, cobertura de gotas e o risco potencial de deriva e, conseqüentemente, a precisão e segurança na aplicação dos defensivos agrícolas (Womac et al., 1997)

Dentre as pontas utilizadas em aeronaves se destacam bicos hidráulicos, atomizadores rotativos de discos e sistema eletrostático. A pulverização hidráulica é a mais difundida e embasada tecnicamente para aplicações em diferentes situações. Dentre as pontas em bicos hidráulicos, as mais utilizadas são as formadoras de jato plano, que trabalham com pressões menores, geralmente entre 100 e 400 kPa, utilizam maiores volumes de calda (>100 L) e geram gotas relativamente maiores; no entanto, em geral proporcionam pior cobertura do alvo e menor penetração do jato pulverizado no dossel da planta (Cunha et al., 2004).

Nos bicos tradicionais que operam com pressão hidráulica, a formação de gotas é bastante desuniforme e seu tamanho é extremamente desigual dificultando, muitas vezes, uma aplicação eficiente. Portanto, torna-se necessário avaliar outros equipamentos de aplicação em aeronaves disponíveis no mercado. (BAYER, 2011)

Atomizadores rotativos são pontas que giram a alta velocidade, fracionando o líquido em gotas uniformes, com tamanho de gotas pequeno, entre 100 e 200 µm,

possibilitando trabalhar com baixos volumes de calda situando-se entre 10 e 20 L ha⁻¹; este sistema com uso de atomizadores rotativos é a base da tecnologia conhecida como Sistema BVO (Baixo Volume Oleoso), que trabalha com aplicações de baixos volumes de calda, com adição obrigatória de óleos vegetais ou adjuvantes, que reduzem a evaporação das gotas, permitindo a aplicação de gotas finas com maior eficiência biológica. (BAYER, 2011)

Para a escolha da ponta de pulverização adequada devem ser considerados alguns fatores, como por exemplo a característica do produto que será aplicado, o problema fitossanitário a ser combatido, presença de culturas sensíveis ao produto aplicado em áreas adjacentes e, principalmente, as condições meteorológicas no momento da aplicação. (SABRI, 2020)

Pontas de pulverização com discos rotativos se enquadram dentro da tecnologia Controlled Drop Application (CDA), a qual se caracteriza por aumentar a uniformidade do espectro de gotas, uma vez que elimina gotas muito pequenas, causadoras de deriva e, as muito grandes, que se perdem por escorrimento. (BAYER, 2011)

A aviação agrícola é a opção de muitos produtores em todo o Brasil, principalmente no período de novembro a abril, onde se dá a safra de milho e soja. Uma aeronave agrícola consegue ser até 6 vezes mais rápida que um trator e evita perdas na produção.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Área experimental

O experimento foi realizado dia 06 de junho de 2019, na Fazenda Onça, situada no município de Luziânia - GO, localizada sobre as coordenadas 16°23'26''S e 47°39'58''W.

As condições climáticas no período do experimento foram monitoradas com auxílio de um termohigro-anemômetro digital (Figura 3), sendo verificadas médias de

temperaturas, velocidade do vento e umidade relativa do ar de 18 °C, 8 km h⁻¹ e 79% as 8:00 (início das avaliações) e 22,3 °C, 10,1 km h⁻¹ e 67% as 9:30 (término das avaliações).



Figura 3: Termo-higro-anemômetro.

O milho cultivado na área experimental encontrava-se em estágio de desenvolvimento fenológico 5.1 e altura média de plantas de 2,1 m.

4.2 Delineamento experimental

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, sendo três tratamentos constituídos por taxas de aplicação de 10, 20 e 30 L ha⁻¹ de calda.

Para cada tratamento foi aplicado em uma denominada faixa de aplicação dimensionada com 10 m de largura e 200 m de comprimento, sobre a qual foram distribuídas nove parcelas experimentais para avaliações. O modelo foi adotado visando a mínimo transtorno operacional durante o período de pulverizações da propriedade.

