VANTAGENS E DESVANTAGENS DA APLICAÇÃO DE AGROQUÍMICOS VIA AÉREA E TERRESTRE

Daiane Deus Oliveira¹, Josiany Mara Lopes¹, Marcos Kovalesski², Valmir Werner³

¹Graduandos em Agronomia da Universidade Federal de Santa Maria- Campus Frederico Westphalen- RS, Brasil (daiane_barcelos16@hotmail.com).

² Engenheiro Agrônomo da Universidade de Passo Fundo- UPF- RS, Brasil.

³Orientador, Professor Dr. da Universidade Federal de Santa Maria- Campus Frederico Westphalen- RS, Brasil.

Recebido em: 02/10/2017 – Aprovado em: 21/11/2017 – Publicado em: 05/12/2017
DOI: 10.18677/EnciBio_2017B66

RESUMO

Tanto a cultura da soja (*Glycine max* L.) quanto a do milho (*Zea mays*) tem ganhado cada vez mais importância no Brasil e no mundo. Isso porque, a cada safra tem-se aumentado a produtividade de ambas. Nesse contexto, surgiram também várias doenças fúngicas, plantas invasoras e insetos pragas fazendo-se necessário cada vez mais o uso de agroquímicos. É por esse motivo que o presente trabalho teve como objetivo geral fazer uma revisão bibliográfica sobre o tema tecnologia de aplicação de agroquímicos nas culturas de soja e milho, descrevendo algumas vantagens e desvantagens de cada tratamento nas aplicações aéreas e terrestres. Na aplicação aérea os tratamentos com atomizador rotativo e com sistema eletrostático proporcionam maior eficiência operacional, além de uma boa cobertura no dossel das plantas quando comparado com aplicação aérea convencional. Já nas aplicações terrestres com tratamentos de diferentes volumes de calda por hectare demonstram que volumes de calda maiores que 130 litros por hectare causam menor eficiência operacional quando comparados com volumes de calda de 80 litros por hectare. Pode-se concluir que fazem-se necessários estudos mais aprofundados para ambos os tipos de aplicações.

PALAVRAS-CHAVE: Agroquímicos, Pulverização, Tecnologia de Aplicação.

ADVANTAGES AND DISADVANTAGES OF AERIAL AND GROUND AGROCHEMICALS APPLICATION

ABSTRACT

Both the soybean (*Glycine max* L.) as the corn (*Zea mays*) has achieved increasing importance in Brazil and in the world. This is because each crop has increased the productivity of them. In this context, there emerged several fungal diseases, weeds and insect pests that are making necessary the use of agrochemicals. For this reason, this study has the major objective to make a literature review on the subject of application technology of agrochemicals in soybean and corn crops, pointing out

the main advantages and disadvantages of each treatments of aerial and ground application. In the aerial application some treatments with rotary atomizers and with electrified system provide greater operational efficiency, and good coverage in the plant canopy when compared with conventional aerial application. For the ground spraying, syrup volumes larger than 130 liters per hectare cause less operational efficiency when compared with syrup volume equal to 80 liters per hectare. However, today are necessary further studies in relation to the issue described, especially when the comparison of aerial and ground spraying.

KEYWORDS: Application Technology, Agrochemicals, Spraying.

INTRODUÇÃO

A cultura da soja (*Glycine max* L.) tem ganhado cada vez mais importância, na agricultura mundial, por causa da alta diversidade do uso da oleaginosa. Também, em função do aumento da demanda global por alimentos, a área destinada ao cultivo desta cultura tem aumentado anualmente. Segundo dados do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos – USDA - a área cultivada no mundo passou de 81,48 milhões de hectares, na safra 2002/03, para 108,55 milhões na safra 2012/13, o que representa crescimento de 33% na década (MOREIRA, 2012).

Por outro lado, a cultura do milho (*Zea mays* L.) também possui significativa importância mundial, pois apresenta um dos maiores volumes de produção com, aproximadamente, 960 milhões de toneladas. Os países como Estados Unidos, China, Brasil e Argentina têm liderado o cenário comercial, com 70% da produção mundial (PEIXOTO, 2016). Conforme Yagushi (2013), o Brasil teve crescente aumento na produção desta cultura durante os últimos 10 anos, dobrando a quantidade colhida, o que significou aumento de 60%, representando quase 30 milhões de toneladas do cereal, entre os anos de 2009 a 2013.

Para ter este contexto de safras com elevadas produtividades, torna-se indispensável uma produção agrícola estável, sendo necessário usar manejo fitossanitário adequado, ou seja, que controle doenças, pragas e plantas daninhas, proporcionando à cultura menor interferência sobre os fatores de produção (IKEDA; ZAMBON, 2013).

Segundo Viegas Neto (2013) as práticas culturais podem proporcionar às plantas melhor arranjo e, conseqüentemente, melhor penetração no momento da aplicação dos agrotóxicos resultando, assim, em maior eficiência da aplicação. A cultura da soja é uma espécie com boa plasticidade quanto à resposta a variação no arranjo espacial das plantas. Por esse motivo, não apresenta diferença significativa em rendimento numa faixa de população de plantas e de espaçamento entre as fileiras de plantas (EMBRAPA, 2011).

No caso das aplicações com fungicidas, à cobertura proporcionada por estas sobre o dossel da soja é, normalmente, pouco uniforme principalmente no que se refere à parte inferior da planta, apresentando então controle insuficiente mesmo quando são usados produtos sistêmicos (CUNHA et al., 2014).

A tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários tem colaborado no aumento da produtividade nas lavouras. No Brasil, tem-se a aplicação aérea como realidade em várias regiões do país. O uso cresceu muito na cultura do milho, devido à dificuldade de entrada de máquinas terrestres em fases mais adiantadas da

cultura. Porém, ainda existem poucas informações científicas quanto à eficiência, principalmente, quando comparada com as aplicações convencionais. No caso do milho existe a dependência do desenvolvimento da planta, pois a aplicação terrestre poderá ocasionar redução no estande da lavoura, ou seja, diminuição da área fotossintética e do número de espigas acarretando perdas de grãos e reduzindo, significativamente, a produção (SILVA, 2004 citado por CUNHA et al. 2010).

Já na cultura da soja as aplicações terrestres são mais comuns, até porque, a cultura possui porte menor quando comparada com o milho. No entanto, para que ambas as aplicações tenham sucesso é necessário dominar a forma adequada de aplicação, garantindo que o produto chegue ao alvo de forma eficiente, além de minimizar as perdas, já que o produto não será depositado em áreas indesejáveis, consequentemente causando redução das contaminação do ambiente (NUYTTENS et al., 2010).

A revisão bibliográfica desse trabalho teve a finalidade de discutir as principais formas para aplicações de agroquímicos e qual delas garantirá ao produtor maior produtividade quando comparadas entre si. Isso porque dependendo da aplicação, poderão ocorrer perdas, decorrentes do amassamento da cultura no momento das aplicações com pulverizadores terrestres ou por deriva do produto químico utilizado, em função da calibração do tamanho das gotas a serem pulverizadas pela ponta no sistema de aplicação aérea.

Dessa forma, o objetivo geral deste trabalho foi realizar uma revisão da literatura sobre o tema da tecnologia de aplicação de agrotóxicos nas culturas da soja e do milho, apontando as principais vantagens e desvantagens da utilização da tecnologia de aplicação aérea e terrestre.

Tecnologia de aplicação de agroquímicos

Tecnologia de aplicação não se limita apenas como levar ao produtor inovações tecnológicas de alto valor comercial, mas sim calibrar corretamente o pulverizador terrestre a ser utilizado para aplicação do produto químico na lavoura, bem como fazer manutenções necessárias para garantir maior vida útil deste. No caso de aplicações aéreas, fazer as regulagens dos ângulos entre as pontas de pulverização e a barra de pulverização do avião, a fim de garantir melhor aplicação. Todavia dependerá do tipo de agroquímico a ser aplicado na cultura (MINGUELA; CUNHA, 2013).

É por esse motivo que a tecnologia de aplicação de agroquímicos tem sido bastante estudada, tanto para obter melhor aplicação destes na cultura, como também a influência que podem ter na qualidade final dos alimentos. A principal finalidade da aplicação de fitossanitários é controlar insetos, doenças e plantas daninhas. A distribuição adequada destes representa a quantidade exata de produto, distribuídas em forma de gotas uniformemente sobre o dossel, evitando a perda de rentabilidade dos cultivos, danos ao ambiente e a própria saúde das pessoas que realizam a aplicação (MINGUELA; CUNHA, 2013).

A tecnologia de aplicação desenvolve-se constantemente buscando novas técnicas e procedimentos para a melhor aplicação de produtos químicos sobre o alvo biológico definido, e claro, indesejável, de maneira técnica e segura, com cuidado e eficiência, de forma a minimizar os danos ao ser humano, animais e ao ambiente (ZAMBOLIM et al., 2008).

Para o sucesso de um programa de tratamento fitossanitário, dentro da agricultura, é fundamental a utilização de produto de eficácia comprovada, e uma desenvolvida tecnologia para sua aplicação. A aplicação de produtos fitossanitários deve controlar eficientemente a praga, utilizando uma dose mínima e distribuindo o produto de maneira efetiva, sem, causar danos efeitos negativos ao meio ambiente (MINGUELA; CUNHA, 2013).

Segundo Cunha et al. (2011) a tecnologia de aplicação é importante ferramenta para maximizar a produtividade quando esta é usada de forma correta. Para Repke e Teixeira (2013), a qualidade das aplicações tem sido principal fator do não sucesso das aplicações de agroquímicos, ou seja, há fatores que afetam esta qualidade de pulverização como clima, hospedeiro, alvo biológico, ingrediente ativo e veículo para o preparo de calda. Para Zambianco (2013), as condições climáticas interferem na aplicação dos defensivos agrícolas, isso porque interrompem o sistema de operação. Como exemplo disso, são as ocorrências de correntes de vento que arrastam as gotas dependendo do seu tamanho e de sua massa. Por esse motivo, a velocidade ideal dos ventos deve variar de 2 a 10 km h⁻¹. Caso chova após a aplicação de agroquímicos também ocorrem perdas dos agroquímicos através do escorrimento dos produtos antes da absorção na planta.

Os fatores climáticos, que causam maiores perdas de produtos fitossanitários por evaporação são: a temperatura e umidade relativa do ar. O diâmetro da gota está relacionado com a maior ou menor perda, porque quanto menor o tamanho das gotas maior será a superfície de contato com o meio e, consequentemente, maior será o risco de evaporarem. Para evitar estas perdas o indicado é fazer estas aplicações quando a temperatura do ar for menor que 30° C e quando a umidade relativa do ar estiver acima de 60% (BOLLER et al., 2011)

Temperaturas baixas como 15°C podem reduzir a eficiência dos produtos. Já temperaturas mais elevadas, acima de 30°C, juntamente com umidade relativa do ar baixa afetam o tempo de duração das gotas, a velocidade de absorção pelos tecidos vegetais e a atuação dos defensivos aplicados (BOLLER et al., 2011). Os mesmos autores ainda explicam que em condições de baixa umidade relativa do ar, os vegetais adicionam mecanismos de defesa para evitar a perda de água o que acaba dificultando, também, a entrada de produtos por via líquida. Por isso, é indicada a realização das aplicações nas primeiras horas da manhã ou ao final da tarde. Para diminuir as perdas por evaporação, registradas durante o dia, aplicações noturnas estão sendo utilizadas.

