

SISTEMA DE PULVERIZAÇÃO POR NEBULIZAÇÃO DA CALDA ATRAVÉS DE FREQUÊNCIA ULTRASSOM EM CONJUNTO COM A INDUÇÃO ELETROSTÁTICA

Paulo Diniz Junior
Eng. Agrícola

PAULO DINIZ JUNIOR

**SISTEMA DE PULVERIZAÇÃO POR NEBULIZAÇÃO DA CALDA ATRAVÉS DE
FREQUÊNCIA ULTRASSOM EM CONJUNTO COM A INDUÇÃO ELETROSTÁTICA**

Orientador: Prof. Dr. Marco Antônio Moreira de Freitas

Dissertação apresentada ao Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Proteção de Plantas para obtenção do título de MESTRE.

Urutaí – GO
2019

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

JJ95s Júnior, Paulo Diniz
 SISTEMA DE PULVERIZAÇÃO POR NEBULIZAÇÃO DA CALDA
 ATRAVÉS DE FREQUÊNCIA ULTRASSOM EM CONJUNTO COM A
 INDUÇÃO ELETROSTÁTICA / Paulo Diniz
 Júnior;orientador Marco Antônio Moreira de Freitas. --
 Urutaí, 2019.
 36 p.

Dissertação (Mestrado em Proteção de Plantas) --
Instituto Federal Goiano, Campus Urutaí, 2019.

1. Nebulização. 2. Gotas. 3. Ultrafinas. 4.
Tecnologia. 5. Deriva. I. Antônio Moreira de Freitas,
Marco, orient. II. Título.

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese | <input type="checkbox"/> Artigo Científico |
| <input checked="" type="checkbox"/> Dissertação | <input type="checkbox"/> Capítulo de Livro |
| <input type="checkbox"/> Monografia – Especialização | <input type="checkbox"/> Livro |
| <input type="checkbox"/> TCC - Graduação | <input type="checkbox"/> Trabalho Apresentado em Evento |
| <input type="checkbox"/> Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: Paulo Diniz Junior

Matrícula: 2017101330540214

Título do Trabalho: SISTEMA DE PULVERIZAÇÃO POR NEBULIZAÇÃO DA CALDA ATRAVÉS DE FREQUÊNCIA ULTRASSOM EM CONJUNTO COM A INDUÇÃO ELETROSTÁTICA.

Restrições de Acesso ao Documento

Documento confidencial: Não Sim, justifique: _____

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: __/__/

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Catalão, 24/ 04/ 2019

Local

Data



Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Ciente e de acordo:



Assinatura do(a) orientador(a)



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E
TECNOLOGIA GOIANO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
PROTEÇÃO DE PLANTAS

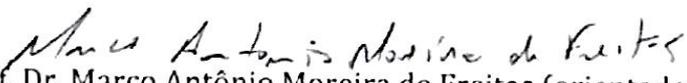
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Sistema de pulverização por nebulização da calda através de frequência ultrassom em conjunto com a indução eletrostática.

AUTOR: Paulo Diniz Júnior

Dissertação defendida e aprovada como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Proteção de Plantas.

Banca Examinadora:


Prof. Dr. Marco Antônio Moreira de Freitas (orientador)
Instituto Federal Goiano - Campus Urutaí


Prof. Dr. Cleiton Gregório Sabin Benett
Universidade Estadual de Goiás - Campus Ipameri


Prof. Dr. Paulo César Ribeiro da Cunha
Instituto Federal Goiano - Campus Urutaí

Urutaí, 22 de fevereiro de 2019



ppgpp.urt@ifgoiano.edu.br



(64) 3465-1912

RODOVIA GERALDO S. NASCIMENTO,
KM 2,5
CEP 75790-000, URUTAÍ - GO
www.ifgoiano.edu.br/urutaí



**INSTITUTO
FEDERAL**
Goiano

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha mãe Enislene Ferreira e ao meu padrasto Cirimar Pereira, que nas maiores dificuldades de suas vidas sempre priorizaram os meus estudos, acreditando e investindo no meu conhecimento;

A minha avó Geralda da Silva (in memoriam) que com certeza estaria orgulhosa por eu ter concluído mais essa etapa.

AGRADECIMENTOS

A Deus, nosso Pai de infinita Bondade, pelo dom da vida e por sempre se fazer presente em minha caminhada, e me amparar em todos os momentos.

A minha mãe Enislene Ferreira de Andrade e ao meu padrasto Cirimar Pereira, pelo amor, pelo carinho, pela amizade e pelo constante apoio em todas as horas.

Ao meu Pai Paulo de Jesus Diniz, que mesmo distante sempre me apoiou.

As minhas irmãs Elisangela Ferreira Diniz e Elisandra Ferreira Diniz, por sempre se fazerem presentes em todos os momentos.

Ao meu tio, amigo e padrinho Mario Machado, que foi fundamental nessa nova etapa, contribuindo e incentivando sempre na minha formação pessoal e profissional.

Aos meus Avós maternos Aparecido Ferreira e Helena Ferreira, a minha tia Gretchen Ferreira, pelo carinho, ajuda, pelo apoio e incentivo.

Ao meu avô paterno Manoel Geraldo Diniz pelo carinho de sempre.

À minha amiga Nayara Ranielle e sua família (Norma Duarte, Marco Aurélio e Thalles Augusto), pelo apoio, pela amizade e pelo carinho em todos os momentos.

Ao professor Dr. Marco Antônio Moreira de Freitas, pela orientação, confiança, pelos grandes ensinamentos, pelo apoio, pela paciência e pelas oportunidades durante o curso, em especial por todas as vezes que acreditou em meu trabalho, sempre me incentivando a crescer e a alcançar nossos objetivos.

Ao Instituto Federal Goiano – Campus Urutai, pela grande oportunidade oferecida para a realização do curso de Mestrado.

Aos Professores Alexandre Igor, Anderson Rodrigo, Flávio Gonçalves, Paulo César e Carmen Rosa pelos ensinamentos, pelas sugestões e pela amizade.

A amiga Joyce Cristine Alves pela amizade e por sempre estar pronta a me ajudar quando precisei.

SUMÁRIO

RESUMO.....	vi
ABSTRACT.....	vii
INTRODUÇÃO.....	1
REVISÃO DE LITERATURA.....	4
1. Frequência Ultrassom e efeito piezoeletrico.....	4
2. Tecnologia de Aplicação.....	5
3. Aplicação Ultra Baixo Volume.....	6
4 . Pulverização eletrostática.....	7
OBJETIVOS.....	9
PROTOTIPAÇÃO.....	10
1. Descrição detalhada do invento	10
2. Aplicação do invento	17
IMPACTOS E RESULTADOS ESPERADOS	19
CONCLUSÕES	21
REFERÊNCIAS.....	22
ANEXOS.....	26

RESUMO

As pesquisas em tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas têm aumentado de forma significativa no Brasil e em todo o mundo. Os esforços vêm se concentrando no desenvolvimento e aperfeiçoamento de técnicas já existentes, nesse sentido a presente invenção trata-se de um sistema de pulverização por nebulização da calda através de frequência ultrassom em conjunto com a indução eletrostática, acoplável a veículo de tração motora, que utilizara a técnica de nebulização por frequência ultrassom, onde o equipamento irá transformar a calda presente no tanque em uma névoa através de sua atomização utilizando transdutores piezoelétricos que recebem sinal de um oscilador fixado a uma placa de circuito integrado/placa de controle, o que fara com que estes transdutores vibrem a uma faixa de frequência de até 50 MHz, fazendo assim a quebra das partículas de agua/produto gerando gotas ultrafinas, menores que 50 micrômetros (μm). A vantagem de operar com gotas pequenas é evidenciada pela densidade teórica, obtida com um litro de calda sobre uma superfície plana, tendo como exemplo gotas com diâmetro de 10 micrômetros (μm) tem uma área coberta de 1500 mm² chegando até a 19000 gotas por cm², por outro lado, gotas pequenas são mais suscetíveis à deriva, visando reduzir esse efeito o sistema em questão será dotado também de um indutor eletrostático, o que fara com que essas micro gotas sejam eletricamente carregadas, sendo melhor atraídas pela planta, aumentando a eficiência na aplicação e diminuindo as perdas para o meio ambiente. Esse novo sistema tem como finalidade minimizar os problemas relacionados a aplicação de defensivos agrícolas, no entanto ele poderá ser usado também na aplicação de inseticidas e fungicidas, assim como, climatização e desinfestação de ambientes e controle de endemias agrícolas e urbanas, principalmente no quesito cobertura de alvo e deriva.

Palavras-chave: Nebulização; Gotas; Ultrafinas; Tecnologia; Deriva.

