

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
CURSO DE AGRONOMIA

Eduardo Schabatoski

Pulverização eletrostática na cultura do trigo (*Triticum aestivum* L.) utilizando água como veículo.

Curitibanos
2019

Eduardo Schabatoski

Pulverização eletrostática na cultura do trigo (*Triticum aestivum L.*) utilizando água como veículo.

Trabalho Conclusão do Curso de Graduação em Agronomia do Centro de Curitibanos da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do Título de Bacharel em Agronomia.
Orientador: Prof. Dr. Neilor Bugoni Riquetti.

Curitibanos
2019

Schabatoski, Eduardo
Pulverização eletrostática na cultura do trigo
(Triticum aestivum L.) utilizando água como veículo.
/ Eduardo Schabatoski ; orientador, Neilor Bugoni
Riquetti, 2019.
33 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Campus
Curitibanos, Graduação em Agronomia, Curitibanos,
2019.

Inclui referências.

1. Agronomia. I. Bugoni Riquetti, Neilor. II.
Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em
Agronomia. III. Título.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

Coordenação do Curso de Graduação em Agronomia

Rodovia Ulysses Gaboardi km3

CP: 101 CEP: 89520-000 - Curitibanos - SC

TELEFONE (048) 3721-2176 E-mail: agronomia.cbs@contato.ufsc.br.

EDUARDO SCHABATOSKI

Pulverização eletrostática na cultura do trigo (*Triticum aestivum* L.) utilizando água como veículo.

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de Engenheiro Agrônomo, e aprovado em sua forma final pelo Curso de Graduação em Agronomia.

Curitibanos, 18 de NOVENBRO de 2019.

Prof. Dr. João Batista Tolentino Júnior

Subcoordenador do Curso de Agronomia

UFSC/CCR - Curitibanos

Portaria nº 1484/2018/GR

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Neilor Bugoni Riquetti

Orientador

Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Dr. Samuel Luiz Fioreze

Membro da banca examinadora

Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Dra. Naiara Guerra

Membro da banca examinadora

Universidade Federal de Santa Catarina

Dedicado esse trabalho a minha avó Nair de Jesus Schabatoski (in memoriam), que não pôde estar ao meu lado neste momento tão importante, mas que sempre me incentivou e apoiou nos estudos, sendo uma mãe para mim.

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer primeiramente a Deus por ter me dado saúde e força para concluir mais uma etapa da minha vida.

Ao meu avô e queridos pais que sempre me apoiaram e custearam ao longo desses anos. Um agradecimento especial a minha namorada por estar junto comigo nessa caminhada acadêmica, sempre me dando muito apoio e incentivo.

Agradecimento especial ao meu amigo Prof. Dr. Neilor Bugoni Riquetti, que teve papel fundamental na realização desse TCC. Agradeço a paciência, os ensinamentos e cada minuto seu dedicado à orientação desse projeto.

Agradecimento também a todos os meus professores da faculdade, que foram essenciais na minha trajetória acadêmica.

E um agradecimento e forte abraço a todos os meus amigos, que quando não estávamos juntos estudando e fazendo trabalho estávamos reunidos em momentos de lazer.

Agradecimento a empresa Bell's Indústria Eletrônica Ltda de Timbó SC, a qual disponibilizou o equipamento utilizado no trabalho.

RESUMO

A cultura do trigo é de grande importância, pois serve como base para a produção de vários alimentos para a população. Na cultura do trigo, a utilização de agrotóxicos é fundamental para o sucesso da atividade, pois realiza o controle de pragas, doenças e plantas daninhas que podem comprometer a produtividade. A aplicação terrestre de agrotóxicos utiliza, em sua maioria, a água como veículo, sendo, portanto, utilizados bicos hidráulicos na aplicação. As pontas utilizadas geralmente produzem um espectro de gotas desde muito finas até gotas muito grossas. Gotas muito grossas causam perdas por escorrimento, reduzindo eficiência do produto e aumentando a contaminação ambiental. Gotas muito finas, apesar de garantir maior cobertura do alvo, podem ser transportadas com facilidade pelo vento para outras áreas, causando prejuízos econômicos e ambientais. Com o objetivo de reduzir as perdas na aplicação de agrotóxicos com gotas finas, foi desenvolvida a pulverização eletrostática, na qual gotas carregadas eletricamente apresentam uma atração com o alvo, melhorando a deposição da calda. Assim, o objetivo deste trabalho foi comparar a aplicação eletrostática com a aplicação convencional. Para tal, foi utilizado um pulverizador costal eletrostático, com o qual é possível realizar ambas aplicações. As avaliações foram realizadas através de papéis hidrossensíveis afixados no terço superior, médio e no solo, esse último com objetivo de avaliar as perdas. A análise da aplicação foi realizada através da leitura das gotas nos papéis hidrossensíveis pelo software Gotas, desenvolvido pela Embrapa. No experimento foi avaliado o número de gotas, densidade de gotas, D_{V01} (diâmetro qual 10% do volume foi pulverizado com gotas menores ou igual); D_{V05} (diâmetro qual 50% do volume foi pulverizado com gotas menores e 50 % com maiores) e D_{V09} (diâmetro qual 90% do volume foi pulverizado com gotas menores ou igual). Os resultados obtidos mostram que houve interação entre os sistemas de aplicação e as posições avaliadas, sendo que a aplicação eletrostática proporcionou maior número de gotas e densidade de gotas no terço médio da planta, além de reduzir as perdas quando comparada a aplicação convencional, no terço superior da cultura não se mostrou diferente, com isso se o alvo a ser controlado estiver na parte superior a aplicação convencional e eletrostática irão fazer o controle igual.

Palavras-chave: Tecnologia de aplicação. Cobertura do alvo. Perdas na pulverização.

ABSTRACT

Wheat crop is of great importance, as it serves as the basis for the production of various foods for the population. In wheat crop, the use of pesticides is fundamental to the success of the activity because it controls pests, diseases and weeds that can compromise productivity. Land application of pesticides uses, mostly, water as a vehicle, being, therefore. The commonly used tips, produce a spectrum of droplets from very thin to very thick drops. Very thin drops cause runoff losses, reducing product efficiency and increasing environmental contamination. Very thin drops can be easily carried by the wind to other areas, causing economic and environmental damage. In order to reduce losses in the application of fine drop pesticides, it was developed for electrostatic spraying, in which electrically charged droplets have a target attraction, improving spray deposition. Thus, the aim of this paper was to compare an electrostatic application with a conventional application. For this, a costal electrostatic spray was used, with which it is possible to perform both applications. The evaluations were performed through water sensitive papers affixed to the upper third, middle and soil, the latter with the objective of evaluating the losses. Application analysis was performed by reading the drops on water-sensitive papers by the Gotas software developed by Embrapa. In the experiment the number of drops, droplet density, D_{V01} (diameter at which 10% of the volume was sprayed with drops less than or equal), D_{V05} (diameter at which 50% of the volume was sprayed with smaller drops and 50% with larger) and D_{V09} (diameter which 90% of the volume was sprayed with drops less than or equal). The results show that the electrostatic application did not present significant difference compared to the conventional application, however there was interaction between the application systems and the positions evaluated, the electrostatic spraying provided the largest number of drops and the density of droplets at the medium level of the plant, as well as the losses were higher in the conventional application.