Todavia, nesse período e nas primeiras horas da manhã é comum encontrar orvalho sobre a superfície das plantas alvo das aplicações. Conforme Chaim (2009) para ter maior eficiência da ação dos agrotóxicos é necessário que os alvos estejam bem definidos em termos de espaço e de tempo, para que assim, a quantidade de produto utilizado no combate das pragas e doenças possa ser determinada. Ainda, para se definir o alvo biológico é importante o conhecimento da biologia da praga, o que possibilita determinar em qual estágio ela é mais suscetível ao agroquímico. Destaca-se que o conceito de proteção das culturas passa pelo propósito de redução da população da praga ou do estágio de desenvolvimento. Sendo assim, para obter qualidade na pulverização dependerá da cobertura do alvo, que será representado pelo número, tamanho e uniformidade de distribuição das gotas, bem como, da penetração destas na lavoura. Todavia a eficiência da aplicação dos

agroquímicos será drasticamente reduzida se estes não atingirem o alvo, principalmente se o produto aplicado for de contato ou, até mesmo, quando o alvo é de baixa mobilidade (REPCKE; TEIXEIRA, 2013).

No caso dos ingredientes ativos dos produtos químicos, Chaim (2009) afirma que poucas gramas destes são ideais para controlar problemas com doenças, plantas invasoras e pragas em uma área. Os ingredientes ativos, na maioria das vezes, não possuem as características físicas necessárias para serem aplicados. Basicamente este corresponde a produtos químicos, na forma sólida ou líquida, se encontrando em pequenas porções nas formulações, com a principal finalidade de combater a praga ou a doença que se deseja tratar. Portanto os diluentes ajudam o ingrediente ativo a ficar suspenso e disperso, aumentando assim a segurança no manuseio e proporcionando repartição mais homogênea do produto no alvo a ser tratado. Na formulação dos agroquímicos permite-se a união do ingrediente ativo com elementos inertes, de modo a obter a concentração adequada para aplicação (RODRIGUES, 2012).

Repke e Teixeira (2013) ainda relatam que a massa foliar da cultura interfere na cobertura e na penetração das gotas, quando o alvo pretendido não está localizado no terço superior da cultura tornando-se, então fator de interferência. A cobertura refere-se a quantidade de gotas por cm^2 depositada em uma determinada área no momento da aplicação. Por esse motivo que para cada tipo de produto utilizado recomenda-se uma quantidade mínima de gotas, ou seja, para controle de doenças o indicado por técnicos para fungicidas sistêmicos são gotas finas ou médias de 50 a 70 gotas/ cm^2 . No caso dos fungicidas de contato indicado gotas finas a muito finas com equivalente a mais de 70 gotas/ cm^2 . Para inseticidas sistêmicos são gotas médias a grossas variando de 20 a 30 gotas/ cm^2 . Para inseticida de contato o indicado são gotas médias a finas de 50 a 70 gotas/ cm^2 . Já para herbicidas pré-emergentes e pós-emergentes sistêmicos utiliza-se gotas médias/grossas a grossas/muitos grossas de 20 a 30 gotas/ cm^2 . E para herbicidas pré-emergentes de contato são gotas finas/médias a médias/grossas de 30 a 40 gotas/ cm^2 (JACTO, 2014).

Aplicação Aérea

A aplicação aérea tem sido de extrema importância no aumento do ganho de produtividade, através de sua natureza rápida e eficaz na cobertura dos alvos. Este tipo de aplicação funciona como ferramenta de bastante valor na agricultura. Porém, quando realizada dentro de critérios bem definidos e estando acompanhado por um profissional técnico responsável (MINGUELA; CUNHA, 2013).

Segundo Cunha et al. (2014) os aviões para fins agrícolas começaram a ser usados antes da Segunda Guerra Mundial. Inicialmente foram utilizados aviões militares modificados sendo que foi somente na década de 40 que apareceu o primeiro avião projetado e construído diretamente para fins agrícolas. No Brasil, no ano de 2017 a aviação agrícola completa 70 anos. A prática da pulverização aérea tem passado por diversas transformações a favor da proteção das lavouras e cuidados com o meio ambiente. No país, atualmente, 30% da área plantada é tratada por meio desta ferramenta, colocando o Brasil com a segunda maior frota de aeronaves agrícolas do mundo (BRASQUÍMICA, 2017).

Santos (2006) afirma que na categoria de aeronaves agrícolas incluem-se aviões e helicópteros agrícolas, com características próprias e também com algumas bastante diferenciadas dos pulverizadores terrestres tratorizados. Os equipamentos terrestres possuem velocidade nove vezes menor do que aviões. Helicópteros possuem de cinco a sete vezes menos velocidade que os aviões. Por este motivo, que nos aviões ocorrem fortes turbulências, especialmente em relação aos vórtices das pontas das asas, que se não forem corrigidas, causarão perdas significativas das gotas, geradas pelos bicos fixados nas barras presas nas asas. Outra característica importante é a faixa de deposição, que pode variar de largura, de acordo com o tipo de defensivo utilizado em um mesmo avião e em uma mesma cultura.

Uma das vantagens da atividade aeroagrícola é o alto rendimento operacional, permitindo soluções rápidas, em maiores extensões de área, tornando-se possível alcançar resultados positivos com custos econômicos acessíveis, desde que sejam adotados todos os procedimentos técnicos adequados (BAYER et al., 2012). Os aviões agrícolas, possuem sistemas de DGPS (Sistemas Diferenciais de Posicionamento por Satélites), semelhante ao que ocorre na aerofotogrametria, podendo seguir um planejamento de voo, sendo composto por linhas projetadas que recobrem a área a ser pulverizada. Ou seja, a aeronave consegue se manter nestas linhas, acionando automaticamente o sistema de pulverização ao cruzar o limite da área e encerrando ao sair (AGROLINK, 2016).