ABSTRACT

The research in technology of application of agricultural defensives have increased of significant form in Brazil and the whole world. The efforts are seen concentrating in the development and perfecting of existing techniques already, in this direction the present invention is about a system of spraying for nebulization of syrup through frequency ultrassom in set with the electrostatic, attachable induction the motor tractive vehicle, that uses the technique of nebulization for frequency ultrassom, where the equipment anger to transform present syrup into the tank in a mist through its atomization using piezoelétricos transducers that they receive signal from an oscillator settled to a plate of integrated circuit control plate, what fara with that these transducers vibrate a band of frequency of up to 50 MHz, thus making breaks of water particles/product generating ultrafine drops, lesser that 50 micrometers (μm). The advantage to operate with small drops is evidenced by the theoretical density, gotten with one liter of syrup on a plain surface, having as example drops with diameter of 10 micrometers (μm) has an area covered of 1500 mm^2 arriving until the 19000 drops for cm^2 , on the other hand, small drops are more susceptible astray, aiming at to reduce this effect the system in question will also be endowed with an electrostatic inductor, what fara with that this micron drops is electrically loaded, being more good attracted by the plant, increasing the efficiency in the application and diminishing the losses for the environment. This new system has as purpose to minimize the related problems the application of agricultural defensives, however it could also be used in the application of insecticides and fungicides, as well as, climatization and desinfestação of environments and control of agricultural and urban endemic diseases, mainly in the question covering of target and drift.

Key words: Nebulization; Drops; Ultrafines; Technology; Drift.

INTRODUÇÃO

O atual cenário agrícola vem mostrando cada vez mais a necessidade de melhorias na eficiência das aplicações de defensivos agrícolas e tem sido alvo de estudos entre vários pesquisadores e produtores rurais, que salientam a importância e a viabilidade de se investir em equipamentos que atendam as demandas de diversas culturas e seus respectivos estágios de desenvolvimento sem precisar adquirir outra máquina.

Os pulverizadores autopropelidos, tratorizados e aviões agrícolas são os principais equipamentos utilizados para aplicação de defensivos agrícolas na agricultura brasileira, principalmente quando se fala na produção em larga escala. Tais equipamentos de pulverização têm a função de distribuir o produto com tamanho de gotas adequado sobre o alvo. Destaca-se, inicialmente que a “pulverização é processo físico-mecânico de transformação de uma substância líquida em partículas ou gotas”, enquanto que a aplicação é a deposição de gotas da substância no tamanho determinado, (Casali, 2015). Para aferir a eficiência da pulverização, é necessário determinar características como diâmetro mediano, uniformidade do tamanho e densidade das gotas e, ainda, a cobertura da pulverização (Ozmeri & Cilingir, 1992, apud Martini, et al. 2015).

Gotas menores melhoram a deposição do produto, proporcionando maior cobertura do alvo, e isoladamente aos fatores climáticos, melhores resultados de controle (Schröder, 2003). Entretanto, a utilização de gotas menores pode implicar perdas por evaporação e deriva. Já gotas maiores tendem a se depositar na parte superior das plantas (Kirk et al., 1992). A alta demanda por defensivos pelos sistemas de produção agrícola aliada ao possível uso inadequado desses produtos torna a deriva um dos maiores problemas potenciais da agricultura atual, ocasionando riscos à saúde humana e impactos negativos ao ambiente, além de aumentar os custos de produção e reduzir os lucros dos agricultores (Oliveira, 2011).

A deriva está principalmente relacionada ao tamanho de gotas e à velocidade do vento. Ela é definida como a quantidade de produto desviada para fora do alvo a ser atingido, por correntes de ar durante ou depois das aplicações (Miller, 1993). Esse transporte pode ser na forma de gotas ou massa de vapor, sendo a segunda dependente da pressão de vapor e das características físico-químicas da formulação (Miller, 2004). Gotas finas, cujo diluente é água, possuem tempo de vida pequeno e, se esse diluente do produto químico evaporar, o tamanho da gota diminui, possibilitando o carregamento dessa partícula por uma distância muito grande

pelas correntes de ar (Matthews, 2000).

Os fatores que afetam a deriva são descritos por Schampheleire et al. (2008) em condições climáticas, tecnologia de aplicação, características do ambiente e propriedades físico-químicas. Na maior parte das vezes atribui-se grande importância ao produto fitossanitário a ser aplicado e a pouca à técnica de aplicação (Cunha, 2008). Não basta conhecer o produto a ser aplicado, mas é fundamental conhecer também a forma de aplicação para garantir que o produto alcance o alvo de forma eficiente minimizando assim as perdas por deriva para o ambiente (Ferreira et al., 2011). Assim, a tecnologia de aplicação tem a função de distribuir o produto com um tamanho de gota adequado para esse alvo (Rodrigues, 2010).

Dentro do fator tecnologia de aplicação está a seleção de pontas de pulverização, que está diretamente ligada ao alvo e ao produto (Antuniassi, 2004) e representa uma das alternativas para redução de deriva, objetivando o aumento do tamanho das gotas, para uma determinada ponta, quanto maior o percentual de gotas finas que fazem parte do espectro produzido, maior o risco de deriva. (Boller; Marchry, 2007; Faggion; Antuniassi, 2010). Para Costa et al. (2014) a tecnologia da aplicação de defensivos agrícolas apresenta limites bastante definidos, de um lado, o equipamento responsável pela pulverização propriamente dita: formação e impulsão de gotas de uma calda (mistura, suspensão ou diluição) e do outro, a superfície ou local onde as mesmas serão depositadas chamado de alvo biológico.

Com os objetivos de superar as questões de aplicação, aumentar a eficiência de pulverização, redução de custos e diminuir os impactos ambientais, algumas tecnologias têm surgido. Entre elas, vale ressaltar a precisão de equipamentos para uso a taxas variáveis, tais como as barras de luz, o piloto automático e também eletrificação de gotículas através de pulverizadores eletrostáticos (Chaim, 2006). A pulverização eletrostática é um sistema que carrega eletricamente as gotas. A diferença de potencial elétrico entre a gota e o alvo faz com que as gotas sejam atraídas pela planta.

Diversos trabalhos têm demonstrado a vantagem do uso do sistema eletrostático, como o realizado por Sasaki et al. (2013), na cultura do café, os quais verificaram que o sistema eletrostático aumentou a deposição de líquido em 37%. Zhou et al. (2012) relatam que o sistema eletrostático pode aumentar a deposição de defensivos em até 60%, além de minimizar as perdas em até 50% e reduzir os custos de aplicação em até 20%, quando comparado a outras técnicas de pulverização.

A eficiência do sistema eletrostático é altamente dependente das características do

líquido pulverizado. As características do líquido pulverizado, como a tensão superficial e a viscosidade, podem interferir na pulverização eletrostática (Zheng et al., 2002). Maski e Durairaj (2010) afirmam que a condutividade elétrica e a constante dielétrica são as duas principais propriedades elétricas que afetam grandemente a carga adquirida pelas gotas pulverizadas.

A deriva de defensivos agrícolas continua sendo um dos maiores problemas da agricultura moderna (Sumner & Sumner, 1999; Tsai et al., 2005). O desvio da trajetória que impede as gotas produzidas de atingirem seu alvo está relacionado, principalmente, ao tamanho das gotas e às condições ambientais. Vários pesquisadores consideram que gotas menores que 100 micrômetros (μm) são facilmente carregadas pelo vento, sofrendo mais intensamente a ação dos fenômenos climáticos (Murphy et al., 2000; Sumner, 1997; Wolf, 2000). De acordo com Zhu et al. (1994), gotas com diâmetro acima de 500 μm têm pouco problema de deriva e gotas abaixo de 50 micrômetros (μm), em geral, evaporam antes de atingir o solo. Por outro lado, gotas grandes, além de serem menos eficientemente transportadas pelo ar, possuem menor capacidade de penetração na planta, potencializando o escorrimento na parte externa e prejudicando a deposição na parte interna.

Por meio de estudos das técnicas, equipamentos e procedimentos adotados atualmente no Brasil para a aplicação espacial de agroquímicos a ultra baixo volume no controle de pragas e vetores que afetam a produção agrícola, notou-se a ausência de um sistema de atomização especificamente desenvolvido para aplicação de defensivos agrícolas capaz de gerar gotas extremamente pequenas e aplica-las com o mínimo de deriva, fazendo cobertura de todo alvo.

Sendo assim torna-se necessário o desenvolvimento de um novo sistema de pulverização onde se use a nebulização da calda e a sua eletrificação, tendo assim gotas minúsculas carregadas eletrostaticamente que vão de encontro com uma superfície maior do alvo.