4.3 Aeronave agrícola

O avião agrícola utilizado foi da marca CESSNA, modelo A-188 AG WHEGON (Figura 4A). O voo de aplicação foi realizado na velocidade média de 190 km h⁻¹ e a 7 metros de altura da cultura.

As barras de pulverização da aeronave foram equipadas com oito atomizadores da marca Travicar, modelo D14 (Figura 4B), espaçados em 1,13 m, regulados com pressão de 2 bar e ângulo de aplicação de 40°.

A calda de pulverização utilizada no *hopper* da aeronave foi formulada com água + adjuvante Ochima na dosagem de 0,25 L ha⁻¹ + óleo mineral Agefix na dosagem de 0,5 L ha⁻¹. Não foi usado nenhum tipo de fungicida.



Figura 4: Avião agrícola Cessna A188 AG Whigon (A), atomizador de pulverização (B).

4.4 Coleta das gotas

As gotas de pulverização foram coletadas utilizando papel hidrosensível da marca Syngenta, SYN7626, com dimensões de 76 mm x 26 mm.

Previamente a pulverização os papeis hidrosensíveis foram fixados em hastes porta-papel (Figura 5), sendo dois papeis por haste, um na altura de 0,5 m do solo (referente ao terço inferior das plantas de milho) e outro a 1,9 m (referente ao terço superior). As hastes com papeis foram distribuídas ao longo da faixa de aplicação, posicionadas entre plantas de milho na linha de semeadura, sendo nove hastes por tratamento.



Figura 5: Haste utilizada para avaliação do espectro de gotas

Após a pulverização dos tratamentos os papeis hidrosensíveis foram devidamente coletados e submetidos ao equipamento portátil de escaneamento e análise de imagens de espectro de gotas DroScan®.

4.5 Variáveis avaliadas

As variáveis avaliadas pelo DropScan® foram: diâmetro mediano volumétrico de gotas (DMV) em μm , amplitude relativa (AR ou índice SPAN), densidade de gotas sobre o alvo (gotas cm^{-2}) e porcentagem de cobertura do alvo.

4.6 Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos ao teste de normalidade e as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro ($P \leq 0,05$).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de cobertura do alvo pelas gotas de pulverização no terço inferior e superior das plantas de milho nas diferentes taxas de aplicação estudadas, são apresentados na Figura 6.

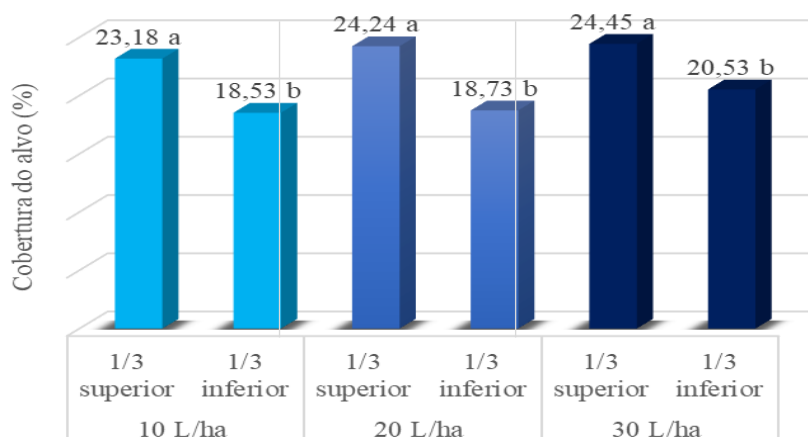


Figura 6. Cobertura do alvo por gotas de pulverização no terço superior e inferior de plantas de milho em diferentes taxas de aplicação com avião agrícola.

Os resultados indicaram que a cobertura do alvo diferiu entre terço superior e inferior das plantas nas três taxas de aplicação estudada (10, 20 e 30 L ha⁻¹), sendo predominantemente maior no terço superior.