Keywords: Application technology. Target coverage. Losses on spraying.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Equipamento utilizado no experimento o Pulverizador Costal Eletrostático desenvolvido pela parceria entre Embrapa Meio Ambiente e Bell's Industria. Curitiba, SC, 2019. 19
- Figura 2 - Software Gotas desenvolvido pela EMBRAPA utilizado na análise das gotas contidas no papel hidrossensível . Curitiba, SC, 2019. 21
- Figura 3 - Cultura do trigo onde a cultivar utilizada foi a TBIO Toruk possuindo uma altura média de 80 cm por planta. Curitiba, SC, 2019 22
- Figura 4 - Barreira física criada contra interferências do vento. Curitiba, SC, 2019. 22
- Figura 5 - Fixação papéis hidrossensível no terço superior (S) e médio (M) da planta; e na superfície do solo (I). Curitiba, SC, 2019. 23

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resumo da análise de variância ANAVA (Valores probabilidade do teste F) de número de gotas, densidade de gotas cm^{-2} , D_{V01} , D_{V05} , D_{V09} . Curitiba, SC, 2019.	25
Tabela 2- Interação entre as tecnologias e as posições do alvo para o número de gotas (total de gotas na área do papel hidrossensível). Curitiba, SC, 2019.	26
Tabela 3 - Interação entre as tecnologias e as posições do alvo para densidade de gotas (número de gotas cm^{-2}). Curitiba, SC, 2019.	27
Tabela 4 - Interação entre as tecnologias e posições do alvo para os fatores de D_{V01} , D_{V05} e D_{V09} que representam a porcentagem de diâmetro (μm) qual o volume foi pulverizado. Curitiba, SC, 2019.	29

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	JUSTIFICATIVA.....	12
1.2	OBJETIVOS	12
1.1.1	Objetivo Geral	12
1.2.1	Objetivos Específicos.....	12
2	REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1	CULTURA DO TRIGO.....	14
2.2	TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO	15
2.3	PERDAS NA APLICAÇÃO	16
2.4	APLICAÇÃO ELETROSTÁTICA	17
3	MATERIAL E MÉTODOS	19
3.1	INSTALAÇÕES	19
3.2	EQUIPAMENTO UTILIZADO	19
3.3	AVALIAÇÃO.....	20
3.4	CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO.....	21
3.5	ANÁLISE ESTATÍSTICA	24
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	25
5	CONCLUSÃO.....	30
	REFERÊNCIAS.....	31

1 INTRODUÇÃO

O trigo (*Triticum aestivum L.*), é um dos cereais de maior produção mundial. Segundo dados da CONAB (2019), a produtividade nacional do trigo na safra 2018 chegou a 5.427,6 milhões de toneladas, área cultivada de 2.042,4 milhões de hectares, tendo em média 2.657 kg ha⁻¹. União Europeia, China, Índia, Rússia e Estados Unidos são os maiores produtores mundiais de trigo, onde juntos somam 67% do trigo produzido no mundo, sendo que o Brasil contribui apenas com 0,8% no total da produção mundial. Com o objetivo de aumentar produção e qualidade de grão a cultura traz grandes desafios, destacando-se entre eles o controle de pragas, doenças e plantas daninhas.

Os agrotóxicos nos dias atuais são as principais formas de realizar o controle fitossanitário, com isso, dá-se muita atenção ao agrotóxico utilizado e pouca atenção a tecnologia de aplicação adotada (CUNHA; TEIXEIRA; VIEIRA, 2005). Nesse sentido, os métodos de aplicação de agrotóxicos empregados, revelam-se extremantes desperdiçadores e pouco adequado ao conceito de sustentabilidade (CHAIN, 2006).

A pulverização utilizada no controle fitossanitário da cultura caracteriza-se por desperdício considerável de energia, uso inadequado de agrotóxica e significativa contaminação ambiental. Portanto, dar ênfase a tecnologia de aplicação é de grande importância para se reduzir perda e impacto ambiental causado por aplicação incorreta de produto na lavoura (CHAIM *et al.*, 2002).

Visando reduzir o desperdício causado na aplicação, ajustar o tamanho de gota é um fator fundamental. Quando se utilizam gotas finas (<100µm) é possível obter maior cobertura superficial e melhorar a uniformidade de distribuição da calda no alvo, porém essas gotas evaporam rapidamente e são facilmente levadas pelo vento causando perda por deriva e evaporação. Quando se utilizam gotas grossas (>200µm) garantimos um melhor molhamento das plantas, porém gotas com diâmetros grandes favorecem a perda por escorrimento (BAESSO *et al.*, 2014).

Como alternativa para melhorar eficiência de aplicação e reduzir perda, surge a tecnologia da pulverização eletrostática, possibilitando maior atração dessas gotas muito finas (<100µm) que por sua vez são carregadas eletricamente, possibilitando o aumento da cobertura sobre o alvo reduzindo perda por deriva e evaporação (CHAIM; WADT, 2015).

A pulverização eletrostática é semelhante a pulverização convencional, porém são utilizados bicos que produzem gotas muito finas que por sua vez recebem carga elétrica. De

acordo com Chaim e Wadt (2015), gotas carregadas eletricamente seguindo os princípios da lei de Coulomb em distâncias curtas, são atraídas por superfícies de cargas opostas pela força de atração da imagem e seguindo as leis da eletrodinâmica, as gotas vão sair da ponta do pulverizador com cargas iguais não acontecendo atração entre elas, saindo de forma uniforme atingindo totalmente a planta, que por ser um objeto aterrado possui cargas opostas as das gotas, acontecendo a atração.

A pulverização eletrostática possibilita maior cobertura do alvo através da eletrificação das gotas finas, que por sua vez serão atraídas pela planta por estarem carregadas eletricamente, melhorando a qualidade de aplicação e reduzindo perdas.

1.1 JUSTIFICATIVA

O controle químico mostra-se a principal ferramenta no controle de pragas, doenças e plantas daninhas. Porém a aplicação do agrotóxico muitas vezes se torna ineficiente, por serem aplicados de forma incorreta favorecendo as perdas do produto. Nesse sentido adotar alternativas para minimizar os danos e aumentar eficácia dos produtos é de grande importância para agricultura, e a pulverização eletrostática surge com alternativa promissora no ramo da tecnologia de aplicação, possibilitando utilizar gotas muito finas carregadas eletricamente que por sua vez consegue maior cobertura no alvo. Portanto, realizar trabalho com pulverização eletrostática é de grande relevância para solucionar problemas causados em aplicações de agrotóxicos de forma errônea.

1.2 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Comparar a aplicação do pulverizador eletrostático com a aplicação do pulverizador convencional na deposição de gotas na cultura do trigo e avaliar as perdas de gotas para o solo.

1.2.1 Objetivos Específicos

Determinar o número de gotas e a densidade de gotas no terço superior e médio na aplicação eletrostática e na convencional.

Determinar o número de gotas e a densidade de gotas perdidas para o solo na aplicação eletrostática e convencional.

Avaliar Dv_{01} que representa o diâmetro qual 10% do volume foi pulverizado com gotas menores ou igual, Dv_{05} que representa o diâmetro médio volumétrico no qual 50% do volume foi pulverizado com gotas maiores e 50% com gotas menores e o Dv_{09} o qual representa o diâmetro onde 90% das gotas foi pulverizado com gotas menores ou igual. Sendo avaliados esses parâmetros nas folhas do trigo e no solo, utilizando a aplicação eletrostática e convencional.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 CULTURA DO TRIGO

A produção de trigo no Brasil enfrenta vários fatores que dificultam sua produção, sendo o excesso de chuva durante o cultivo e colheita uma das principais dificuldades encontradas pelos produtores no país. Condições climáticas essas favoráveis na ocorrência e aumento da incidência de doenças na cultura (PETRY, 2013).