REVISÃO DE LITERATURA

1. Frequência Ultrassom e efeito piezoelétrico

A descoberta do ultrassom ocorreu em 1880 pelos irmãos Jacques e Pierre Curie estudando o efeito piezoelétrico (do grego πιέζειν = apertar). Jacques e Pierre Curie notaram que cristais de turmalina, de quartzo e de topázio apresentavam cargas elétricas nas superfícies quando submetidos a uma tensão mecânica. Um ano depois Jonas Ferdinand Gabriel Lippmann mostrou com argumentos baseados na termodinâmica que devia existir também o efeito inverso, isto é, quando se aplica uma tensão elétrica nestes cristais, eles devem se deformar, e como qualquer oscilação mecânica, a oscilação de um pedaço de quartzo sofre alguma perda de energia por amortecimento. Para manter a oscilação com a mesma amplitude, é necessário repor a energia perdida, então a oscilação elétrica é amplificada e jogada de volta nos eletrodos nas faces do cristal, gerando assim vibrações em frequência ultrassom (Santos et al., 2012).

Para que haja propagação das ondas ultrassônicas é necessário que o meio de propagação tenha propriedades elásticas. Então, o movimento de um corpo vibrando é transmitido às moléculas adjacentes, as quais, antes de retornarem à posição de equilíbrio, transmitem esse movimento para as moléculas que estão ao redor. Esse movimento periódico cria ciclos de compressão e expansão.

Para Martines et al. (2000), a propagação de ultrassom pode ser ilustrada através do movimento de um diapasão no meio de propagação, (Fig. 1). Quando o diapasão entra em movimento expandindo-se (Fig. 1a) há compressão do sistema, comprimindo as moléculas mais próximas, representada no primeiro nodo da onda. Quando entra em equilíbrio não há compressão e nem expansão próximo do diapasão (Fig. 1b). Quando se comprime ocorre descompressão do sistema de moléculas do meio de propagação (Fig. 1c). Portanto, o movimento do diapasão causa um movimento periódico de compressão e expansão das moléculas adjacentes (Fig. 1d), resultando na propagação das ondas ultrassônicas.

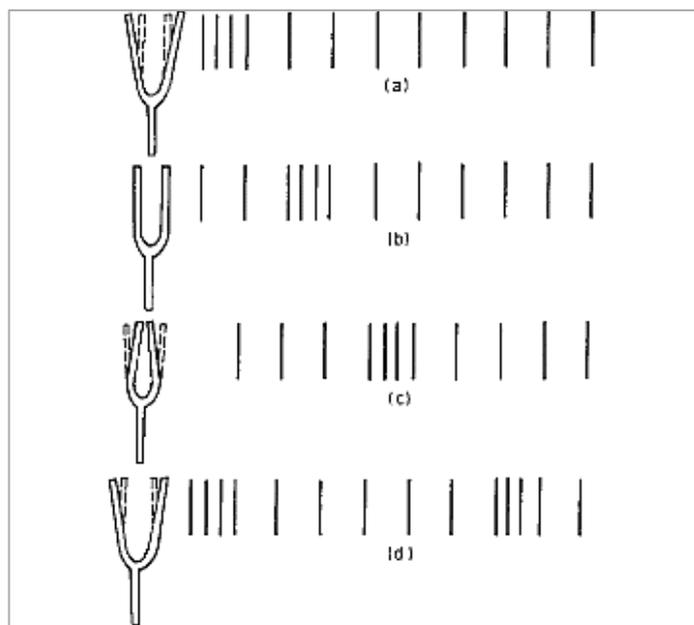


Figura 1 - Ondas de pressão no ar produzidas por diapasão (Martines et al., 2000).

Martines et al. (2000) estudando o efeito de frequência ultrassom em reações químicas observaram que partículas geradas por este método têm as seguintes características: forma esférica, distribuição de tamanho uniforme, tamanho de partícula ajustável na razão de micron a submicron, e alta pureza. Portanto, a atomização ultrassônica se torna um método bem-sucedido na aplicação de defensivos e substratos. Como todos os parâmetros do processo ultrassônico podem ser definidos com precisão, o excesso de pulverização pode ser evitado, garantindo assim a distribuição precisa de gotas.

O ultrassom é usado na indústria para limpeza de materiais, solda de plásticos, processos químicos, preparação de emulsão e suspensão, desgaseificação de solventes e avaliação não destrutiva em materiais, isto é, a obtenção de informações sobre defeitos, fraturas, aglomerados, inclusão e anisotropia, umidificação de ambientes, inaladores; em hospitais para análise de imagem e estimulação do calo ósseo (Ronchi, 2014).

2. Tecnologia de aplicação

A identificação e a verificação do modo pelo qual os fatores envolvidos no processo de nebulização influem, direta ou indiretamente, na eficiência da aplicação, são imprescindíveis à elaboração do projeto e, futuramente, ao desempenho do produto. Portanto, a importância da tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas, que, conforme Matuo et al. (2005), consiste no emprego de todos os conhecimentos científicos que proporcionem a correta colocação do

produto biologicamente ativo no alvo, em quantidade necessária, de forma econômica, com mínimo de contaminação de outras áreas. De acordo com a definição apresentada por Matuo (1990), os equipamentos empregados para a aplicação de líquidos podem ser divididos em: injetores, utilizados para a aplicação de filete líquido (sem fragmentação em gotas), pulverizadores, para as gotas, e por fim, os nebulizadores, para a neblina (gotas menores que 50 μm). Existem diversos fatores que influem no processo de nebulização, como a forma, tamanho e localização do alvo, densidade, diâmetro e velocidade de gota e pela velocidade e direção do fluxo (Balan et al., 2005).

3. Aplicação Ultra Baixo Volume (UBV)

Ultra Baixo Volume é uma técnica desenvolvida para aplicações por via aérea na agricultura e significa aplicação de defensivos em volumes inferiores a cinco litros por hectare em forma pura ou diluídos em veículos oleosos insolúveis em água, conforme a tabela 1. O termo UBV foi utilizado pela primeira vez em aplicações aéreas pelos ingleses na África e na Ásia após a Segunda Guerra Mundial para o controle de gafanhotos e mosquitos, mas somente se tornou operacional em 1963 após um trabalho realizado por cientistas do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA) e da Companhia América Cyanamid, (Logfren, 1970; Monteiro, 2006).

O UBV é considerado como o processo mais eficiente de aplicação espacial, representando uma economia em termos de tempo e custos, sendo que, com relação ao último, ocorre a diminuição do uso de diluentes, obtendo um menor volume de calda e necessitando de equipamentos menores para o transporte e aplicação (Logfren, 1970; Haile et al., 1982; Masuh et al., 2008).

Tabela 1 - Categorias de aplicação via líquida segundo ASAE (Standard S 327/1974), adaptado para sistema métrico.

DESIGNAÇÕES	Volume (L.ha⁻¹)
Ultra – ultra baixo volume (U-UBV)	< 0,5
Ultra baixo volume (UBV)	0,5 – 5
Baixo volume (BV)	5 - 50
Médio volume (MV)	50 – 500
Alto volume (AV)	> 500

4. Pulverização eletrostática

Como alternativa para melhorar a qualidade das aplicações dos produtos fitossanitários, tem-se aumentado o uso da tecnologia de pulverização eletrostática. As pesquisas sobre esses sistemas se iniciaram na década de 70, quando Law (1978) desenvolveu um protótipo de bico pneumático eletrostático, na Universidade da Geórgia. Na década seguinte, as pesquisas sobre o uso de gotas com cargas eletrostáticas tiveram crescimento, principalmente depois de Coffee (1981) desenvolver o pulverizador Electrodyn. No Brasil, Chaim (1984) também desenvolveu e testou um protótipo de pulverizador manual eletrohidrodinâmico para aplicação de volumes de calda entre 1 a 2 litros por hectares.

Hislop (1988), numa revisão sobre o emprego de gotas com carga eletrostática para aplicação de defensivos agrícolas, afirmou que é possível reduzir, com facilidade, mais de 50% dos ingredientes ativos recomendados nas aplicações, sem reduzir a eficácia biológica. Além de aumentar a eficiência no controle, a pulverização eletrostática reduz os efeitos dos inseticidas sobre os organismos que vivem no solo, porque as perdas para o solo chegam a ser 20 vezes menores que numa pulverização convencional.

Para saber a relação existente entre gotas eletrificadas e seus alvos, é necessário entender duas leis básicas da eletrostática: 1. Cargas de polaridades opostas se atraem e cargas de polaridades iguais se repelem e, 2. A carga de um corpo ou nuvem de partículas eletrificadas induzirá uma carga elétrica igual e oposta em outro corpo condutor aterrado próximo. Portanto, uma nuvem de gotas carregada eletricamente, ao se aproximar de um objeto neutro e aterrado, no caso, a planta, provoca um desequilíbrio entre prótons e elétrons e induz na sua superfície uma carga de sinal contrário e então, é atraída e fixada pela planta (Chaim, 2006).