Segundo o portal da Agrolink (2016), com o sistema de DGPS, conseguiu-se eliminar a necessidade de pessoas sinalizando as linhas, conhecidos como “bandeirinhas”, estes trabalhadores corriam sérios riscos de intoxicação nesta tarefa. O sistema possui a capacidade de monitorar a quantidade aplicada, além de informar com mapas e relatórios tudo o que foi realizado, permitindo ao piloto avaliar e tomar decisões.

Por outro lado, Minguella e Cunha (2013) relatam que se a operação de aplicação não for bem executada, conforme os parâmetros técnicos poderá ocorrer deriva dos fitossanitários (as gotas serem arrastadas pelo vento), para áreas próximas, tornando-se um problema, pois haverá perda de produto a ser pulverizado e contaminação ambiental. Portanto o volume da pulverização (água + fitossanitário) será reduzido, chegando muitas vezes a ser menor que 40 litros por hectare quando utilizados bicos hidráulicos comuns, dificultando então a cobertura do alvo e aumentando a deriva, então sugere-se ter o máximo cuidado com as condições climáticas.

Outro problema encontrado nas aplicações aéreas refere-se ao custo de aplicação desta, sendo bem superior a terrestre. Alguns fatores são considerados como, por exemplo, a distância da área a ser aplicada até a pista de decolagem, além da presença de obstáculos na área e do relevo deste. Todavia, quando computados os custos de amassamento e compactação das aplicações terrestres, a relação de custos acaba se invertendo (MINGUELA; CUNHA, 2013).

Com a finalidade de diminuir a contaminação ambiental provocada pelas aplicações via aérea, o MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento) regulamenta e fiscaliza a operação. Tendo como regras: operar a 250 metros de mananciais de rios e a 500 metros da população. Sempre é necessário o acompanhamento de um técnico agrícola executor, a coordenação de

um engenheiro agrônomo e um piloto agrícola especializado, com mais de 400 horas de voo (VIEGAS, 2011).

Pulverização com Atomizador Rotativo

Os atomizadores rotativos possuem velocidades de giro com mais de cinco mil rotações por minuto dependendo do tamanho da gota desejado, ou seja, quanto menor o tamanho da gota maior a rotação do atomizador, é por esse motivo que são empregados pela aviação agrícola com o objetivo de gerar espectro de gotas uniformes e com baixos volumes de calda por hectare pulverizado (SCHRÖDER, 2006).

Esse tipo de tecnologia de aplicação é bastante utilizado para quebrar o líquido em gotas, ou seja, o tamanho da gota é obtido através da rotação de telas ou de discos do equipamento. Quanto maior for a rotação do atomizador menor será o tamanho das gotas, pelo qual a pressão terá interferência no volume aplicado e não diretamente na qualidade da gota gerada ficando esta, sob a influência da rotação obtida. A velocidade de rotação é obtida modificando-se o ajuste do ângulo das pás (MINGUELA; CUNHA, 2013).

As pontas hidráulicas convencionais podem ser substituídas por outros sistemas de formação de gotas, como no caso dos atomizadores rotativos de discos, também conhecidos como BVO (Baixo Volume Oleoso) formam neblinas com gotas mais homogêneas e diâmetros controlados favorecendo a distribuição dos líquidos de maneira mais uniforme nas áreas pulverizadas em qualquer tipo de alvo ou cultura (MONTEIRO, 2005). Segundo Schröder (2006), o sistema de BVO vem crescendo no país e se caracteriza por adotar volumes de calda de 10 litros por hectare, com gotas de diâmetro de 100 a 200 micrômetros, espectro uniforme, maiores larguras de faixa resultando, assim, em maior produtividade operacional com redução no custo do tratamento.

Estes equipamentos necessitam de elevada precisão de fabricação. Pode-se subdividir os atomizadores rotativos em dois grupos: atomizadores de tela e de disco. O “Micronair” é um tipo de atomizador de tela fabricado pela Micron Sprayers, e consiste em um cilindro de tela que gira sobre o eixo que é fixado em um suporte, através da ação do ar em movimento que incide nas pás de hélice. Então o líquido é conduzido à tela, após passar pela unidade de restrição variável (VRU), responsável pelo ajuste da vazão do líquido. Por outro lado, os atomizadores rotativos de discos permitem a quebra do líquido em gotas, após ser lançado sobre um ou mais discos que giram acionados eletricamente, ou quando acionados pela movimentação do ar em relação às pás de hélice presentes no equipamento. Este líquido acaba chegando ao centro do disco rotativo onde passa pelo orifício, e se distribui ao longo da parede interna e estriada. É pela força centrífuga que o líquido desliza pelas paredes do disco e se deposita na periferia onde, posteriormente, rompe-se em pequenas gotas que saltam para o exterior do disco (MINGUELA; CUNHA, 2013).

Conforme Lacerda (2014) o uso de atomizadores ou equipamentos com assistência de ar são favoráveis na deposição de gotas nos dosséis inferiores da cultura, porém apresentam fator negativo, com potencial elevado para deriva. O volume de ar movimentado produzido por pulverizadores com assistência de ar é grande, o que irá implicar em desafio para a determinação de perdas por deriva e evaporação de gotas nessa operação, principalmente com condições climáticas

desfavoráveis. Nesse contexto, a adição de adjuvantes a calda de aplicação promove significativa minimização dos efeitos das condições climáticas e desuniformidade no padrão das gotas.