Os resultados estão de acordo com os encontrados por Cunha et al. (2010), que identificaram maior porcentagem de cobertura de gotas no topo das plantas de milho, em relação ao terço inferior, nas aplicações terrestres e aérea, deve se levar em consideração o efeito guarda-chuva, proporcionado pelas folhas dos terços superior e médio. Na taxa de 10, 20 e 30 L ha⁻¹ a cobertura do alvo foi respectivamente 20%, 22,7% e 16% maior no terço superior.

As variáveis analisadas não apresentaram diferença significativa 5% entre as aplicações no terço superior.

Os resultados de cobertura do alvo no terço superior das plantas de milho e no terço inferior em função das taxas de aplicação, são apresentados na Figura 7A e 7B respectivamente.

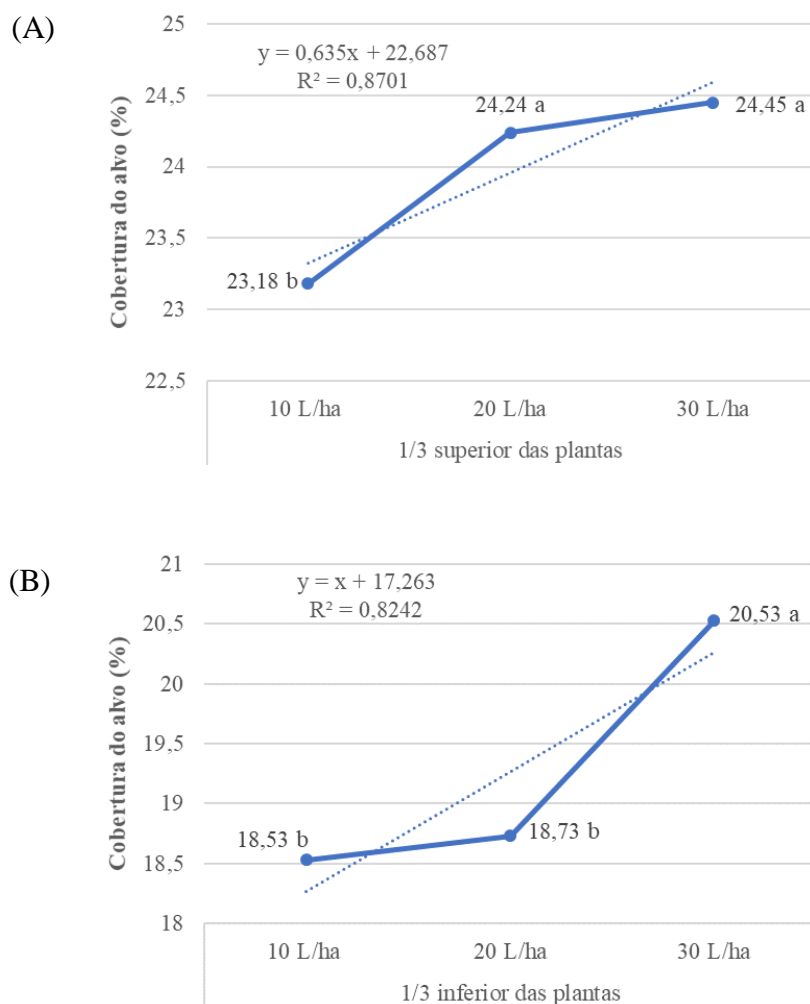


Figura 7. Cobertura do alvo por gotas de pulverização no terço superior (A) e inferior (B) de plantas de milho em função do aumento da taxa de aplicação com avião agrícola.

Os resultados de cobertura do alvo no terço superior das plantas (Figura 7A) indicaram efeito significativo da taxa de aplicação, sendo menor na taxa de 10 L ha^{-1} , cuja cobertura foi de 23,18%. Com a taxa a cobertura foi 4,3% e 5,1% menor que a obtida por 20 L ha^{-1} e 30 L ha^{-1} respectivamente. Entre 20 L ha^{-1} e 30 L ha^{-1} a cobertura do alvo no terço superior das plantas não diferiu.