A força de atração ou repulsão depende da intensidade das cargas e da distância de separação dos corpos. As vantagens particulares da utilização da eletrodeposição de defensivos, se originam da grandeza da força eletrostática, que pode superar a resistência do ar ao movimento da gota e também porque a força do campo eletrostático atinge toda a planta. Assim, a taxa de perda é reduzida consideravelmente e, portanto, a cobertura do alvo aumenta (Chaim, 1999).

Existem três processos utilizados na eletrificação das gotas pulverizadas: o processo de eletrificação de gotas por “efeito corona”, processo de carga por indução com eletrificação direta e o com eletrificação indireta. Segundo Chaim (2006), no processo por “efeito corona”, a ionização do ar ocorre por um eletrodo pontiagudo submetido a altas tensões, promovendo o

encontro das cargas livres com as gotas produzidas pelo bico. No processo de indução com eletrificação direta, um eletrodo aterrado tem a função de promover um campo eletrostático onde o líquido recebe alta tensão. Já no processo de carga por indução com eletrificação indireta, o líquido é mantido aterrado, e as gotas adquirem a carga na presença de um intenso campo eletrostático, formado entre o eletrodo de indução, mantido em alta voltagem, e o jato de gotas.

De acordo com Hislop (1988) alguns equipamentos eletrostáticos não proporcionam resultados consistentes de controle, porque os projetos desenvolvidos não geram gotas com nível de carga suficiente para melhorar a deposição, ou o tamanho de gotas produzido não é adequado para o uso de carga eletrostática.

Há muitos anos, o método de pulverização eletrostática é utilizado na indústria, na pintura de automóveis, por exemplo, e mais recentemente em impressoras à jato de tinta, e seu uso na agricultura vem ganhando cada vez mais destaque com o desenvolvimento de equipamentos, tanto para aplicações aéreas, quanto as terrestres.

OBJETIVOS

Objetiva-se com este trabalho o desenvolvimento de um sistema de pulverização por nebulização da calda através de frequência ultrassom em conjunto com a indução eletrostática, acoplável a veículo de tração motora, onde o equipamento irá transformar a calda presente no tanque em uma névoa através de sua atomização utilizando transdutores piezoelétricos.

PROTOTIPAÇÃO

1. Descrição detalhada do invento

O presente invento trata-se de um sistema de pulverização por nebulização da calda através de frequência ultrassom em conjunto com a indução eletrostática (Fig. 2), acoplável a veículo de tração motora e está sendo desenvolvido em parceria com o Instituto Federal Goiano – Campus Urutai. O equipamento possui pelo menos uma plataforma de acoplamento e fixação dos equipamentos (Fig. 3), uma barra flexível (Fig. 4), um reservatório de calda (Fig. 5), um sistema de alta voltagem (Fig. 6), uma câmara de atomização (Fig. 8), um condutor de névoa flexível (Fig. 2f) e um difusor (Fig. 2g) e pode ser acoplado em diversos tipos e tamanhos de veículos de tração motora.

Cada câmara (Fig. 8) é composta por uma placa de circuito integrado (placa fonte) (Fig. 8b) responsável pelo comando geral e essa placa está ligada a sub-placas (Fig. 8b) responsáveis por controlar os transdutores/pastilhas (Fig. 9b), sensor de nível (Fig. 9a) e o exaustor (Fig. 8a). Para acionamento dessas placas e demais componentes será instalado um regulador e um inversor de voltagem, que serão ligados ao próprio sistema elétrico do traçado, tais equipamentos ficam responsáveis por manter sempre a voltagem ideal de funcionamento das placas e componentes paralelos a mesma.

O processo de formação da névoa ocorre no interior da câmara de atomização (Fig. 8), onde os transdutores piezoelétricos (Fig. 9b) fazem a atomização da calda, esse processo irá gerar gotas ultrafinas, menores até que 10 micrômetros (μm) (de acordo com especificações técnicas de umidificadores ultrassônicos). Cada câmara tem a capacidade de nebulizar cerca de 1250 ml/h^{-1} de calda, além disso elas dispõem de um sistema de rotação (Fig. 8e) permitindo que o interior da câmara mantenha sempre o nivelamento horizontal, o que possibilita o uso da barra em posições diferentes. Dentro da câmara deve-se manter uma lâmina constante de calda (de 3 a 4 cm) acima dos transdutores (Fig. 9b), a constância dessa lâmina é controlada através de um sensor de nível (Fig. 9a), que regula a entrada e saída de calda por meio de válvulas (Fig. 5a).

De acordo com a norma S572.1 da ASABE (American Society of Agricultural and Biological Engineers) gotas extremamente finas e muito finas tem um excelente potencial de adesão na superfície vegetal, entretanto um alto risco de deriva, então a tecnologia da eletrostática tem grande potencial pra atuar minimizando o efeito de deriva nessas gotas de tamanho reduzido, como foi observado por Minguela e Cunha (2013), onde afirmam que gotas

mais finas, abaixo de 150 μm , apresentam maior potencial para serem utilizadas neste sistema, isso porque permite maior razão entre carga e massa.

A névoa receberá carga elétrica de alta tensão pulsante, ajustável de 0 a 40 kV sendo alimentada pela bateria do próprio sistema de tração que comumente tem 12 V e 150 A. O sistema de alta tensão (Fig. 6) é composto por uma bobina automotiva (Fig. 7a) de 12 V, um circuito integrado com capacidade de controlar o tempo (temporizador) (Fig. 7b), transistor (Fig. 7c), resistores (Fig. 7d), potenciômetro para ajustar a variação de tensão (Fig. 7e), capacitor eletrolítico (Fig. 7f), capacitor de poliéster (Fig. 7g), diodos e malha eletrostática (Fig. 10b e 10c) disposta na saída dos difusores (Fig. 10). O painel de controle (Fig. 11) do sistema eletrostático poderá ser alojado preferencialmente no interior do veículo que fará a tração do conjunto. Esse painel consiste em uma chave de acionamento sistema (on/off) (Fig. 11a), um controlador de alta voltagem (Fig. 11b) e um display (Fig. 11c).

Para a dissipação da névoa durante a aplicação será usado exaustores (Fig. 8a), tubos flexíveis (Fig. 2f) e difusores (Fig. 10). Ao sair da fonte de alta tensão, o cabeamento chega ao circuito de compartilhamento, onde se divide na quantidade de número de difusores instalados, não tendo limite de quantidade e posição.

Um fato extremamente importante é que a atração eletrostática tem relação inversa com o tamanho das gotas, sendo mais intenso em gotas com diâmetros inferiores a 100 micrômetros. De maneira geral, a eficiência da aplicação aumenta com a diminuição do tamanho das gotas e aquelas compreendidas entre 20 e 50 micrômetros são ideais para o controle de insetos. É justamente nesta faixa de tamanho que ocorre o maior benefício da carga eletrostática, aumentando expressivamente a deposição (McCracken, 2000).

O sistema é disposto também de um reservatório (Fig. 5) de calda fabricado em material polipropileno, esse reservatório está conectado diretamente as câmaras de nebulização (Fig. 8) por meio de tubulação flexíveis própria para produtos químicos. Um conjunto de válvulas (Fig. 5a), que trabalha em paralelo com os sensores de nível (Fig. 9a) de cada câmara irão controlar a vazão e a constância da lamina de calda.

A Plataforma (Fig. 3) onde os componentes de pulverização serão instalados será do tipo montada acoplada ao sistema hidráulico de 3 pontos do trator (Fig. 3a), essa plataforma será moldada em uma chapa de aço e dispõe de um sistema vertical de regulagem de altura (Fig. 3b) da barra de suporte (Fig. 4) das câmaras de atomização e difusores o que possibilita a aplicação em variadas culturas e seus estágios de desenvolvimento.

A barra para suporte e fixação das câmaras de atomização (Fig. 4) pode ser fabricada em aço ou perfil de alumínio, esta barra é disposta de dois pontos de fixação e regulagem (Fig. 4b) e dois pontos de flexionamento (Fig. 4c).

Os difusores (Fig. 10) substituem o uso dos bicos convencionais e são dispostos ao longo da barra com uma distância de 0,50 m entre os mesmos. Os difusores são fabricados de material rígido (Polietileno ou polipropileno) e isolante com característica anatômica que possibilite uma melhor distribuição da névoa.

Os tubos direcionais ou condutores de névoa flexível (Fig. 2f) que fazem a união entre a câmara de atomização e os difusores deverão ser fabricados em material isolante e flexível. Cada tubo é dotado de uma fonte controladora de ar, que possibilita o controle do fluxo de ar até os alvos da pulverização.