Em trabalho realizado por Oliveira et al. (2011) utilizando bicos rotativos e bicos hidráulicos, tornou-se possível verificar que o bico de pulverização rotativo do tipo Micronair, na porcentagem de cobertura, verificou-se diferença significativa para o fator taxa de aplicação. Sendo que para este caso a aplicação foi com uma vazão de 10 litros por hectare, apresentando assim, maior porcentagem de cobertura nas folhas. Já com a utilização de bicos hidráulicos Oliveira et al. (2011) verificaram que não houve interação significativa entre os fatores estudados (taxa de aplicação x ângulo de pulverização x posição do papel sensível nas plantas) nas diferentes variáveis analisadas, com exceção da interação dupla significativa existente entre a taxa de aplicação e ângulo de pulverização para o percentual de cobertura.

Pulverização Eletrostática

A pulverização eletrostática é uma nova tecnologia que surgiu para aumentar a eficiência da aplicação de agroquímicos, girando em torno da premissa de que os opostos se atraem (PORTAL DBO, 2016). Plantas de porte alto e encorpadas proporcionam desafios para a tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas e suplementos foliares, principalmente quando relacionado com a penetração da calda no dossel da cultura e a redução do escoamento e da deriva deste, já que o índice de área foliar e a arquitetura da planta dificultam a cobertura adequada da folha pelo ingrediente ativo. Uma das maneiras de obter boa deposição de gotas nos alvos biológicos é a escolha correta de técnicas de pulverizações e do volume de calda a ser aplicado. Sendo assim, uma das alternativas utilizadas para melhorar a deposição da calda sobre as folhas, com o volume reduzido e consequentemente, com a diminuição das perdas por deriva, é a pulverização com assistência eletrostática. Esse Sistema de Pulverização Eletrostática (SPE) é um novo conceito em tecnologia de aplicação, isso porque trabalha com jato cônico vazio e gotas de 80 micras, que possuem campo elétrico formado na base do jato, que torna a aplicação mais econômica e eficiente (PAVÃO JR., 2015).

A eficiência da pulverização eletrostática está diretamente relacionada com o processo de eletrificar as gotas. Segundo estudo da Embrapa Meio Ambiente, que foi realizado em Jaguariúna no estado de São Paulo, os melhores processos de eletrificação de gotas são basicamente dois: a eletrificação indireta por indução, e o eletrodo de alta tensão fica mantido próximo às zonas de formação das gotas do bico. Já a segunda é a eletrificação direta, em que a calda é eletrificada com alta voltagem (CHAIM, 2013).

Conforme Chaim e Wadt (2015) o processo eletrostático que eletrifica as gotas apresenta uma série de benefícios para gotas menores. Para melhor entendimento de como ocorrem as atrações entre os alvos e as gotas eletrificadas, é preciso conhecer duas leis básicas da eletrostática: a primeira diz que as cargas polares opostas se atraem e as semelhantes ou iguais se repelem. Já a segunda lei diz que a carga de um corpo ou nuvem de partículas carregadas induzirá a carga elétrica igual e oposta em algum outro corpo condutor deste que este esteja aterrado próximo. Nesta última lei serão formadas linhas de fluxo, que são bastante parecidas com as linhas dos polos de um ímã, ou seja, as gotas das nuvens carregadas

próximas ao corpo aterrado terão a tendência de se movimentarem seguindo as linhas de fluxo, ocorrendo devido à lei básica da eletrostática. Portanto, nas pulverizações eletrostáticas agrícolas, a carga das gotas acaba sendo alterada pelo acréscimo, ou até mesmo, pela retirada de elétrons ocasionados pelo campo elétrico gerado por anéis de indução, que envolvem os bicos de pulverização que estão ligados a um gerador (MINGUELA; CUNHA, 2013).

As gotas mais finas, em torno de 150 µm, apresentam maior potencial para serem utilizadas neste sistema, isso porque permite maior razão entre carga e massa. Outro fator que influencia no processo de eletrificação das gotas são as diferentes formulações e a adição de adjuvantes, devendo por esse motivo ser considerado na hora de regular o equipamento (MINGUELA; CUNHA, 2013).

Para Schröder e Loeck (2006) o equipamento “Spectrum Electrostatic Aerial Spray System” consiste em um sistema que opera com alta pressão na barra de pulverização e baixo volume, carregando então todas as partículas eletricamente produzidas pelo sistema de pulverização da aeronave. Estas cargas são produzidas com polaridades opostas em cada barra de pulverização. É composta por uma fonte de alta tensão, a qual apresenta internamente dois geradores independentes de alta tensão, um para cargas negativas e outro para cargas positivas e uma unidade de comando de operação, onde existem dois potenciômetros para controle individual de cada gerador de alta tensão. Ainda dispõe de uma unidade de controle chamada *display* que contém dois volt/amperímetros, utilizado para o monitoramento de cada barra e um conjunto de 88 bicos tipo jato cônico, com isoladores e anéis para indução eletrostática, todos montados (bicos) em uma barra com perfil aerodinâmico. Portanto, com a pulverização eletrostática a deposição de gotas chega até 70%, sendo que na pulverização tradicional não ultrapassa 30% (PORTAL DBO, 2016).

Porém uma das desvantagens da pulverização eletrostática é o custo dos equipamentos, que são relativamente maiores quando comparados com a pulverização convencional. Exemplo disso, é que o preço do equipamento gira em torno de R\$ 1.900,00, todavia segundo o pesquisador, a economia deverá ser obtida a médio prazo (AGRISHOW, 2017).