Os resultados de cobertura do alvo no terço inferior das plantas (Figura 7B) não diferiu entre as taxas de 10 L ha⁻¹ e 20 L ha⁻¹. Diferença significativa foi verificada para taxa de 30 L ha⁻¹, cuja cobertura foi de 20,53%, valor 8,7% e 9,7% maior que o obtido na taxa de 20 e 10 L ha⁻¹ respectivamente.

Em relação à cobertura de gotas nos diferentes terços da planta de milho, foi identificado que na posição superior do dossel da cultura do milho ocorreu maior porcentagem de cobertura, e no terço inferior, menor cobertura de gotas, o que já era esperado, uma vez que o terço superior encontra-se mais próximo ao ponto de lançamento da gota. Estes resultados também estão de acordo com os encontrados por Schroder (2007), que identificou maior porcentagem de cobertura de gotas no topo das plantas de soja em relação ao terço inferior dessas plantas na aplicação terrestre e aérea. (ARANTES, 2010)

Derksen e Sanderson (1996) avaliaram a influência do volume de calda na deposição foliar de agroquímicos e verificaram que, com o uso de altos volumes, obtêm-se melhor cobertura e menores variações de deposição ao longo do dossel. Os autores argumentam que altos volumes permitem uma redistribuição de produto por meio do escoamento da parte superior para a parte inferior, o que causa maior deposição nas partes inferiores e, com isso, maior uniformidade de deposição. No entanto, essas aplicações apresentam maiores riscos de contaminação do solo, em virtude da possibilidade da não-retenção de produto nas folhas. (ARANTES, 2010)

Os resultados de densidade de gotas no terço superior e inferior das plantas de milho nas diferentes taxas de aplicação, são apresentados na Figura 8.

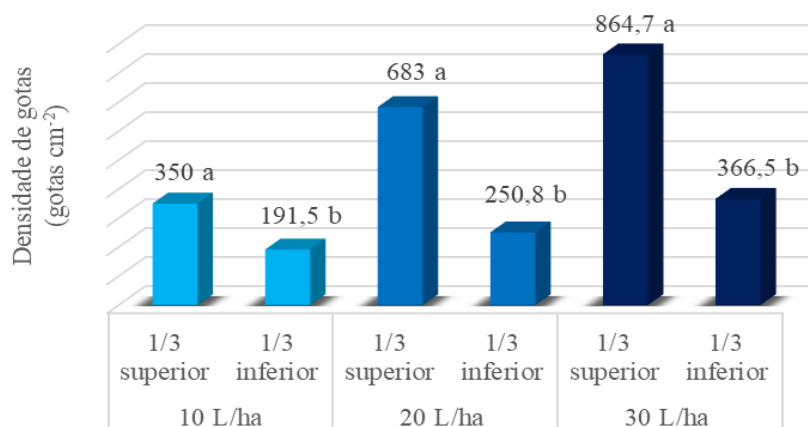


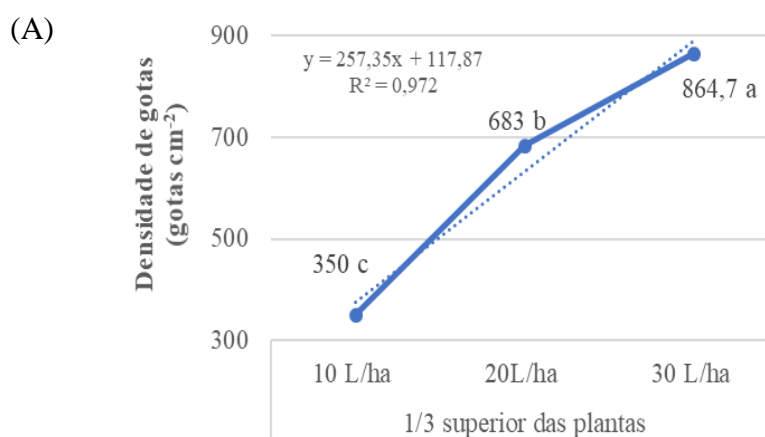
Figura 8. Densidade de gotas de pulverização no terço superior e inferior de plantas de milho em diferentes taxas de aplicação com avião agrícola.