O novo sistema poderá ser melhor compreendido por meio da descrição dos desenhos a seguir.

A Fig. 2 representa o Pulverizador Ultrassônico Eletrostático.

A Fig. 3 ilustra a Plataforma de acoplamento.

A Fig. 4 esboça a Barra para suporte e fixação das Câmaras de Atomização.

A Fig. 5 ilustra o Reservatório de Calda.

A Fig. 6 representa a vista externa do Sistema de Alta Tensão.

A Fig. 7 representa a vista interna do sistema de Alta Tensão.

A Fig. 8 esboça a vista externa da Câmara de Atomização.

A Fig. 9 ilustra o Interior da Câmara de Atomização.

A Fig. 10 representa o Difusor eletrostático.

A Fig. 11 esboça o Painel de controle.

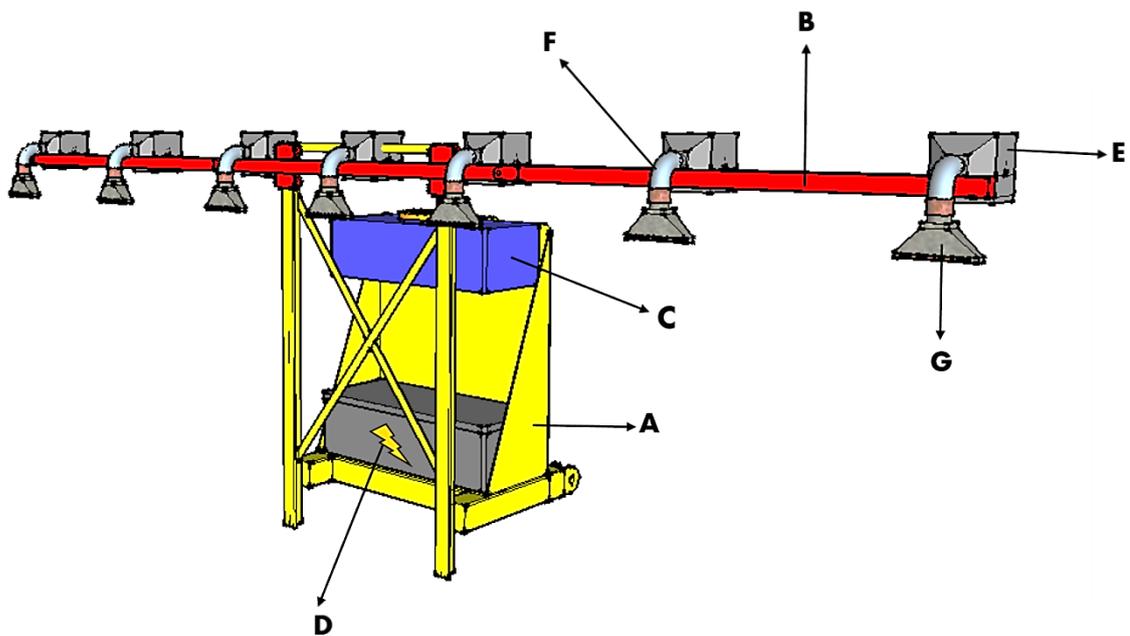


Figura 2 - Pulverizador Ultrassônico Eletrostático. A) Plataforma de acoplamento e fixação dos equipamentos, B) Barra flexível, C) Reservatório de calda, D) Sistema de alta tensão, E) Câmara de atomização, F) Conductor de névoa flexível, G) Difusor.

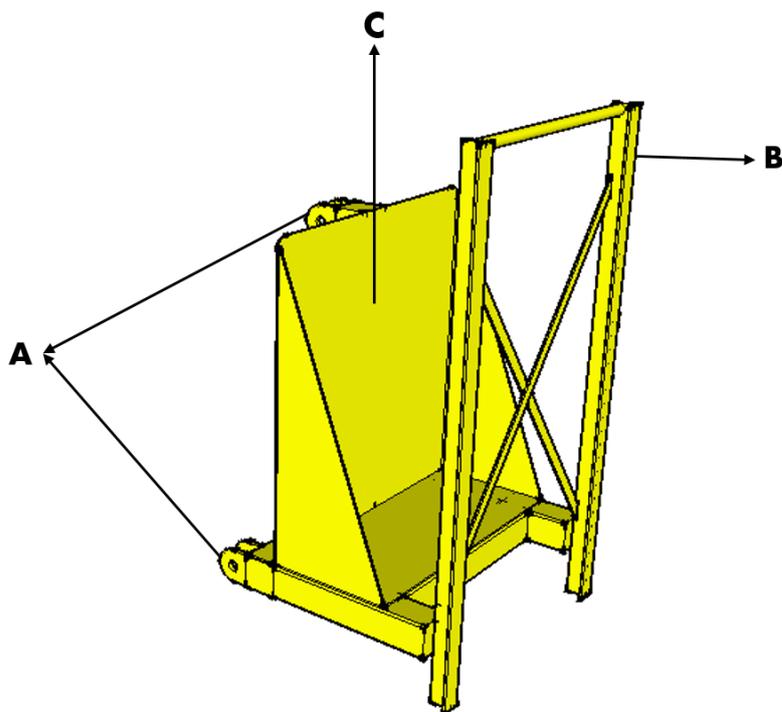


Figura 3 – Plataforma de acoplamento. A) Pontos para acoplamento no traçado, B) Sistema vertical para regulagem de altura da barra flexível, C) Chapa para fixação do tanque e sistema de alta tensão.

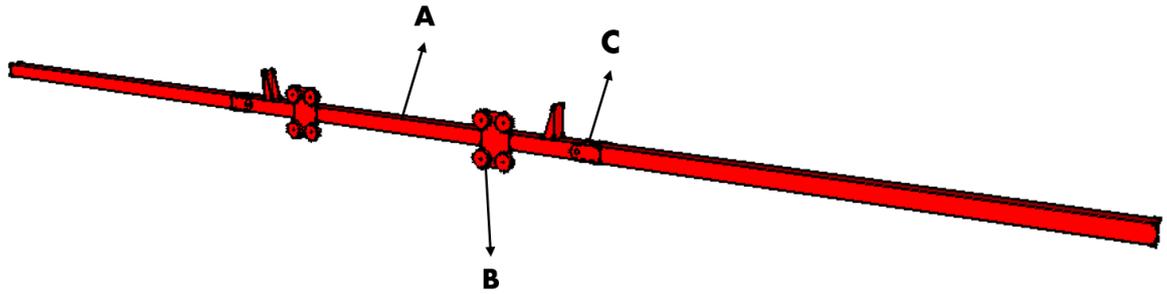


Figura 4 - Barra para suporte e fixação das Câmaras de atomização. A) Corpo da barra, B) Sistema de fixação e regulagem, C) Ponto de flexionamento.

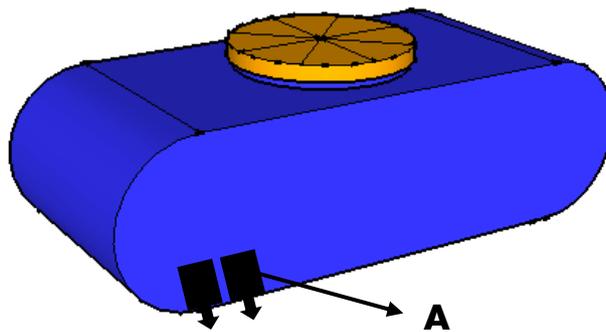


Figura 5 - Reservatório de Calda. A) Válvulas controle de vazão.

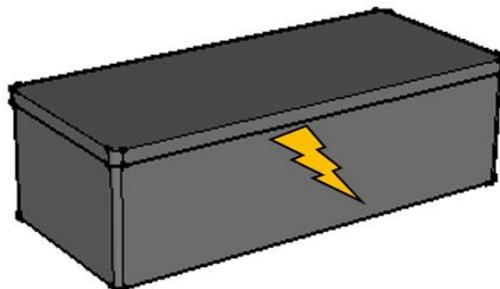


Figura 6 - Vista externa do Sistema de Alta Tensão.