As doenças fúngicas se manifestam em todas as partes da planta como por exemplo aquelas que acometem o sistema radicular, sendo o Mal-do-pé (*Gaeumannomyces graminis*) e Podridões Radiculares (*Fusarium spp.* e *Bipolaris sorokiniana*). Doenças da parte aérea como as Manchas Foliares (*Pyrenophora tritici-repentis*, *Bipolaris sorokiniana*, *Septoria tritici* e *Stagonospora nodorum*), Oídio (*Blumeria graminis f. sp. tritici*) e Ferrugens (*Puccinia triticina*, *P. striiformis* e *P. graminis*), além das doenças de espiga como Giberela (*Gibberella zeae* e *Fusarium graminearume*) e Brusone (*Pyricularia oryzae*), sendo essas as principais doenças que trazem grandes prejuízos para a cultura (LAU et al., 2011).

Nas espigas a doença Brusone é conhecida por branqueamento da metade das espigas do trigo, a descoloração é evidente na porção superior da espiga, acima do ponto de infecção do patógeno na ráquis onde o agente causal da doença é o fungo *Pyricularia grisea* (LIMA; MACIEL, 2010). A Giberela é outra doença importante que traz grandes danos a espiga, nos estados do sul do Brasil são verificadas ocorrências da Giberela na produção de trigo, considerando o clima úmido no período da floração como fator determinante à ocorrência de epidemias, mais frequentes e com mais intensidade em zonas com menor altitude (ROSA, 2003).

No caso de manchas foliares o controle integrado envolve principalmente o uso de cultivares moderadamente resistente, implantação de sementes saudáveis, tratamento de sementes com fungicidas específicos e a pulverização de fungicidas nas folhas. (REIS; CASA, 2007). A mancha foliar ou mancha marrom é citado como uma doença danosa para a cultura do trigo, sendo atribuídas perdas de 20 a 80% no rendimento do cereal. O ataque do agente causal é completo e atingem todas as partes da planta, dês da base até às espigas, tendo como local de disseminação restos culturais plantas hospedeiras e sementes, sendo que a planta adulta fica mais vulnerável à infecção pelo patógeno a partir do estágio de inflorescência (BARROS et al., 2006).

Especificamente para Oídio e Ferrugem da folha utilizam cultivares resistentes, no entanto, a resistência tem sido quebrada com o surgimento de novas raças do fungo. Nestes casos o controle químico pela aplicação de fungicidas tem sido a forma de controle mais utilizada e disseminada no controle fitossanitário (CASA et al., 2002).

O controle químico das doenças que atacam a cultura do trigo é uma das medidas mais rápidas e eficientes, de modo a garantir sanidade da cultura alta produtividade e qualidade de produção (REIS et al, 2010). Entretanto, Zambolim et al. (2008), apontam que a aplicação de defensivos agrícolas sem nenhum critério técnico e aplicados de maneira incorreta, provoca aumento nos custo de produção além da contaminação do agroecossistema.

2.2 TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO

A tecnologia de aplicação consiste da pulverização de uma calda com produto químico utilizando um equipamento adequado, de maneira que o controle do alvo seja realizado com eficiência, segurança e economia (SANTOS, 2002). O sucesso da aplicação e o resultado do controle tem ligação direta com os fatores de seleção das pontas, parâmetros operacionais, ajuste no volume de calda e condições ambientais favoráveis, além de considerar as recomendações agrônômicas para cada produto (agrotóxico) utilizado (ANTUNIASSI; BAIIO, 2004).

A eficácia dos produtos no controle de pragas, doenças e plantas daninhas, depende muito do sucesso na aplicação. O produto deve chegar até o alvo que se deseja controlar exercendo sua ação. Qualquer quantidade de produto químico que não atinge o alvo será considerada como perda. Reduzindo eficiência, elevando os custos de produção, contaminado o meio ambiente, reduzindo o controle do alvo e aumentando volume de calda e ingrediente ativo (CONCEIÇÃO; SANTIAGO, 2003).

A definição de parâmetros como tamanho de gotas utilizado e volume, depende diretamente da relação entre o alvo e defensivo. Utilizar gotas grandes visando reduzir perdas por deriva e evaporação, pode ser prejudicial para eficiência do tratamento, pois essas gotas proporcionam menor cobertura quando comparadas às gotas finas (ANTUNIASSI; BAIIO, 2004).

Para produtos sistêmicos pode se utilizar gotas grossas e menores volumes de aplicação, pois a cobertura não precisa ser tão elevada apenas ocorrer a deposição das gotas no alvo. Para produtos de contato o ideal seria utilizar gotas finas, pois esses tipos de produto necessitam de uma maior cobertura do alvo, o que é proporcionado quando se utiliza gotas de

diâmetros menores (gotas finas), melhorando a cobertura do alvo resultando em eficiência na aplicação (ANTUNIASSI; BAIIO, 2004). Sendo assim, os conhecimentos básicos e utilização adequada de tecnologia de aplicação, permitem que o produto seja depositado uniformemente no alvo favorecendo eficiência no tratamento. Sendo fundamental estudar métodos de aplicação que melhore o manejo fitossanitário, otimizando técnicas de controle e favorecendo a viabilidade econômica (TAVARES, 2015).

Visando melhorar a qualidade de aplicação, reduzir perdas e custos de produção, algumas tecnologias vêm sendo pesquisadas e incorporadas a pulverização. Dentre elas, a pulverização eletrostática vem se destacando e ganhando importância, aonde empresas vêm desenvolvendo pulverizadores e adaptações em pulverizadores agrícolas para utilizar gotas eletrificadas na aplicação (AMAP, 2016).

2.3 PERDAS NA APLICAÇÃO

A aplicação de defensivos agrícolas nas lavouras, com o auxílio do pulverizador, é de fundamental importância no controle de pragas e doenças (SILVA; CAROLINO; GIMENEZ, 2015). Segundo Maciel (2016), a qualidade de aplicação vai definir o sucesso na produção agrícola em larga escala, sendo que a aplicação incorreta de agrotóxicos gera prejuízos sociais, econômicos e ambientais. As condições meteorológicas adversas são as que geram perdas elevadas durante a aplicação, seja por deriva e/ou evaporação das gotas.

As perdas causadas por deriva ocorrem quando as gotas são levadas pelo vento, isso ocorre principalmente quando se utiliza gotas menores que 200 micrômetros (MACIEL, 2016). Por isso devem-se ter cuidados com fatores climáticos, nesse caso específicos o vento que durante processo de aplicação dos defensivos agrícolas, está diretamente ligado à contaminação de culturas vizinhas e do aplicador. Além de causar prejuízos econômicos ao agricultor, pois boa parte do produto aplicado não atinge o alvo desejado reduzindo eficiência da aplicação e elevando os custos de produção (RAMOS, 2001).

Perda por evaporação está diretamente ligada à temperatura e umidade relativa do ar, onde temperatura mais elevada e umidade relativa baixa reduzem a eficiência do produto por ele ser evaporado e perdido para a atmosfera, ocasionando danos consideráveis para o meio ambiente. Existem alguns agrotóxicos que necessitam de um tempo mais longo de contato com o alvo para exercer seu efeito, ficando mais tempo expostos a influências climáticas (temperatura e umidade relativa do ar), favorecendo a evaporação do produto e reduzindo o seu efeito (SANTOS, 2002).