Semelhante ao verificado na Figura 6 os resultados indicaram que independente da taxa de aplicação a densidade de gotas diferiu entre os terços da planta, sendo maior no terço superior. Na taxa de 10, 20 e 30 L ha⁻¹ a cobertura do alvo foi respectivamente 45,2%, 63,2% e 57,6% maior no terço superior.

Após a análise dos dados observou-se que a densidade de gotas cm⁻², para todas as posições determinadas na haste, foi inferior para o efeito do tratamento 10 L ha⁻¹, quando comparado aos demais. Estes (20 e 30 L ha⁻¹) com efeitos não diferentes entre si. (GUIMARÃES, 2013)

Cunha e Carvalho (2005) em pesquisa com o objetivo de avaliar os efeitos da adição de adjuvantes a diferentes volumes de calda (5, 10 e 20 L ha⁻¹) na faixa de distribuição de aplicações aéreas e risco potencial de deriva, concluíram que o maior volume de aplicação possibilitou maior deposição de calda no alvo (papel hidrossensível). Bayer et al. (2011) em trabalho com equipamentos de pulverização aérea com diferentes taxas de aplicação de fungicida na cultura do arroz irrigado, observaram que o uso do atomizador rotativo de disco com taxa de aplicação de 15 L ha⁻¹ teve efeito superior de penetração de gotas no estrato médio e inferior, quando comparado a 6 e 10 L ha⁻¹. (GUIMARÃES, 2013)

Os resultados de densidade de gotas no terço superior das plantas de milho e no terço inferior em função das taxas de aplicação, são apresentados na Figura 9A e 9B respectivamente.



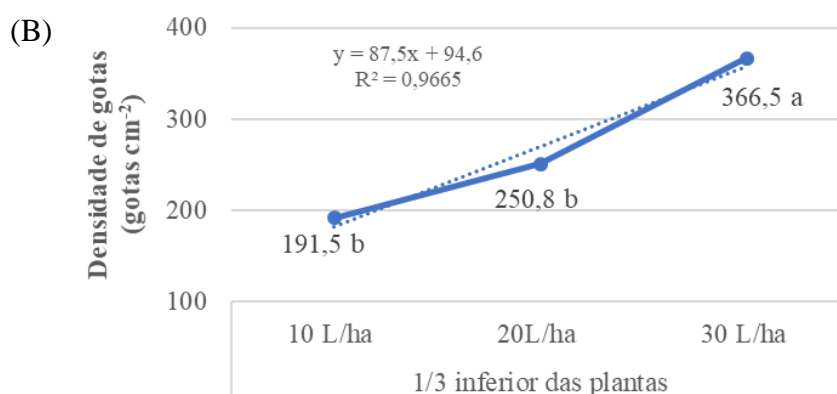


Figura 9: Densidade de gotas de pulverização no terço superior (A) e inferior (B) de plantas de milho em função do aumento da taxa de aplicação com avião agrícola.

Os resultados de densidade de gotas no terço superior das plantas (Figura 9A) indicaram efeito significativo da taxa de aplicação, sendo a cobertura crescente conforme crescente a taxa de aplicação. Na menor na taxa, 10 L ha⁻¹, a densidade de gotas foi menor, 350 gotas cm⁻², aumentando 48,7% quando elevada para 20 L ha⁻¹ e 21% de 20 para 30 L ha⁻¹, taxa cuja densidade de gotas foi a maior, 864,7 gotas cm⁻².

Os resultados de cobertura do alvo no terço inferior das plantas (Figura 9B) não diferiu entre as taxas de 10 L ha⁻¹ e 20 L ha⁻¹. Diferença significativa foi verificada para taxa de 30 L ha⁻¹, cuja densidade de gotas foi de 366,5 gotas cm⁻², densidade 31,5% e 47,7% maior que a obtida na taxa de 20 e 10 L ha⁻¹ respectivamente.