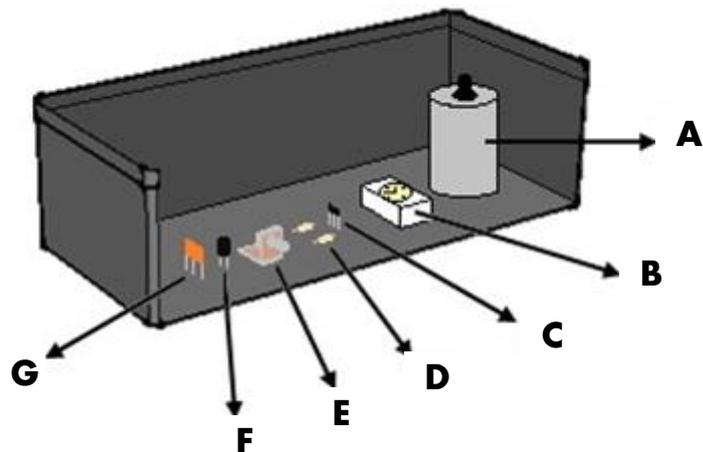


Figura 7 - Vista interna do Sistema de Alta Tensão. A) Bobina automotiva, B) Temporizador, C) Transistor, D) Resistores, E) Potenciômetro para ajustar a variação de tensão, F) Capacitor eletrolítico, G) Capacitor de poliéster.

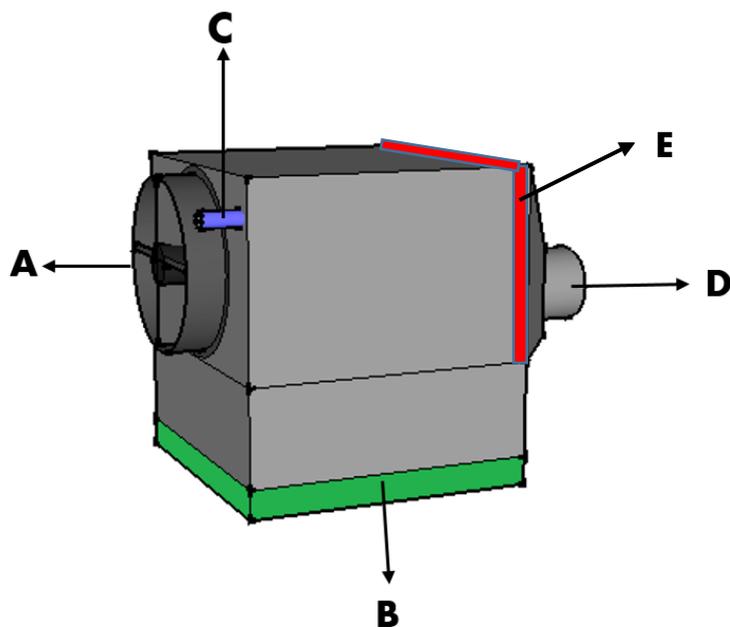


Figura 8 - Câmara de Atomização. A) Exaustor, B) Placa de comando das pastilhas, C) Tubulação de entrada de calda, D) Orifício de saída de névoa, E) Dispositivo de giro.

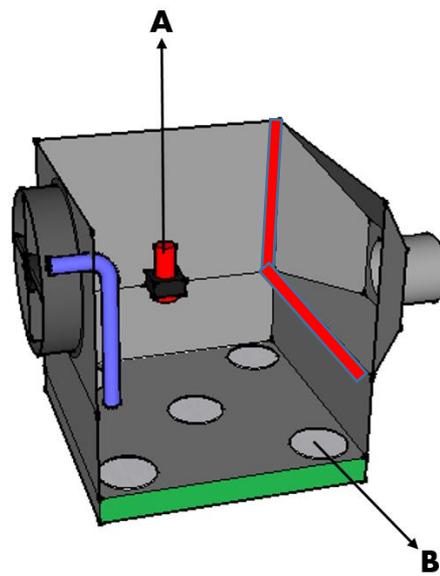


Figura 9 - Interior da Câmara de atomização. A) Sensor de nível, B) Pastilha de alta frequência.

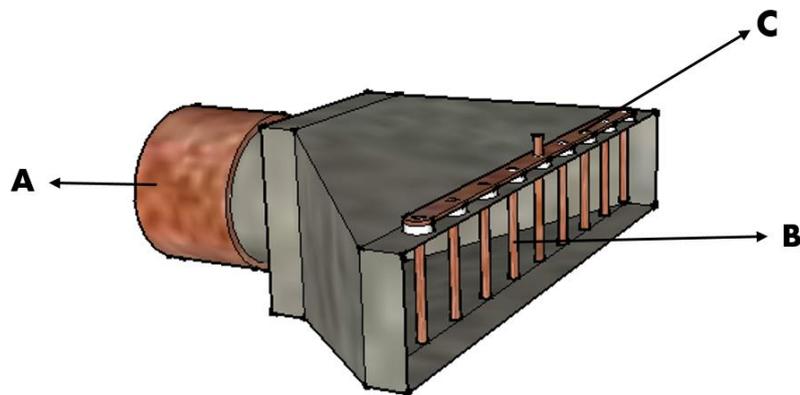


Figura 10 - Difusor eletrostático. A) Anel eletrostático, B) Eletrodo de indução, C) Placa de distribuição de alta tensão.

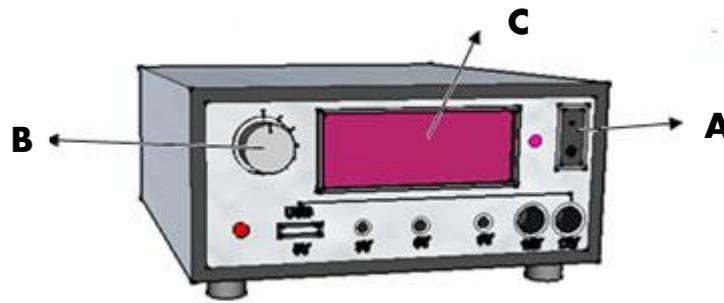


Figura 11 - Painel de controle. A) Chave de acionamento sistema (on/off), B) Controlador de alta voltagem, C) Display.

2. Aplicação do invento

O invento se enquadra dentro do ramo de tecnologia de aplicação e tem como finalidade minimizar os problemas relacionados a aplicação de defensivos agrícolas tais como deriva, deposição sobre o alvo, alcance de gotas menores, redução de custos e diminuição dos impactos ambientais. Este novo sistema tem grande potencial de mercado, uma vez que todos esses problemas citados anteriormente são responsáveis por gerar grandes prejuízos econômicos e ambientais.

Essa tecnologia poderá ser utilizada tanto por grandes como pequenos produtores, já que é possível a fabricação em diversos tamanhos. Uma vez que a estrutura não é a questão dentro da ideia, mas sim a forma de transformar o líquido de pulverização em microgotas e distribuí-las uniformemente na faixa desejada de aplicação. O invento tem potencial de ser usado e fabricado com uma ou com várias câmaras de atomização. O que vai diferenciar esse potencial será o tamanho do tanque de calda e a remodelagem dos demais componentes, aumentando-os ou diminuindo-os de acordo com a demanda.

A tecnologia em questão foi desenvolvida inicialmente pensando na aplicação de herbicidas em geral, no entanto ela poderá ser usada também na aplicação de inseticidas e fungicidas, assim como, climatização e desinfestação de ambientes e controle de endemias agrícolas e urbanas.

O invento tem como vantagens em relação aos métodos já existentes no mercado a redução da deriva, redução de custos, redução dos impactos ambientais, maior deposição do produto aplicado sobre o alvo, maior alcance da névoa em relação ao dossel da cultura e uniformização na distribuição do produto.

Outro caráter inovador e inventivo do presente modelo está relacionado na combinação

sinérgica, em um mesmo sistema de pulverização, do uso da tecnologia de geração de gotas por alta frequência (ultrassom), com a tecnologia de carregamento eletrostático das gotas obtendo resultados finais, para tais fins, melhores que os obtidos por essas tecnologias quando aplicadas isoladamente.

Os efeitos técnicos pretendidos são a possibilidade de aplicação de produtos fitossanitários com maior garantia de que o produto atinja o alvo, utilizando uma menor dose para controle efetivo, diminuição do potencial para deriva e conseqüentemente maior eficiência de controle reduzindo assim o número de pulverizações necessárias. Por ser de manejo simples, o equipamento apresenta fácil regulagem em seus principais componentes. O ponto mais crítico de todo o processo é o sistema eletrostático, já que trabalha com alta voltagem, assim para garantir total segurança ao operador todos os componentes em contato com esse sistema são externamente cobertos com material isolante.

Assim, a invenção proposta sana à deriva existente uma vez que oferece a possibilidade de diminuir a imprecisão e a variação dos produtos fitossanitários aplicados nas culturas.

IMPACTOS E RESULTADOS ESPERADOS

Como principais resultados, espera-se identificar os fatores envolvidos na tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas e similares no combate de pragas e patógenos, como as técnicas, procedimentos, equipamentos, entre outros itens que estão relacionados com a eficácia dos tratamentos, contribuindo para o conhecimento acadêmico e dos profissionais vinculados à área de projetos de máquinas, obtendo dados satisfatórios que visem sanar os problemas relacionados a tecnologia de aplicação citados inicialmente, estando esse novo sistema de acordo com a metodologia utilizada para o seu desenvolvimento, tendo em vista a tecnologia disponível.