Pulverização Terrestre

KLAVER et al., (2012) afirmam que o mercado fornece uma enorme variedade de máquinas agrícolas, com uma diversidade de modelos e características. Desta forma, o produtor deve tomar conhecimento dos maquinários mais convenientes a sua necessidade de serviço e em adequação a influência para o desenvolvimento da cultura, pois em determinadas ocasiões, como na cultura do milho, dependendo do estágio vegetativo, poderá ocorrer amassamento de plantas, acarretando em perda da produtividade da lavoura. Os maquinários vêm oferecendo maior praticidade e comodidade ao produtor no serviço operacional, mas também maior precisão e economia com algumas funcionalidades, como durante as aplicações de defensivos, com o sistema antigotejo. Outros casos, no entanto, predispõem de transmissão hidrostática 4x4, possibilitando a diminuição do amassamento da cultura. Diante disso, para operações agrícolas como pulverizações o emprego da tecnologia de aplicação adequada é tão importante como a escolha correta do pulverizador.

Para Minguella e Cunha (2013), os pulverizadores hidráulicos são equipamentos que apresentam pulverização da calda através da pressão hidráulica em orifícios calibrados, situados na parte inferior dos elementos especiais, sendo denominadas de pontas. A referência a estes é apenas a denominação de pulverizadores. Este grupo de máquinas pode ser classificado, para efeitos práticos, em: pulverizadores tratorizados, equipamentos autopropelidos, equipamentos manuais, equipamentos sobre veículos especiais, equipamentos estacionários e equipamentos de tração animal.

Os pulverizados tratorizados são acoplados ao trator, podendo ser arrastados (barra de tração), montados (acoplados a um sistema de levante hidráulico de 3 pontos) e semimontado (sistema de levante hidráulico de 2 pontos). Podem estar equipados com sistemas de controle eletrônicos ou mecânicos. Já os pulverizadores autopropelidos são dotados de motor próprio para o deslocamento, mais sofisticados, possuindo normalmente um controle de sistema eletrônico. Por sua vez, os equipamentos manuais podem ser acionados manualmente, ou mecanicamente através de dispositivos específicos como rodas de solo, etc. São transportados nas costas, frontais ou sobre chassis com rodas (carrinho). Os equipamentos sobre veículos especiais são bastante semelhantes aos pulverizadores tratorizados, porém são colocados sobre veículos específicos (camionetes, charretes,...). Equipamentos estacionários são classificados desta forma pelo tipo de acionamento da bomba, sendo normalmente motor elétrico ou de combustão interna. E, por último, os equipamentos de tração animal que na maioria são acionados por sistemas elétricas com utilização de baterias (MINGUELA; CUNHA, 2013).

As pulverizações terrestres são realizadas pelo próprio agricultor ou por funcionários, utilizando o próprio pulverizador que normalmente é autopropelido ou pulverizador acoplados ao trator. A aplicação gera custos que podem ser variáveis em função de alguns componentes como: combustíveis, mão-de-obra do aplicador e até mesmo auxiliares, além do uso de equipamentos de proteção individual, depreciação do equipamento e a manutenção deste. Além do amassamento da cultura, gerado pelo trânsito dessas máquinas. Como no caso da cultura da soja pode reduzir a produtividade entre 0,5 e 4,0% (SCHRÖDER, 2007).

Conforme Costa (2009) o volume de calda aplicado é por unidade de comprimento, área, peso ou volume. É o fator resultante da classe com tamanho e densidade de gotas que serão necessárias para uma aplicação eficiente, com adequada cobertura do alvo. Todavia deve-se levar em consideração características da cultura como arquitetura da planta que será pulverizada. Portanto, o melhor volume de calda na pulverização terrestre não se limita apenas ao valor exato, mas também, depende das condições climáticas, da cultura e do tipo de pulverizador. Exemplo disso foi a condução de um experimento no estado do Paraná com aplicação terrestre nas culturas da soja, feijão, batata e milho, pelo qual foi trabalhado com baixos volumes de calda, entre 80 e 130 litros por hectare, os resultados encontrados garantiram eficiência agrônômica e confiabilidade para o controle de doenças (REZENDE, 2010). Porém como já citado anteriormente quanto menor o tamanho das gotas, mais implicações apresentará, estando então mais sujeitas a evaporação e deriva.

Conforme Souza et al. (2012), menores volumes de calda proporcionam capacidade operacional maior em pulverizadores apresentando como vantagens a redução dos custos operacionais e menores desgastes do maquinário, além da diminuição da quantidade de combustível e mão-de-obra, sendo favorável, principalmente, em condições climáticas boas. Porém, essa redução necessita de boa tecnologia de aplicação para manter a eficiência das aplicações.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao fim da revisão bibliográfica pode-se concluir que quando a tecnologia de aplicação é feita de maneira correta é possível se obter bons resultados, ou seja, a calibração correta dos pulverizadores tanto terrestre quanto aéreos podem caracterizar maior eficiência do produto a ser aplicado, isso porque garantirá boa cobertura no dossel da planta, consequentemente maior penetração deste.

Quando esta tecnologia não é utilizada de forma correta, pode gerar vários problemas, principalmente se as gotas a serem pulverizadas forem de tamanhos menores, pois podem ser arrastadas mais facilmente pelo vento para outros lugares ou serem evaporadas.

No caso da aplicação com pulverizadores terrestre poderá haver amassamento da cultura, o que apresentará um ponto negativo principalmente se esta estiver em estágio vegetativo avançado, havendo perda na produtividade da lavoura. Em contrapartida se utilizar volumes de caldas menores por hectare haverá alguns pontos positivos, como a redução de mão de obra e custos com combustíveis, aumentando assim a capacidade operacional.

Já as aplicações aéreas apresentam como ponto negativo, maior deriva em ambos os tratamentos, por isso se faz necessário cuidado redobrado do operador e regulagem correta. Com sistema eletrostático é possível obter bons resultados, porque possuem gotas eletrificadas que conseguem chegar a parte inferior da planta, causando boa cobertura do produto. Para tratamentos com utilização de sistema de atomizador rotativo é possível também garantir boa cobertura no dossel da cultura, isso quando comparado com sistema convencional.