Os resultados confirmam essa relação entre o aumento do volume de calda e a densidade de gotas, o que já havia sido encontrado por SCHRÖDER (1996), quando observou que aplicações com maiores volumes de calda resultaram em maior densidade de gotas. Observa-se que equipamentos que geram gotas mais heterogêneas e taxas de aplicação maiores são responsáveis pela maior quantidade de gotas no estrato superior. Esses resultados confirmam os de OZEKI (2006), que demonstram que, nas aplicações com volumes maiores, as gotas resultantes da pulverização tendem a se estabelecer na parte superior das plantas de soja. (Silva, 2012)

Resultado semelhante foi encontrado por WOLF (2004), quando comparou a cobertura do alvo, proporcionada pela aplicação aérea com volumes de pulverização de 9 e 29 L.ha⁻¹ e também encontrou maior cobertura com o maior volume de aplicação. (Silva, 2012)

Na Figura 10 são apresentados os resultados de Diâmetro Mediano Volumétrico de gotas (DMV) em função da taxa de aplicação com avião agrícola.

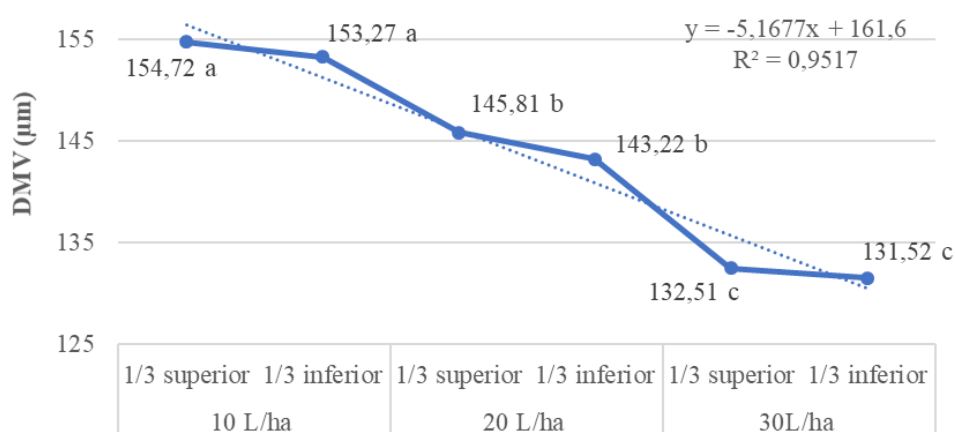


Figura 10: Diâmetro mediano volumétrico de gotas (DMV) no terço superior e inferior de plantas de milho em função da taxa de aplicação com avião agrícola.

O DMV entre terço superior e inferior das plantas não diferiu em nenhuma taxa de aplicação estudada, contudo, entre as taxas o DMV diferiu, apresentado tendência decrescente em função do aumento da taxa de aplicação. O DMV médio a 10 L ha⁻¹, 153,99 µm, foi 6,1% e 14,2% maior que o DMV médio a 20 L ha⁻¹ e 30 L ha⁻¹ respectivamente. Maior DMV na menor taxa de aplicação ocorre devido a regulagem do sistema de pulverização da aeronave com menor pressão, resultando, inclusive, a pulverização de menor número de gotas (produção de gotas) e menor densidade de gotas no alvo, conforme indica resultados das Figuras 9A e 9B. Necessariamente para aumentar a taxa de aplicação a pressão de regulagem do sistema é aumentada, aumentando a produção de gotas, reduzindo o DMV das gotas e a densidade delas no alvo.

A discussão corrobora com Canova (2015), que descreve ser possível a maior cobertura da superfície do alvo pelo menor DMV das gotas pulverizadas.