Dentro dos resultados, listamos as reivindicações propostas no pedido de patente:

1 - Sistema de pulverização por nebulização da calda através de frequência ultrassom em conjunto com a indução eletrostática, acoplável a veículo de tração motora;

2 - Sistema de pulverização por nebulização da calda através de frequência ultrassom em conjunto com a indução eletrostática, caracterizado por utilizar a técnica de nebulização por ultrassom, transformando a calda presente no tanque em uma névoa através de sua atomização por transdutores piezoelétricos. Esse processo de atomização irá gerar gotas extremamente finas, e Sasaki et al. (2013) afirmam que em uma pulverização, o emprego de gotas com diâmetros reduzidos possibilita uma melhor dispersão das gotas sobre a superfície foliar, aumentando a densidade de gotas depositadas no alvo e a redução do volume de calda a ser aplicado por unidade de área. Em se tratando da pulverização eletrostática, quanto menor o diâmetro da gota mais fácil de carregá-las, conforme verificado por Villalba e Hetz (2010).

3 - Sistema de pulverização por nebulização da calda através de frequência ultrassom em conjunto com a indução eletrostática, de acordo com reivindicação 1 e 2 caracterizado por possuir câmara de atomização da calda com dispositivo de giro de até 90°, permitindo assim aplicação tanto em culturas anuais com também em culturas perenes. A eficiência desse mecanismo de giro pode ser evidenciada por Cunha e Ruas (2006), quando estudaram os efeitos da posição do bico na uniformidade de deposição do produto e a determinação do coeficiente de variação puderam observar que houve uma melhora substancial na uniformidade de distribuição, quando montaram os bicos (em nosso caso as câmaras), com um ângulo de 90°, em relação ao plano horizontal.

4 - Sistema de pulverização por nebulização da calda através de frequência ultrassom em conjunto com a indução eletrostática, caracterizado por induzir carga positiva ou negativa

nas gotas através do método da eletrostática. Diversas pesquisas têm demonstrado as vantagens da pulverização eletrostática. Avaliando a aplicação eletrostática em pimentão, Derksen et al. (2007) conseguiram resultados similares, empregando-se volumes de aplicação seis vezes menores do que os utilizados em tratamentos convencionais. Laryea e No (2005) verificaram, na cultura da macieira, em que, dependendo das dimensões da planta, a pulverização eletrostática pode proporcionar um aumento na deposição em até 2,51 vezes, comparada à convencional. Xiongkui et al. (2011), trabalhando em pomares, constataram aumento na deposição com o sistema eletrostático de até 50%, comparado aos sistemas convencionais de pulverização.

5 - Sistema de pulverização por nebulização da calda através de frequência ultrassom em conjunto com a indução eletrostática, caracterizado por possuir dispositivo de distribuição da névoa em forma de difusores flexíveis e exaustores;

6 - Sistema de pulverização por nebulização da calda através de frequência ultrassom em conjunto com a indução eletrostática, de acordo com reivindicações 1, 2, 3, 4 e 5 podendo ser usado em aplicação de defensivos agrícolas, climatização e desinfestação de ambientes e controle de endemias agrícolas e urbanas.

7 - Câmara de atomização caracterizada por possuir pastilhas/ transdutores piezoelétricos, sensor de nível para manter sempre a constância da lamina de calda, exaustor para direcionar e impulsionar a névoa.

Outro resultado importante seria o de comprovar por meio deste equipamento uma satisfatória capacidade operacional (área tratada por tempo), com significativa durabilidade e baixa manutenção, considerando o custo/benefício, sendo seguro e ergonômico aos operadores cumprindo os padrões necessários à sua homologação.

CONCLUSÕES

Após uma ampla pesquisa bibliográfica, estudo da técnica, contato com consultores e técnicos em aplicação de defensivos agrícolas, foi realizado o desenvolvimento descritivo do invento com sucesso, e realizado o depósito do pedido de patente.

A identificação precoce dos itens necessários à homologação pode evitar o retrabalho, adaptações e, conseqüentemente, o sub ou superdimensionamento do sistema ao longo do desenvolvimento das demais fases (Projeto preliminar e detalhado).

REFERÊNCIAS

- ANTUNIASSI, U. R. Tecnologia de aplicação de defensivos. Boletim de Pesquisa de Soja, v. 8, p. 165-177, 2004.
- BALAN, M. G. et al. Pulverização em alvos artificiais: avaliação com uso do software contagotas. Ciência Rural, Santa Maria, v. 35, n. 4, p. 916-919, 2005.
- BOLLER, W.; MARCHRY, M. Efeito da pressão de trabalho e de pontas de pulverização sobre a eficiência de herbicidas de contato em soja. Engenharia Agrícola, v. 27, n. 3, p. 72, 2007.
- CHAIM, A. Pulverização eletrostática: Principais processos para a eletrificação de gotas. Embrapa Meio Ambiente. 17p. (Documento 57). 2006.
- CHAIM, A.; PESSOA, M. C. P. Y.; FERRACINI, V. L. Eficiência da deposição de agrotóxicos obtida com bocal eletrostático para pulverizador costal motorizado. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.37. n.4, p.497-501, 2002.
- CHAIM, A. História da pulverização. Embrapa meio ambiente, Jaguariúna, 1999.
- CHAIM, A. Desenvolvimento de um pulverizador eletrohidrodinâmico: avaliação do seu comportamento na produção de gotas e controle de trips (*Enneothrips flavens* Moulton, 1951), em amendoim (*Arachis hypogaea* L.), Jaboticabal, 1984.
- CASALI, A.L. Caracterização, Avaliação e Classificação dos Pulverizadores Autopropelidos Produzidos No Brasil. 2015. 127f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Pós-graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2015.
- COFFEE, R.A. Electrodynamic crop spraying. Outlook on Agriculture, Elmsford, v.10, n.7, p.350-356, 1981.
- COSTA, A. Z. de M.; PEREIRA, J. L.; CESAR, J. de O.; LIMA, L. C. Tecnologia de Aplicação de agroquímicos. Ceplac/EBDA, 2014.
- CUNHA, J. P. A. R.; RUAS, R. A. A. Uniformidade de distribuição volumétrica de pontas de jato plano duplo com indução de ar. Pesquisa Agropecuária Tropical, Goiânia, v.36, n.1, p. 61-62, 2006.
- CUNHA, J. P. A. R. Simulação da deriva de agrotóxicos em diferentes condições de pulverização. Ciência e Agrotecnologia, v.32, p.16 - 21, 2008.
- DERKSEN, R.C. et al. Field evaluation of application variables and plant density for bell pepper pest management. Transactions of the ASAE, St. Joseph, v.50, n.6, p.1945-1953, 2007
- FAGGION, F.; ANTUNIASSI, U. R. Desempenho de pontas de pulverização quanto a indução de ar nas gotas. Energia na Agricultura, v. 25, n. 4, p. 72-82, 2010.
- FERREIRA, M. C.; Lohmann, T. R.; Campos, A. P.; Viel, S. R.; Figueiredo, A. Distribuição

volumétrica e diâmetro de gotas de pontas de pulverização de energia hidráulica para controle de corda-de-viola. *Planta Daninha*, v.29, p.697-705, 2011.

HAILE, D. G.; MOUNT, G. A.; PIERCE, N. W. Effect of droplet size of Malathion aerosols on kill of caged adult mosquitoes. *Mosquito News*, Aliso Viejo, v. 42, n. 4, p. 576-583, 1982.

HISLOP, F. C. Electrostatic ground-rig spraying: an overview. *Weed Technology*, North Dakota, v. 2, n. 1, p. 94-104, 1988.

KIRK, I. W. et al. Aerial spray deposition in cotton. *Trans. ASAE*, v. 35, n. 5, p. 1393-1399, 1992.

LAW, S. E. Embedded-electrode electrostatic-induction spray nozzle: theoretical and engineering design. *Transactions of the ASAE*, Saint Joseph, v. 21, s/n., p. 1096-1104, 1978.

LARYEA, G.N.; NO, S.Y. Effect of fan speed and electrostatic charge on deposition of orchard canopy sprays. *Atomization and Sprays*, Redding, v.15, p.133-144, 2005.

LOGFREN, C. S. Ultra low volume applications of concentrated insecticides in medical and veterinary entomology. *Annual Review of Entomology*, Stanford, v.15, n. 1, p.321-342, 1970.

MARTINES, M. A. U.; DAVOLOS, M. R.; JUNIOR, M. J. O Efeito do Ultra-Som em Reações Químicas . Instituto de Química - Universidade Estadual Paulista - UNESP - Araraquara - SP .2000.