Existem trabalhos na literatura que contabilizam perdas significativas em diferentes culturas e utilizando diferentes equipamentos de pulverização, sendo assim, na pulverização aérea foram verificadas perdas de até 50% do volume da calda aplicado. O uso de pulverizador convencional em culturas de porte rasteiro como o feijão e o tomate, as perdas podem variar de 48% a 88%. Na cultura da videira dependendo do equipamento de pulverização que é utilizando, as perdas para o solo podem variar entre 34,5% a 48,9%. Pulverizações de defensivos agrícolas com jato transportado por ar que é realizado geralmente no cultivo da maçã, as perdas por deriva ficaram entre 23% a 45%, já as perdas para o solo podem variar de 2% a 39% da dose total aplicado (PESSOA; CHAIM, 1999; CHAIM, 1999a; CHAIM; PESSOA; FERRACINI, 2004).

2.4 APLICAÇÃO ELETROSTÁTICA

Durante a década de 80 pesquisas sobre gotas eletrificadas intensificaram-se, principalmente depois que Coffee em 1981 desenvolveu o pulverizador *Electrodyn*. No Brasil Chain (1984) desenvolveu um protótipo de pulverizador eletrohidrodinâmico, e até hoje esse pesquisador brasileiro vem desenvolvendo trabalho com a aplicação eletrostática (TAVARES, 2015).

A pulverização eletrostática é um sistema onde as gotas são carregadas eletricamente com cargas positivas ou negativas, que através dos princípios das leis da eletrostática se cria um campo elétrico, fazendo com que a gota não mude sua trajetória entre o pulverizador e o alvo através da atração das gotas pela planta. Obtendo assim uma aplicação direcionada, reduzindo perdas para o ambiente e volume de calda (SASAKI *et al.*, 2015).

Para entender o funcionamento da eletrostática é preciso compreender as duas Leis da eletrostática. Segundo Chain e Wadt (2015), a primeira lei diz que cargas opostas se atraem e semelhantes repelem, sendo assim as gotas vão sair do pulverizador com sinais semelhantes não acontecendo atração dessas gotas antes de chegarem no alvo. A segunda lei explica que carga de um corpo ou nuvem de partículas carregadas induzirá uma carga elétrica igual e oposta em algum outro corpo condutor aterrado próximo. Nesse caso, será formando linhas de fluxo semelhantes as linhas do polo de um ímã, sendo que em distâncias curtas, uma gota eletricamente carregada será atraída por alguma superfície seguindo um princípio denominado "força de atração da imagem".

Com isso, vários artigos publicados sobre o emprego de gotas com carga eletrostática na aplicação de defensivos agrícolas, confirmam que é possível reduzir mais de 50% dos

ingredientes ativos recomendados nas aplicações, sem reduzir a eficácia biológica do produto aplicado (CHAIM; WADT, 2015).

Chaim (1999), afirma em seu trabalho que a utilização de gotas com carga elétrica tem se mostrado promissora, pois quando uma nuvem dessas partículas se aproxima de uma planta, ocorre o fenômeno de indução e a superfície do vegetal adquire cargas elétricas de sinal oposto ao das gotas. A consequência disso faz com que a planta atraia fortemente as gotas promovendo uma melhoria na deposição, inclusive na parte abaxial das folhas. De acordo com Cunha *et al.*, (2008), a cobertura no dossel das culturas geralmente é baixa, principalmente na parte inferior, resultando em controle ineficiente mesmo com aplicação de produtos sistêmicos.

Zheng *et al.*, (2002), afirmam em seu trabalho que a aplicação eletrostática melhora a deposição de gotas na planta, reduzindo volume de calda, custo de produção e danos ao ambiente, melhorando o controle no tratamento quando compara com a aplicação convencional.

De acordo com pesquisadores da Emater – RS, em cereais de inverno a aplicação normalmente tem uma perda de 60% das gotas que saem das pontas, sejam perdas por deriva ou evaporação, o que na aplicação eletrostática isso diminui para 5%, tendo também uma diminuição no volume de calda, onde na aplicação convencional era utilizado de 150 a 200 litros, na aplicação eletrostática fica em torno de 70 a 100 litros.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 INSTALAÇÕES

O experimento foi conduzido em outubro de 2019 na Fazenda Experimental Agropecuária, da Universidade Federal de Santa Catarina na localidade do “Campo da Roça” no km 6 da Rodovia Ulysses Gaboardi, no município de Curitibanos-SC (latitude: 27°16'58" S longitude: 50° 35' 04" W), e altitude média de 987 m. Segundo a classificação de Köppen, a região caracteriza-se pelo tipo climático CFB - temperado (mesotérmico úmido de verão ameno), temperaturas média de 16,5° e precipitação média de 1500 a 1700 mm anuais.

3.2 EQUIPAMENTO UTILIZADO

O equipamento utilizado na realização do trabalho foi um pulverizador eletrostático costal, desenvolvido pela parceria entre Embrapa Meio Ambiente e Bell's Indústria Eletrônica Ltda de Timbó – SC (Figura 1). O pulverizador tem capacidade de armazenamento de 18 litros, equipado com uma bomba elétrica de 35 volts utilizada na pressurização do sistema, produzindo pressão de 70 PSI acionada por uma bateria de 12 volts recarregável com autonomia de trabalho de 4 a 6 horas contínuas.

Figura 1 - Equipamento utilizado no experimento o Pulverizador Costal Eletrostático desenvolvido pela parceria entre Embrapa Meio Ambiente e Bell's Indústria. Curitibanos, SC, 2019.



Fonte: Google imagens (2017).

A ponta utilizada nas aplicações é do tipo cone vazio COAP 900067, que quando aplicada uma pressão de 70 PSI tem a vazão de 0,340 litros por minuto. A eletrificação da calda se dá por uma corrente de 17000 volts produzida por uma bobina a partir da bateria.

A calda no interior do pulverizador passa por um sistema de cano onde ocorre a eletrificação, através de fios contidos dentro desses canos que repassam a corrente de 17000 volts. Sendo assim, o líquido retorna para o reservatório do pulverizador, deixando a calda totalmente eletrificada. O desligamento da eletrificação é feito por um botão na haste do pulverizador, onde o botão número 1 liga a pulverização com eletrificação e o número 2 faz o ligamento da pulverização sem eletrificação. O pulverizador também conta com um sistema de fio terra que é preciso para o funcionamento correto do equipamento, assim como proteção na parte costal do pulverizador para maior segurança do aplicador.

3.3 AVALIAÇÃO

A avaliação foi realizada na cultura do trigo, na fase de enchimento de grãos. A cultivar utilizada foi a TBIO Toruk, a qual possui características de altura média de planta entre 70 e 80 cm, sendo uma cultivar de porte baixo. A cultivar confere ao produtor boa tolerância a Brusone e a germinação na espiga. O espaçamento utilizado na implantação da cultura foi de 17 cm entre linhas, tendo uma densidade de planta de 300.000 planta ha⁻¹.