Diversos trabalhos envolvendo tecnologia de aplicação demonstram que, quanto menor o DMV de gotas pulverizadas maior será a penetração no interior da cultura e, conseqüentemente, maior será a cobertura da superfície do alvo, expressas pelo número de gotas por cm². (COSTA, 2009; LENZ, 2010)

Este resultado está de acordo com os encontrados por Cunha et Al (2010), que obteve maiores valores de DMV no terço superior, com declínio para os terços médio e inferior.

6. CONCLUSÃO

Para as condições de realização do trabalho conclui-se que:

- A cobertura do alvo é maior no terço superior das plantas de milho, independente da taxa de aplicação 10, 20 ou 30 L ha⁻¹.
- No terço superior das plantas de milho a cobertura do alvo é menor com taxa de 10 L ha⁻¹. No terço inferior a cobertura do alvo é menor com taxas de 10 e 20 L ha⁻¹.
- A densidade de gotas sobre o alvo é maior no terço superior das plantas de milho, independente da taxa de aplicação 10, 20 ou 30 L ha⁻¹.
- No terço superior das plantas de milho a densidade de gotas sobre o alvo é menor com taxa de 10 L ha⁻¹. No terço inferior a densidade é menor com taxas de 10 e 20 L ha⁻¹.
- O DMV das gotas de pulverização é reduzido pelo aumento da taxa de aplicação e não difere entre terço superior e inferior das plantas de milho.
- Independente da taxa de aplicação 10, 20 ou 30 L ha⁻¹, o índice SPAN não difere entre terço superior e inferior das plantas de milho.

REFERÊNCIAS

AEGRO. **Principais pragas de milho.** Disponível em: <<https://blog.aegro.com.br/principais-pragas-do-milho/>>. Acesso em: 23 de mar. de 2020

AEGRO. **Principais doenças do milho: Como combater e se preparar na pré safra.** Disponível em: <<https://blog.aegro.com.br/principais-doencas-do-milho/>>. Acesso em: 23 de mar. de 2020

ANTUNIASSI, U.R.; BOLLER, W. **Tecnologia de aplicação de fungicidas.** In: ANTUNIASSI, U.R.; BOLLER, W. **Tecnologia de aplicação para culturas anuais.** Passo Fundo: Aldeia Norte; Botucatu: FEPAF, 2011. p. 221-229.

BOLLER, W. et al. **Tecnologia de aplicação de fungicidas** - parte II. Revisão Anual de Patologia de Plantas, v. 16, p. 85-132, 2008.

BOLLER, W; FORCELINI, C. A; HOFFMANN, L. L. **Tecnologia de aplicação de fungicidas** – parte I. Revisão Anual de Patologia de plantas - RAPP. v. 15, 2007. p. 243-276.

BRAGA, Romayana Menezes. **A agricultura e a pecuária na história de Roraima: Agropecuária em Roraima.** 2016

BRITO, G. R. **Desempenho operacional na semeadura de milho com diferentes mecanismos sulcadores.** Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 34 páginas, 2019. Monografia.

CANOVA, Eduardo. **Tecnologia de aplicação de fungicidas no patossistema *Triticum aestivum* – *Puccinia triticina*.** Educado Canova, 103 f., 2015.

CUNHA, J. P. A. R.; TEIXEIRA M. M.; VIEIRA, R. F.; FERNANDES, H. C.; COURY, J. R.. **Espectro de gotas de bicos de pulverização hidráulicos de jato plano e de jato cônico vazio.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.39, p.977-985, 2004.

CUNHA, J. P. A. R. et al. **Deposição e deriva de calda fungicida aplicada em feijoeiro, em função de bico de pulverização e de volume de calda.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 9, n. 1, p. 133-138, jan./mar. 2005.

CUNHA, J. P. A. R. **Pesticide drift simulation under different application methods.** Revista Ciência Agronômica, v. 39, n. 04, p. 487-493, 2008.

CUNHA, J. P. A. R.; REIS, E. F.; SANTOS, R. O. **Controle químico da ferrugem asiática da soja em função de ponta de pulverização e volume de calda.** Ciência Rural, v. 36, n. 05, p. 1360-1366, 2006.