MARTINI, A.T., AVILA, L.A., CAMARGO, E.R., MOURA, D.S. , MARCHEZAN, M.G. e PIVETTA, A.P. Influência de Adjuvantes e Pontas de Pulverização na Deriva de Aplicação do Glyphosate. *Planta Daninha*, Viçosa-MG, v. 33, n. 2, p. 375-386, 2015.

MASKI, D.; DURAIRAJ, D. Effects of electrode voltage, liquid flow rate, and liquid properties on spray chargeability of an airassisted electrostatic-induction spray-charging system. *Journal of Electrostatics*, v.68, p.152-158, 2010.

MASUH, H. et al. *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae): monitoring of populations to improve control strategies in Argentina. *Parasitology Research*, Berlin, v. 103, n. 1, p. 167-170, 2008.

MATTHEWS, G. A. *Application of pesticides to crops*. London: Imperial College Press, 2000. 325 p.

MATTHEWS, G. A. *Pesticide Application Methods*. 2nd ed. New York: Longman Scientific & Technical and John Wiley & Sons, 1992.

MATUO, T. *Técnicas de aplicação de agroquímicos*. Jaboticabal: Funep, 1990. 139 p.

MATUO, T. et al. *Proteção de Plantas*. In: ABEAS - Associação Brasileira de Educação Agrícola Superior. *Tecnologia de Aplicação e Equipamentos*. Brasília: ABEAS, 2005.

McCRACKEN, A. Mais eficiência, menor volume. *Cultivar Grandes culturas*, ed. 23, p. 14-16, 2000.

MILLER, P. C. H. Spray drift and its measurement. In: MATTHEWS, G. A.; HISLOP, E. C. Application technology for crop protection. Cambridge: CAB International, 1993. p. 101-122.

MILLER, P. C. H. Reducing the risk of drift from boom sprayers. In: RAETANO, C. G.; ANTUNIASSI, U. R. Qualidade em tecnologia de aplicação. Botucatu: Fepaf, 2004. p. 110-124.

MINGUELA, J. V.; CUNHA, J. P.. Manual de Aplicação de Produtos Fitossanitários. 1. ed. Viçosa, 2013. 588 p.

MONTEIRO, M. V. de M. Eficiência na aplicação de defensivos com BVO aéreo. In: BORGES, L. D. (Org). Tecnologia de aplicação de Agroquímicos. Passo Fundo: Plantio Direto Eventos, 2006. cap. 8, p. 99-108

MURPHY, S. D.; MILLER, P. C. H.; PARKIN, C. S. The effect of boom section and nozzle configuration on the risk of spray drift. Journal of Agricultural Engineering Resource, London, v. 75, p. 127-137, 2000.

OLIVEIRA, R. B. de. Caracterização Funcional de Adjuvantes em Soluções Aquosas. Botucatu - SP Fevereiro – 2011. Tese (Doutorado em Agronomia) apresentada à Faculdade de Ciências Agrônômicas da Unesp - Campus de Botucatu.

OZMERI, A.; CILINGIR, I. Use of colorimetric technique in determining surface coverage in spraying. Agric. Mechan. Asia, Africa Latin America, v. 23, n. 1, p. 37-38, 1992.

RODRIGUES, A. C. P.; COSTA, N.V.; CARDOSO, L.A.; PEREIRA, M.R.R.; MARTINS, D. Avaliação dos bicos de ventilação plana no spray deposição em diferentes combinações de plantas de feijão, *Brachiaria plantaginea* e *Bidens pilosa*. Planta Daninha, v.28, n.spe, P.1159-1171, 2010.

RONCHI, R. P. Avaliação da Eficiência do Ultrassom no Processo de Separação de Fases em Água Produzida e em Emulsões Sintéticas do Tipo O/A. 2014.

SANTOS, H. C. O.; AMARAL, W. N.; TACON, K. C. B. A História da Ultrassonografia no Brasil e no Mundo. Revista Digital. Buenos Aires, Ano 17, n.167, 2012. <http://www.efdeportes.com/efd167/a-historia-da-ultrassonografia.htm>

SASAKI, R.S.; TEIXEIRA, M. M.; FERNANDES, H. C.; MONTEIRO, P. M. de B.; RODRIGUES, D. E. Deposição e uniformidade de distribuição da calda de aplicação em plantas de café utilizando a pulverização eletrostática. Ciência Rural, v.43, n.9, p.1605-1609, 2013.

SCHAMPHELEIRE, M. et al. Effects on pesticide spray drift of the physicochemical properties of the spray liquid. Precision Agriculture, v. 9, p. 1-12, 2008.

SCHRÖDER, EP Avaliação de Sistemas aero agrícolas visando a minimização de Contaminação ambiental. 2003. 66 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas de 2003.

SUMNER, P. E.; SUMNER, S. A. Comparison of new drift reduction nozzles. Saint Joseph: ASAE, 1999. 17 p. (Paper, 991156).

SUMNER, P. E. Reducing spray drift. Georgia: University of Georgia, 1997. 11 p. (ENG97-005).

TSAI, M.; ELGETHUN, K.; RAMAPRASAD, J.; YOST, M. G.; FELSOT, A. S.; HEBERT, V. R.; FENSKE, R. A. The Washington aerial spray drift study: modeling pesticide spray drift deposition from an aerial application. *Atmospheric Environment*, Oxford, v. 39, p. 6194-6203, 2005.

VILLALBA, J.; HETZ, E. Deriva de productos agroquímicos - Efecto de las condiciones ambientales. In: _____. *Tecnología de aplicación de agroquímicos*. Argentina: Área de comunicaciones del INTA Alto Valle, 2010. Cap.3, p.45-54.

WOLF, R. E. Strategies to reduce spray drift. Kansas: Kansas State University, 2000. 4 p. (Application Technology Series).

XIONGKUI, H. et al. Precision orchard sprayer based on automatically infrared target detecting and electrostatic spraying techniques. *International Journal of Agricultural and biological engineering*, Beijing, v.4, p.35-40, 2011.

ZHENG, J. et al. Advances in pesticide electrostatic spraying in China. *Transaction of the ASAE*, v.34, n.2, p.1-12, 2002.

ZHOU, Y. et al. Development and application prospects of pneumatic electrostatic sprayer in orchard. *Asian Agricultural Research*, v.4, n.1, p.78-80, 2012.

ZHU, H.; REICHARD, D. L.; FOX, R. D.; BRAZEE, R. D.; OZKAN, H. E. Simulation of drift of discrete sizes of water droplets from field sprayers. *Transactions of the ASAE*, Saint Joseph, v. 37, n. 5, p. 1401-1407, 1994.

ANEXOS

ANEXO A – COMPROVANTE DO PEDIDO DE PATENTE E NUMERO DO PROCESSO



30/11/2018 870180157887
18:50

29409161808336894

**Pedido nacional de Invenção, Modelo de Utilidade, Certificado de
Adição de Invenção e entrada na fase nacional do PCT**

Número do Processo: BR 10 2018 074987 0

Dados do Depositante (71)

Depositante 1 de 1

Nome ou Razão Social: INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO

Tipo de Pessoa: Pessoa Jurídica

CPF/CNPJ: 10651417000178

Nacionalidade: Brasileira

Qualificação Jurídica: Instituição de Ensino e Pesquisa

Endereço: Rua 88, nº310 - Setor Sul

Cidade: Goiânia

Estado: GO

CEP: 74085-010

País: Brasil

Telefone: (62) 3605-3664

Fax:

Email: tania.araujo@ifgoiano.edu.br

ANEXO B – DADOS DO PEDIDO

Dados do Pedido

Natureza Patente: 10 - Patente de Invenção (PI)

Título da Invenção ou Modelo de Utilidade (54): PROCESSO, SISTEMA DE PULVERIZAÇÃO POR NEBULIZAÇÃO DE CALDA COM FREQUÊNCIA ULTRASSOM E INDUÇÃO ELETROSTÁTICA E USOS

Resumo: Processo, sistema de pulverização por nebulização de calda utilizando frequência ultrassom e indução eletrostática, acoplável a veículo de tração motora, onde o equipamento possibilita transformar a calda presente no tanque em uma nevoa por meio de sua atomização, utilizando transdutores piezoelétricos. Esse processo de nebulização irá gerar gotas ultrafinas (menores que 50 µm) que receberá carga elétrica de alta tensão pulsante. O invento se enquadra dentro do ramo de tecnologia de aplicação e tem como finalidade minimizar os problemas relacionados à aplicação de produtos agrícolas como a deriva. No entanto ela poderá ser usada também na climatização e desinfestação de ambientes e controle de endemias agrícolas e urbanas.

Figura a publicar: 01