REFERENCIAS

AGROLINK. **Aplicação de Defensivos.** 2016. Disponível em: < https://www.agrolink.com.br/aviacao/aplicacao_361352.html >. Acesso: 17 agos. 2017.

AGRISHOW. **Pulverização Eletrostática: maior eficiência em busca da sustentabilidade.** Disponível em: <<http://blog.agrishow.com.br/pulverizacao-eletrostatica-maior-eficiencia-em-busca-da-sustentabilidade/>>. Acesso em: 17 agos. 2017.

BRASQUÍMICA. **Benefícios da pulverização aérea.** 2017. Disponível em: < <http://brasquimica.ind.br/beneficios-da-pulverizacao-aerea/> >. Acesso em: 17 agos. 2017.

BAYER, T.; COSTA, I. F. D; LENZ, G.; ZEMOLIN, C.; MARQUES, L. N.; STEFANELO, M. S.; Equipamentos de Pulverização Aérea e Taxas de Aplicação de
ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.14 n.26; p. 724 2017

Fungicida na Cultura do Arroz Irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande- PB, vol.15, n.2. 2011. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v15n2/v15n2a07.pdf> >. Acesso em: 17 jul. 2017.

BOLLER, W.; FERREIRA, M. C.; COSTA, D. I.. Condições do Ar e Angulação das Folhas Influenciam a Qualidade das Pulverizações na Cultura da Soja? **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo- RS, v.121, p.33-37, 2011.

CHAIM, A. **Manual de Tecnologia de Aplicação de Agrotóxicos**. 1. ed. Brasília, 2009. 73 p.

CHAIM, A. Pulverização Eletrostática, a química a serviço da eficiência. **Revista A Granja**, São Paulo, v.776, ago/2013.

CHAIM, A.; WADT, L. G. R. **Pulverização Eletrostática: a revolução na aplicação de agrotóxicos**. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/2615385/artigo---pulverizacao-eletoestatica-a-revolucao-na-aplicacao-de-agrotoxicos> >. Acesso em: 21 abr. 2016.

COSTA, D. **Eficiência e qualidade das aplicações de fungicidas, por vias terrestre e aéreas, no controle de doenças foliares e no rendimento de grãos de soja e milho**. 144f. Doutorado (Pós-graduação em Agronomia da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária)- Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2009. Disponível em: < <http://livros01.livrosgratis.com.br/cp141306.pdf> >. Acesso em: 24 agos. 2017.

CUNHA, J. P.; FARNESE, A. C.; OLIVET, J.J.; VILLALBA, J. **Aplicação aérea: funciona e é valiosa na agricultura**. Disponível em: <http://www.olhardireto.com.br/agro/artigos/exibir.asp?artigo=Aplicacao_aerea_funciona_e_e_valiosa_na_agricultura&id=184/>. Acesso em: 01 abr. 2016.

CUNHA, J. P.; FARNESE, A. C.; OLIVET, J. J.; VILLALBA, J. Deposição de Calda Pulverizada na Cultura da Soja Promovida pela Aplicação Aérea e Terrestre. **Engenharia Agrícola**. Jaboticabal, v. 31, n. 2, p. 343- 351, Mar/ Abr. 2011. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/eagri/v31n2/a14v31n2.pdf> >. Acesso em: 13 agos. 2017.

CUNHA, J. P.; JULIATTI, F. C.; REIS, E. Tecnologia de aplicação no controle da ferrugem asiática da soja: resultados de oito anos de estudos em Minas Gerais e Goiás. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.30, n. 4, p.950-957, Junho/ Aug. 2014. Disponível em: < <http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/viewFile/20907/14739> >. Acesso em: 14 agos. 2017.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). Tecnologias de produção de soja – região central do Brasil 2012 e 2013. Londrina: Embrapa Soja, 2011. 261 p.

IKEDA, M.; ZAMBON, S. Manejo equilibrado. Caderno Técnico Cultivar, Pelotas, **Revista cultivar**, Fev/2013. Disponível em: < http://agro.basf.com.br/agr/ms/pt_BR/function/conversions:/publish/content/APBrazil/solutions/fungicidas/cadernomanejoequilibrado/Caderno_Soja_Carboxamida_Final_165.pdf >. Acesso em: 14 agos. 2017.

JACTO. Conceitos e tecnologias que visam aumentar o controle de pragas e doenças de baixeiro. **Manual de Treinamento**, Pompéia, 2014. 15 p. Disponível em: < <http://www.cnpso.embrapa.br/download/SP15-VE.pdf> >. Acesso em: 14 agos. 2017

KLAVER, P. P. C. GARCIA, R. F. VASCONCELOS, J. F. S. CORRÊA, D. Programa computacional para determinação da capacidade operacional de máquinas agrícolas. **Global science and technology**, Rio Verde - GO, v. 05, n. 01, p. 52-58, 2012. Disponível em: < file:///C:/Users/Arquivo/Downloads/449-2327-2-PB%20(1).pdf >. Acesso em: 13 agos. 2017.

LACERDA, S. C.. **Aplicação de solução aquosa na pulverização com atomizador costal motorizado**. 65f. Doutorado (Pós-Graduação Stricto Sensu em Engenharia Agrícola -Engenharia de Sistemas Agroindustriais)- Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, 2014. Disponível em: < http://www.ccet.ueg.br/biblioteca/Arquivos/monografias/SANCHEZ_DE_CASTRO_LACERDA.pdf >. Acesso em: 13 agos. 2017.

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

MONTEIRO, M. V. de M. Tecnologia BVO no tratamento fitossanitário do algodoeiro. **V Congresso Brasileiro de Algodão**, Salvador, Ago. 2005.