CUNHA, J. P. A. R.; TEIXEIRA, M. M.; VIEIRA, R. F. **Avaliação de pontas de pulverização hidráulicas na aplicação de fungicida em feijoeiro.** Ciência Rural, v. 35, n. 05, p. 1069-1074, 2005.

CUNHA, João Paulo Arantes Rodrigues; SILVA, Leandro Luiz; BOLLER, Walter; RODRIGUES, Jaqueline Fátima. **Aplicação aérea e terrestre de fungicida para o controle de doenças do milho.** 2010

DUARTE, R. P.; JULIATTI, F. C.; FREITAS, P. T. **Eficácia de diferentes fungicidas na cultura do milho.** Bioscience Journal, Uberlândia, v. 25, n. 4, p. 101- 111, 2009.

EMBRAPA; COSTA, Rodrigo Vêras; SILVA, Dagma Dionísia; COTA, Luciano Viana. **Efeito Protetor de Fungicidas no Controle da Ferrugem Polissora (Puccinia polysora) do Milho.** 2013

EMBRAPA; PINTO, Nicésio Filadelfo Janssen De Almeida; ANGELIS, Bruno; HABE, Marcelo Hadimu. **Avaliação da eficiência de fungicidas no controle da cercosporiose (Cercospora zaeae-maydis) na cultura do milho.** v.3, 2004.

EMBRAPA. **Sistemas de Produção: Cultivo do milho.** 2 ISSN 1679-012X Versão Eletrônica - 6^a edição Set./2010

GUIMARÃES, Felipe Engroff. **Varição da taxa de aplicação aérea na cultura do milho safrinha**. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2013. Monografia.

MACHADO, T. M.; REYNALDO, E. F. **Avaliação de diferentes semeadoras e mecanismos dosadores de sementes em relação à velocidade de deslocamento**. Energia na Agricultura, v. 32, n. 1, p. 12-16, 2017.

PORTAL SYNGENTA. **Milho: controle as doenças e aumente sua produtividade**. Disponível em: <<https://portalsyngenta.com.br/noticias/milho-controle-as-doencas-e-aumente-sua-productividade>>. Acesso em: 10 de nov. de 2020

REVISTA BRASILEIRA DE ENGENHARIA AGRÍCOLA E AMBIENTAL. **Equipamentos de pulverização aérea e taxas de aplicação de fungicida na cultura do arroz irrigado**. vol.15 no.2. 2011

SABRI – Sabedoria Agrícola. **Deriva Cultivar**. Disponível em: <<https://sabri.com.br/material/quais-os-cuidados-para-diminuir-a-deriva-da-aplicacao-de-defensivos-agricolas/>>. Acesso em: 10 de nov. de 2020

SABRI – Sabedoria Agrícola. **Quais os cuidados para diminuir a deriva da aplicação de defensivos agrícolas**. Disponível em: <<https://sabri.com.br/content/material/quais-os-cuidados-para-diminuir-a-deriva-da-aplicacao-de-defensivos-agricolas/>>. Acesso em 10 de nov. de 2020

SCHRÖDER, E. P. **Avaliação de deriva e deposição de pulverizações aero agrícolas na região sul do Rio Grande do Sul**. 1996. 68 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 1996.

SILVA, M. P. L. **Avaliação comparativa dos danos mecânicos às plantas por dois sistemas de aplicação de agrotóxicos líquidos**. In: Congresso Brasileiro De Engenharia Agrícola, 33., 2004. São Pedro: SBEA, 2004. 1 CD-ROM.

SILVA, Tânia Maria Bayer. **Tecnologia de aplicação aérea de fungicidas na cultura do arroz irrigado**. Pelotas, 2012.

WOMAC, A. R.; GOODWIN, J. C.; HART, W. E. **Comprehensive evaluation of droplet spectra from drift reduction nozzles**. St. Joseph: ASAE, 47p, 1997.