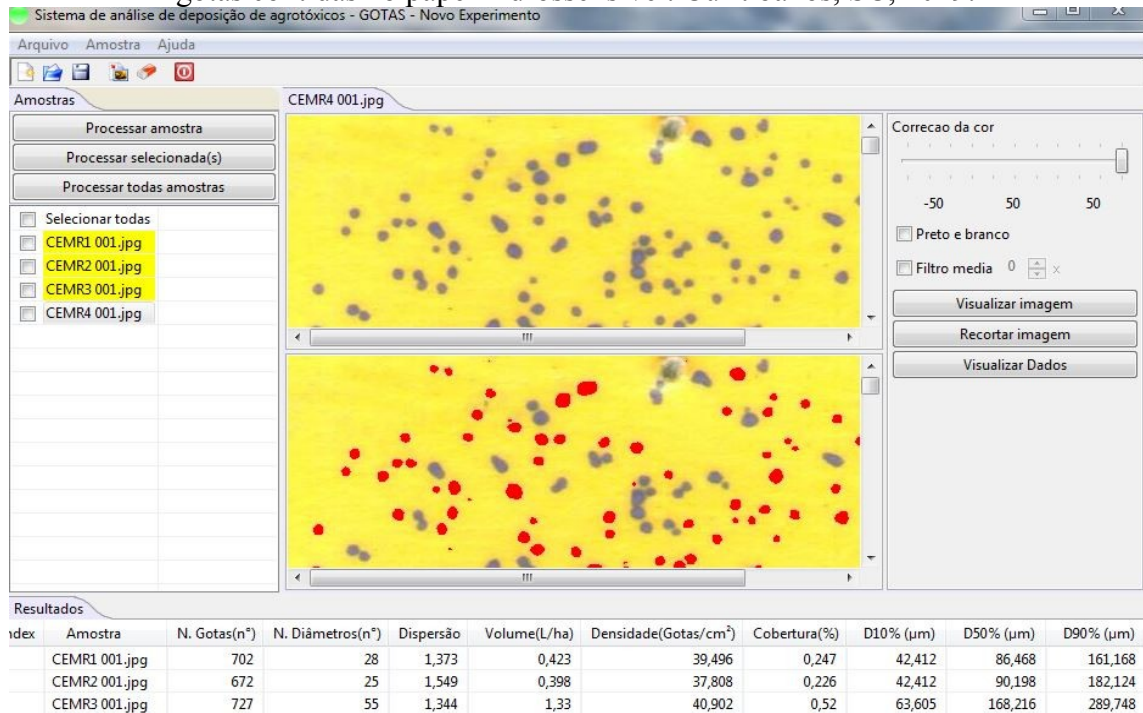
As avaliações foram realizadas na parte adaxial das folhas, sendo avaliada a parte superior e média do dossel da cultura, além de uma avaliação no solo para contabilizar as perdas. A calda utilizada na aplicação possuía apenas água, não contendo nem um tipo de agrotóxico, apenas simulando uma aplicação de fungicida.

A avaliação de deposição de gotas foi realizada com o uso de papel hidrossensível da marca Syngenta com dimensão de 26x76 milímetros. Os papéis hidrossensíveis, conforme explica Baesso *et al.*, (2014), são utilizados há mais de 30 anos na avaliação da deposição de gotas na planta, os papéis possuem a coloração amarela e ficam com a coloração azul quando entra em contato com a água, essa mudança de cor ocorre devido à reação provocada pela ionização do bromofenol.

Os papéis hidrossensíveis são muito utilizados em ensaios a campo para mensurar tamanho de gota e cobertura do alvo com o auxílio de softwares computacionais. Sendo um método de avaliação muito importante nas pesquisas relacionadas a pulverização e tecnologia de aplicação (BAIO *et al.*, 2015).

A análise dos papéis hidrossensíveis foi realizada através do software “Gotas” (Figura 2). Esse software foi desenvolvido pela EMBRAPA, permitindo analisar com precisão as amostras de deposição de gotas nos papéis sensíveis a água, permitindo avaliação quantitativa, qualitativa e espacial de deposição de gotas nos ensaios de aplicação. O software analisa os papéis disponibilizando os resultados de número de gotas, diâmetros de gotas, dispersão, volume $L\ ha^{-1}$, densidade de gotas cm^{-2} , Dv_{01} Dv_{05} Dv_{09} e porcentagem de cobertura (EMBRAPA, 2000). No presente trabalho foram utilizados os números de gotas nos papéis hidrossensíveis, densidade de gotas por cm^{-2} , Dv_{01} Dv_{05} e Dv_{09} .

Figura 2 - Software Gotas desenvolvido pela EMBRAPA utilizado na análise das gotas contidas no papel hidrossensível. Curitiba, SC, 2019.



Fonte: Eduardo Schabatoski (2019)

3.4 CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

O experimento foi realizado na cultura do trigo (Figura 2), no dia 23 de outubro de 201 onde as condições climáticas para esse dia foram de 0,0 mm de chuva, temperatura média de 16,8°C tendo a máxima de 23,6°C e a mínima de 13°C com uma umidade relativa do ar de 84,6% e velocidade do vento no momento da aplicação era torno de 10 $km\ h^{-1}$. Esses dados climatológicos foram fornecidos pela estação climatológica da EPAGRI/CIRAM instalada dentro da fazenda experimental da Universidade Federal de Santa Catarina, localizada a

menos de 50 metros de onde foi realizado o experimento, portando sendo dados precisos de fatores climáticos.

Figura 3 - Cultura de trigo onde a cultivar utilizada foi a TBIO Toruk possuindo uma altura média de 80 cm por planta. Curitibaanos, SC, 2019



Fonte: Eduardo Schabatoski (2019)

Com o objetivo de evitar possível interferência do vento na deposição de gotas, foi criando uma barreira física contra o vento (Figura 4), sendo delimitando uma área com dimensões de 3x1 metro, onde foi disposta a lona com as mesmas dimensões e com uma altura de 1,5 metros, 0,7 metro mais alto que a cultura onde foi realizado o experimento. A fixação da lona foi feita nas estacas dispostas nos cantos e no meio do canteiro, bloqueando a interferências do vento.

Figura 4 - Barreira física criada contra interferências do vento. Curitibaanos, SC, 2019.



Fonte: Eduardo Schabatoski (2019)

Os papéis hidrossensíveis utilizados para avaliação da deposição de gotas foram fixados na parte adaxial das folhas do trigo, nos terço superior e médio do dossel da cultura e na superfície do solo, sendo disposto nas entre linhas da cultura com intuito de estimar as perdas para o solo (Figura 5). A fixação dos papéis foi realizada com o auxílio de um grampeador, sendo grampeado nas extremidades dos papeis e sempre na mesma posição, para que no momento da leitura no software pudesse ser removida a menor porção possível de papel para não haver interferência nos resultados.

Figura 5 - Fixação papéis hidrossensível no terço superior (S) e médio (M) da planta; e na superfície do solo (I). Curitiba, SC, 2019.



Fonte: Eduardo Schabatoski (2019)

Após a fixação dos papéis foram então realizadas as aplicações com o pulverizador costal eletrostático, onde foi realizada primeiramente a aplicação com a eletrificação das gotas ligada e posteriormente com a eletrificação das gotas desligada.

A digitalização dos papéis foi realizada logo após cada aplicação. Com isso, após a primeira aplicação (com gotas eletrificadas), foi esperada a secagem das gotas nos papéis e então estes foram coletados com o auxílio de uma pinça anatômica, para evitar o contato com a umidade das mãos, que pode manchar os papéis causando erro nas análises. Em seguida os papéis foram levados com cuidado dentro de uma bandeja de metal até o laboratório do prédio da Fazenda experimental agropecuária da UFSC, onde foram

digitalizados a 600 pontos por polegada (DPI). Em seguida, as imagens foram armazenadas no computador para posteriormente serem analisadas pelo software "Gotas", procedimento esse realizado também após a aplicação sem a eletrificação das gotas.

3.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância a 5% de probabilidade, em um esquema fatorial 2x3 com quatro repetições. Sendo 2 formas de aplicação (aplicação eletrostática e aplicação convencional) e 3 posições analisadas, terço superior, médio e solo. As médias obtidas foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância. O programa estatístico Sisvar foi utilizado na análise dos dados.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a análise de variância para os parâmetros de número de gotas (total de gotas no papel hidrossensível), densidades de gotas (gotas cm^{-2}), D_{V01} , D_{V05} e D_{V09} , os resultados mostram que não houve diferença estatística significativa entre a aplicação convencional e eletrostática em nenhuma das variáveis avaliadas. Já para as posições do alvo, houve diferença significativa para o número de gotas e densidade de gotas, porém para D_{V01} , D_{V05} e D_{V09} as diferenças não se mostraram estatisticamente significativas. A interação entre as tecnologias e as posições do alvo de coleta das gotas mostrou-se significativa para todas as variáveis analisadas (Tabela 1).

Tabela 1 - Resumo da análise de variância ANAVA (Valores probabilidade do teste F) de número de gotas, densidade de gotas cm^{-2} , D_{V01} , D_{V05} , D_{V09} . Curitiba, SC, 2019.

FV	Nº de gotas	Densidade	D_{V01}	D_{V05}	D_{V09}
Tecnologia	0,4953	0,4955	0,1121	0,0656	0,1034
Alvo	0,0000	0,0000	0,1389	0,1762	0,3773
Tecnologia*alvo	0,0000	0,0000	0,0242	0,0012	0,0010
CV (%)	10,71	10,71	46,94	48,55	28,96

Os parâmetros de número de gotas e densidade de gotas mostraram-se estatisticamente diferentes nas três posições do alvo que foram coletadas as gotas, sendo que no alvo superior tivemos a maior deposição de gotas, seguido pelo alvo médio e por último o solo, independente do tratamento utilizado. Segundo Santos (2006), a deposição de gotas tem que ser maior no alvo, pois o produto aplicado que não atingir o alvo chegando até o solo será considerado perda, reduzindo a eficiência do produto e aumentando os impactos ambientais.

Sari *et al.*, (2014) encontraram resultados semelhantes no seu trabalho com controle de doenças foliares em trigo com equipamentos de aplicação de baixo volume de aplicação, demonstrado que a deposição na parte superior e média do trigo foram significativamente maiores que as perdas para o solo. Gulart *et al.*, (2013) em estudos sobre espectro de gotas de aplicação e controle de doenças em duas cultivares de trigo, observaram que a densidade de gotas na cultura vai reduzindo do terço superior até o inferior, diferença essa causada pelo chamado "efeito guarda-chuva". Foi o que se observou no trabalho, indicando que tem mais gotas chegando na parte superior e média e poucas gotas chegando no solo, reduzindo a perda de produto e impacto ambiental.

Os valores de D_{V01} representam o diâmetro qual 10% do volume foi pulverizado com gotas menores ou igual ao valor obtido; o D_{V09} representa o diâmetro no qual 90% do volume foi pulverizado com gotas menores ou igual o valor obtido e o D_{V05} também chamado de diâmetro mediano volumétrico (DMV), representa um diâmetro de gota no qual 50% do volume foi pulverizado com gotas maiores e 50% com gotas menores. Os diâmetros que representam o percentual de 10%, 50% e 90% do volume aplicado (Tabela 1), não apresentaram diferença significativa entre as diferentes posições do alvo avaliado e nem entre as tecnologias, apesar de ser possível observar uma tendência de que o espectro de gotas apresenta maiores D_{V01} , D_{V05} e D_{V09} à medida que a nuvem de gotas penetra no dossel da cultura.

Na Tabela 2 observamos a interação entre as tecnologias e as posições do alvo na coleta das gotas, onde nos mostra a melhoria na qualidade de aplicação utilizando a eletrificação das gotas, principalmente no terço médio e na menor perda de gotas para o solo.

Tabela 2- Interação entre as tecnologias e as posições do alvo para o número de gotas (total de gotas na área do papel hidrossensível). Curitiba, SC, 2019.

Tecnologia	Posição do alvo		
	Superior	Médio	Solo
Eletrostático	828,25 A a	727,75 A a	186,75 B b
Convencional	742,50 A a	526,00 B b	422,00 B a

Letras maiúsculas na linha e minúsculas nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

No terço superior não houve diferença significativa entre a presença ou ausência de eletrificação, ou seja, se o alvo a ser controlado estiver apenas na parte superior da planta, não haveria necessidade de adoção da aplicação eletrostática. Silva *et al.*, (2000), observaram em seu trabalho que não houve diferença da aplicação eletrostática com a aplicação convencional. Magno Júnior *et al.*, (2014), verificaram que, apesar de haver um aumento na deposição de gotas utilizando o pulverizador eletrostático, a diferença encontrada não foi estatisticamente significativa. Contudo, neste estudo, no terço médio houve um incremento de mais de 38% no número total de gotas em cada papel, ou ainda, podemos afirmar que a aplicação convencional apresenta, no terço médio, um decréscimo de aproximadamente 28% no número total de gotas quando comparada com a eletrostática, com variação significativa.

Na aplicação convencional, o número de gotas apresenta um valor significativamente maior apenas no terço superior, diferindo significativamente do terço médio e do solo (Tabela 2). Para a aplicação eletrostática, não houve diferença entre o terço superior e médio, porém

ambos diferiram estatisticamente do solo, indicando que a pulverização eletrostática de fato permite maior deposição de gotas no terço médio e também menor perda para o solo.

As gotas que atingem o solo quando utilizamos produtos que o alvo é a planta, representam perdas diretas de produto e contaminação ambiental. Observando os resultados de número de gotas no solo (Tabela 2), houve uma redução significativa do número de gotas perdidas, indicando uma melhor eficácia da aplicação eletrostática, a qual propiciou maior deposição de gotas na planta, pois, em função do efeito de atração, as gotas ficaram depositadas nas plantas. Com isso, podemos inferir que na aplicação convencional, algumas gotas atravessam o dossel da cultura e atingem diretamente o solo, o que não ocorre com a aplicação eletrostática, a qual propiciou uma redução de aproximadamente 45% no número de gotas que chegam até o solo. Mostrando que a aplicação sem eletrificação das gotas só seria eficaz se o alvo a ser controlado estivesse na superfície do solo.

Analisando os dados da Embrapa (2005), observa-se concordância com os resultados obtidos nesse estudo, onde obtiveram um aumento em pelo menos 30% na eficácia da aplicação e de redução das perdas para o solo em mais de 50%. Com a redução de perdas é possível também reduzir a taxa de aplicação e ingrediente ativos, conforme Chain e Wadt (2015), que afirmam que a utilização de gotas com carga elétrica na aplicação de agrotóxicos reduz facilmente 50% das perdas, pois o volume que é perdido será depositado na planta.

Analisando os valores de densidade de gotas, houve interação significativa entre as tecnologias e as posições do alvo na coleta das gotas, com resultados semelhantes aos do número de gotas (Tabela 3).

Tabela 3 - Interação entre as tecnologias e as posições do alvo para densidade de gotas (número de gotas cm⁻²). Curitiba, SC, 2019.

Tecnologia	Posição do alvo		
	Superior	Médio	Solo
Eletrostático	46,77 B a	40,59 B a	10,50 A b
Convencional	41,77 B a	29,59 A b	23,74 A a
DMS	5,12	5,12	5,12

Letras maiúsculas na linha e minúsculas nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

No terço superior não houve diferença significativa a 5% de probabilidade com relação à densidade de gotas (Tabela 3). No terço médio observa-se que houve melhoria na densidade de gotas quando se utiliza a aplicação eletrostática. A densidade de gotas obtidas no solo para a aplicação eletrostática apresentou redução significativa quando comparada com a aplicação convencional, comprovando que a pulverização eletrostática tem um alto potencial

para reduzir as perdas de produto para o solo, melhorando a cobertura e deposição de gotas no alvo.

Na aplicação convencional a densidade de gotas que atinge o solo é semelhante à densidade de gotas obtida no terço médio (Tabela 3). Em números, isso significa que as perdas na aplicação convencional podem ser 55% maiores que na aplicação eletrostática.

Em trabalhos realizados por pesquisadores da Embrapa Meio Ambiente, gotas sem carga apresentaram uma eficiência de deposição de 18% de um produto marcador. No entanto, quando estavam carregadas eletricamente aumentaram a deposição para 62% do total do marcador aplicado. Com isso, a aplicação eletrostática além de aumentar a eficiência de controle também reduz os efeitos dos inseticidas sobre os organismos que vivem no solo, pois as perdas para o solo podem chegar a ser 20 vezes menores que na aplicação convencional (CHAIM; PESSOA; FERRACINI, 2002).

Segundo Matthews (2000), a densidade de gotas (gotas cm^{-2}) mostra-se um parâmetro importante para o resultado da aplicação, portando a eficiência de maior ou menor densidade de gotas está ligada a forma de ação do defensivo, sendo assim fungicida sistêmico necessitam de uma cobertura entre 30 e 50 gotas cm^{-2} , já para o fungicida de contato a densidade de gotas cm^{-2} terá de ser maior que 70 gotas cm^{-2} , demonstrando que produto de contato necessita maior densidade em relação a produtos sistêmicos. Sendo assim as densidades encontradas no trabalho estão dentro da faixa exigida para produtos sistêmicos, já para os produtos de contato a densidade encontrada está fora da exigência. Com isso se fosse aplicado produto de contato com a densidade encontrada no trabalho, certamente a eficácia do produto reduziria no controle do alvo.

Na Tabela 4, encontramos os valores obtidos das interações das tecnologias e posições do alvo para o parâmetro D_{V01} , demonstrando diferença significativa no solo quando comparamos as duas tecnologias. Na aplicação convencional há diferença significativa no alvo superior e média em relação ao solo, diferente da aplicação eletrostática onde os valores dos diâmetros são iguais estatisticamente nas diferentes posições do alvo. Resultado igual foi observado na interação do tratamento com a posição no parâmetro D_{V05} (Tabela 4) e na interação da tecnologia com a posição do alvo no parâmetro D_{V09} , que difere dos demais na aplicação eletrostática, demonstrando que no alvo do terço superior é igual ao alvo no terço média e alvo no solo, porém o alvo do terço médio e alvo no solo há diferença significativa (Tabela 4).

Tabela 4 - Interação entre as tecnologias e posições do alvo para os fatores de D_{V01} , D_{V05} e D_{V09} que representam a porcentagem de diâmetro (μm) qual o volume foi pulverizado. Curitiba, SC, 2019.

Tecnologia	Diâmetro	Posição do alvo		
		Superior	Médio	Solo
Eletrostático Convencional	D_{V01}	39,83 A a	47,71 A a	34,03 A b
		37,83 A a	40,82 A a	88,97 B a
Eletrostático Convencional	D_{V05}	82,61 A a	106,85 A a	58,50 A b
		80,12 A a	78,89 A a	167,42 B a
Eletrostático Convencional	D_{V09}	144,50 AB a	193,93 B a	96,97 A b
		140,22 A a	143,18 A a	250,29 B a

Letras maiúsculas na linha e minúsculas nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Com relação aos diâmetros de gotas analisados, nota-se que houve apenas diferença para o diâmetro de gotas que atingiram o solo, tanto para D_{V01} , D_{V05} e D_{V09} , onde os diâmetros foram significativamente maiores na aplicação convencional comparada com a aplicação eletrostática. Juntando essa informação com a densidade de gotas, notamos que na aplicação convencional as gotas que atingem o solo apresentam maiores diâmetros e maior quantidade, o que resulta em maior volume de calda perdido.

Dentro da aplicação eletrostática, não há variação dos diâmetros entre as diferentes posições do alvo analisadas para D_{V01} e D_{V05} . Porém, para o D_{V09} , no solo, obteve-se um valor significativamente menor quando comparado com o alvo no terço médio, ambos não diferindo do alvo no terço superior. Já na aplicação convencional, os diâmetros obtidos foram maiores quanto mais baixas a posição de coleta das gotas, podendo-se concluir que na aplicação convencional as gotas pequenas são perdidas por não possuírem peso suficiente para depositar-se no alvo. Já para a aplicação com gotas eletrificadas mesmo que pequenas e leves as gotas são atraídas pelo alvo.

As diferenças observadas de D_{V01} , D_{V05} e D_{V09} , não se mostraram com grandes diferenças, pois no trabalho foi utilizada a mesma ponta e pressão para o tratamento eletrostático e tratamento convencional. Cunha *et al.*, (2004), demonstra em seu trabalho que quando utiliza-se pressão e ponta diferente os diâmetros característicos das gotas (D_{V01} , D_{V05} e D_{V09}) diminuem com incremento de pressão e aumentam com o incremento da vazão nominal.

5 CONCLUSÃO

A aplicação eletrostática não se mostrou diferente da convencional no terço superior do dossel cultura. Portanto se o alvo a ser controlado estiver na parte superior não precisa necessariamente adotar a tecnologia da eletrificação das gotas.

A aplicação eletrostática obteve melhor deposição das gotas na parte média da planta quando comparada com aplicação convencional, nesse caso é mais vantajoso adotar a tecnologia da eletrificação das gotas, caso o alvo a ser controla esteja no terço médio do dossel da cultura.

A aplicação eletrostática reduziu as perdas para o solo em mais de 50% em comparação a aplicação convencional. Mostrando-se uma tecnologia promissora na redução de perdas de produto para o solo.

REFERÊNCIAS

- ANTUNIASSI, U.R.; BAILO, F.H.R. Manual de manejo e controle de plantas daninhas. **Tecnologia de aplicação de defensivos**, Bento Gonçalves: Embrapa uva e vinho. 2004. 652p.
- AMAP. **Pulverização eletrostática é uma tecnologia inovadora**. Informativo AMAP, São Joaquim, n.2, p.13, nov, 2016.
- BAESSO, M.M. *et al.* Tecnologias de aplicação de agrotóxicos. **Engenharia agrícola**, Viçosa, v.61, nov./dez. 2014.
- BARROS, B. C.; CASTRO, J. L.; PATRÍCIO, F. R. A. Resposta de cultivares de trigo (*Triticum aestivum* L.) ao controle químico das principais doenças fúngicas da cultura. **Summa Phytopathologica**, v.32, n.3, p.239-246, 2006.
- BAILO, F.H.R.; SCARPIN, I.M.; SILVA, E.E. **Papel hidrossensível e alternativo fotográfico em ensaios de deposição de gotas**, Chapadão do Sul, v.9, 2015.
- CASA, R. T., HOFMANN, L. L., PANISSON, E., MENDES, C., REIS, E. M. Sensibilidade de *Blumeria graminis* f. sp. *tritici* a alguns fungicidas. **Fitopatologia Brasileira**, v. 27, n. 6, 2002.
- CASA, R. T.; REIS, E. M.; BLUM, M. M. C.; BOGO, A. Danos causados pela infecção de *Gibberella zeae* em trigo. **Fitopatologia Brasileira**, v. 28, Supl., p.S384, ago. 2003.
Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-41582004000300008&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 30/11/2019
- CHAIM, A. **Avaliação de perdas de pulverização em culturas de feijão e tomate**. Jaguariuna: Embrapa Meio Ambiente. 1999a. 29p. (Embrapa Meio Ambiente, Boletim de Pesquisa, 2
- CHAIM, A. **Pulverização eletrostática como alternativa para redução do uso de agrotóxicos**. Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, 1999
- CHAIM, A. **Pulverização Eletrostática: Principais Processos Utilizados para Eletrificação de Gotas**. Jaguariúna, Embrapa Meio ambiente, set 2006.
- CHAIM, A.; PESSOA, M.C.P.Y.; FERRACINI, V.L. Eficiência de deposição de agrotóxicos obtida com bocal eletrostático para pulverizador costal motorizado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.37, n.4, 2002.
- CHAIM, A.; PESSOA, M.C.P.Y.; FERRACINI, V.L. Eficiência de deposição de pulverização em videira comparando bicos e pulverizadores. **Pesticidas: revista de ecotoxicologia e meio ambiente**, Curitiba, v.14, p.39-46, 2004.
- CHAIM, A.; WADT, L.G.R. **Pulverização eletrostática: a revolução na aplicação de agrotóxicos**, EMBRAPA, abr. 2015. Disponível em : <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/2615385/artigo---pulverizacao-eletrostatica-a-revolucao-na-aplicacao-de-agrotoxicos>. Acesso em: 23 set. 2019.

CONCEIÇÃO, M.Z.; SANTIAGO, T. Segurança no manuseio e na aplicação de produtos fitossanitários. In: ZAMBOLIM, L. **Produção integrada de fruteiras tropicais**. Vicosa: UFV, 2003. p.313-330.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira grãos, safra 2019/2020**, Brasília, v.7, n.1, out. 2019. Primeiro levantamento. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>. Acesso em: 27 out. 2019.

CUNHA, J.P.A.R. *et al.* Efeito de pontas de pulverização no controle químico da ferrugem da soja. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.28, n.2, p.283-291, 2008. CUNHA, J.P.A.R. *et al.* **Espectro de gotas de bicos de pulverização hidráulicos de jato plano e jato cônico vazio**, Brasília, v.39, n.10, out, 2004.

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**, Santa Maria, v.35, n.5, p.1.069- 1.074, 2005.

EMBRAPA. Soluções tecnológicas: **gotas - Programa de Calibração de Pulverização – Gotas**, Jaguariúna, 2000. Disponível em : <https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/1421/gotas---programa-de-calibracao-de-pulverizacao---gotas>. Acesso em: 08 set. 2019.

EMBRAPA. Soluções tecnológicas. **Pulverização eletrostática por eletrificação direta**, Jaguariúna, 2005.

GULART, C.A. *et al.* **Espectro de gotas de aplicação e controle de doenças em duas cultivares de trigo**. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.10, n.10, out, 2013.

LAU, D. *et al.* Trigo no Brasil. **Doenças de trigo no Brasil**. EMBRAPA, c.12, 2011.

LIMA, M. I. P. M.; MACIEL, J. L.N. Giberela e brusone em cereais de inverno. In: SANTOS, H. P. dos; FONTANELI, R. S.; SPERA, S. T. (Ed.). **Sistemas de produção para cereais de inverno sob plantio direto no sul do Brasil**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2010. Cap. 7, p. 207-224.

MACIEL, C.F.S. **Perda por evaporação durante a pulverização hidráulica em diferentes condições meteorológicas**. 2016. 58f. Tese (Pós-Graduação em Engenharia Agrícola), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2016.

MAGNO JÚNIOR, R.G. *et al.* **Desenvolvimento de um dispositivo eletrostático para pulverizador pneumático costal**. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.22, n.1, jan, 2014

MATTHEWS, G.A. **Pesticide application methods**. Malden: Blackwell, 2000. 432p. Disponível em : <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=ORbsdJpoN5EC&oi=fnd&pg=PP2&dq=Pesticide+application+methods.+Malde n&ots=hjhADZuUCF&sig=zYBgB2CLiWlhBfd18KFNAIYVpbo#v=onepage&q=Pesticide%20application%20methods.%20Malden&f=false>. Acesso em: 29 out, 2019.

PESSOA, M.C.P.Y.; CHAIM, A. Programa computacional para estimativa de uniformidade de gotas de herbicidas aplicados por pulverização aérea. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.1, p.45-56, 1999.

RAMOS, H.H. No lugar certo. **Cultivar- Máquinas**, Londrina, n.6, p.16-19, 2001.

REIS, E.M.; REIS, A.C.; FORCELINI, C.A. **Manual de fungicidas: guia para controle químico de plantas**. 6. ed. rev. e ampliado. Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, 2010, 153 p.

ROSA, estratégias para combinar alto rendimento e resistência a giberela em trigo. In: KOHLI, M. M.; DIAZ, M.; CASTRO, M. (Eds.) **Estratégias y metodologías utilizadas en el mejoramiento de trigo**. Seminário Internacional, La Estanzuela, Uruguay. CIMMYT-INIA, 2003.p.129-136.

SANTOS, J. M. F. **Princípios básicos da aplicação de agrotóxicos**. Visão Agrícola, nº 6, 2006.

SANTOS, J.M. F. **Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas**. São Paulo: Instituto Biológico, 2002. 62p

SARI, B.G. *et al.* **Controle de doenças foliares em trigo com equipamentos de aplicação de baixo volume de aplicação**. Ciência Rural, Santa Maria, v.44, n.11, p.1966-1972, nov, 2014.

SASAKI, R.S. **Adjuvantes nas propriedades físicas da calda, espectro e eficiência de eletrificação das gotas utilizando a pulverização eletrostática**, Viçosa, v.45, n.2, fev, 2015.

SILVA, J.A.; CAROLINO, L.; GIMENEZ, L.B. **Análise e avaliação da tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas na cultura da litchia**, n.27, jul. 2015. Periódico Semestral.

SILVA, O. R. R. F.; CARVALHO, O. S.; MARQUES, L. Determinação das perdas por escorrimento da pulverização eletrostática e convencional sobre o cultivo do algodoeiro herbáceo. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v. 4, n.2, p.123-130, 2000.

SOUZA, R.T.; CASTRO, R.D.; PALLADINI, L.A. **Depósito de pulverização com diferentes padrões de gotas em aplicações na cultura do algodoeiro**, Jaboticabal, v.27, jan. 2007. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162007000200011. Acesso em: 29 set. 2019

TAVARES, R.M. **Sistema de eletrificação de gotas e eficiência da pulverização eletrostática no controle do psílídeo *Triozoida limbata* (Enderlein) (Hemiptera: Trioziidae) em goibeira (*Psidium guajava* L.)**. 2015. 93f. Dissertação (Pós-graduação em Agronomia), Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2015. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/12232/1/SistemaEletrificacaoGotas.pdf>. Acesso em: 13 out. 2019.

ZAMBOLIM, L. Penetração e translocação de fungicidas sistêmicos nos tecidos das plantas. In: ZAMBOLIM, L. et al. **Produtos Fitossanitários (Fungicidas, Inseticidas, Acaricidas e Herbicidas)**. Viçosa, MG: UFV/DFP, p. 187-261, 2008.

ZHENG, J.; ZHOU, H.; XU, Y. Advances in pesticide electrostatic spraying in China. St. Joseph, Mich.: **ASAE**, 2002. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/271432779_Advances_in_Pesticide_Electrostatic_Spraying_Research_in_China. Acesso em: 27 set. 2019.