MOREIRA, M. G. Soja análise da conjuntura agropecuária. **Departamento de Econômica Rural**, out/2012. Disponível em: < http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/soja_2012_13.pdf >. Acesso em: 12 agos. 2017.

NUYTENS, D. SCHAMPHELEIRE, M. BRUSSELMAN, E. DEKEYSER, D. VERBOVEN, P. Drift from field crop sprayers using an integrated approach: results of a five-year study. **Transactions of the ASABE**, St. Joseph, v. 54, n. 2, p. 403-408, 2010. Disponível em: < http://pure.ilvo.vlaanderen.be/portal/files/520337/2010_Nuytens_et_al._Drift_project_Proc_ASABE.pdf >. Acesso em: 12 agos. 2017.

OLIVEIRA, V. A. B. OLIVEIRA, G. M. GIGLIOTI, E. A. IGARASKI, W. T. SAAB, O. J. G. A. Desempenho de bicos rotativos e hidráulicos na aplicação aérea de fungicida em cana- de - açúcar. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, Guarapuava, Paraná, v.4, n.3, p.111-122, 2011. Disponível em: <

<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/936955/1/Eder.pdf> >. Acesso em: 24 agos. 2017.

PAVÃO JR. D. Pulverização Eletrostática, agora é real. **Revista AGRO DBO Tecnologia e Produção de Mercado**, São Paulo, DBO, v.65. Abr. 2015.

PEIXOTO, C. de M. **O milho no Brasil, sua importância e evolução**. Disponível em: <<http://www.pioneersementes.com.br/media-center/artigos/165/o-milho-no-brasil-sua-importancia-e-evolucao>>. Acesso em: 10 de mar. 2016.

PORTAL DBO. **Pulverização Eletrostática reduz o uso de agroquímicos**. Disponível em: < <http://www.esalq.usp.br/cprural/noticias/mostra/3563/pulverizacao-eletrostatica-reduz-uso-de-agroquimicos.html> >. Acesso em: 17 agos. 2017.

REPKE, D.; TEIXEIRA, D. A. Avaliação da Densidade de Gotas Durante a Pulverização Sobre Diferentes Arranjos Espaciais na Cultura do Amendoim. **Centro Paula Souza**, Pompeia, Governo de São Paulo, Junho, 2013. Disponível em: < <http://happyslide.org/doc/578606/avalia%C3%A7%C3%A3o-da-densidade-de-gotas-durante-a-pulveriza%C3%A7%C3%A3o-sobre> >. Acesso em: 12 agos. 2017.

REZENDE, J. L. **Pulverizações de defensivos...volumes de vazões terrestres...qual a melhor escolha afinal?** 2010. Disponível em: <http://www.agrolink.com.br/colunistas/pulverizacoes-de-defensivos---volumes-de-vazoes-terrestres---qual-a-melhor-escolha-afinal-_3965.html>. Acesso em: 07 mai. 2016.

RODRIGUES, L. **Estudos de agrotóxicos usados na agricultura através da técnica de difração de raio x**. 89f. Doutorado (Pós-graduação em Engenharia Nuclear, COPPE)- Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <http://antigo.nuclear.ufrj.br/MSc%20Dissertacoes/2012/dissertacao_Leonardo.pdf >. Acesso em: 13 agos. 2017.

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

SCHRÖDER, E. P. Em alta rotação. **Revista Cultivar: pulverização aviões**, Pelotas, jun. 2006.

SCHRÖDER, E. P. Por terra ou por ar? **Revista Cultivar: pulverizadores**, Pelotas, jun. 2007.

SCHRÖDER, E. P.; LOECK, A. E. Avaliação do sistema de pulverização eletrostática aérea na redução do volume de calda e dosagem do herbicida glifosate. **Revista Brasileira Agrociência**, Pelotas, v.12, n.3, p.319-323, jul-set. 2006. Disponível em: < <http://sindag.org.br/wp-content/uploads/2017/03/4628-13039-1-PB.pdf> >. Acesso: 14 agos. 2017.

SILVA, M. P. L. Avaliação comparativa dos danos mecânicos às plantas por dois sistemas de aplicação de agrotóxicos líquidos. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 33., 2004, São Pedro. **Anais...** São Pedro: SBEA, 2004. 1 CD-ROM apud CUNHA, J. P. et al. Aplicação aérea e terrestre de fungicida para o controle de doenças no milho. Revista Ciência Agronômica, Ceará, v.4, n. 3, p. 366-372, Julho/Set. 2010. Disponível em: < <http://www.redalyc.org/html/1953/195314928007/> >. Acesso em: 14 agos. 2017.

SOUZA, L. A. de; CUNHA, J. P.; PAVININ, L.A. Deposição do herbicida 2,4 –D Amina com diferentes volumes e pontas de pulverização em plantas infestantes. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.43, n.1, p.78-85, jan./mar. 2012. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-66902012000100010 >. Acesso em: 14 agos. 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-66902012000100010>.

VIEGAS, C.; Pulverização de agrotóxicos por aviões causa polêmica. 2011. Disponível em: < <http://www.canalrural.com.br/noticias/agricultura/pulverizacao-agrotoxicos-por-avioes-causa-polemica-5938> >. Acesso em: 17 agos. 2017.

VIEGAS NETO, A. L. **Tecnologia de aplicação de inseticida no controle da lagarta-falsa-medideira na cultura da soja**. 67 f. Mestrado (Mestrado em Produção Vegetal)- Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2013.

YAGUSHI, J. T. Milho paranaense- safra 2013/14. **Departamento de Economia Rural**, Paraná. 2013.

ZAMBIANCO, E. C. **Avaliação na Qualidade de Pulverização em Plantas de Tomate Utilizando Diferentes Pontas**. 79 f. Mestrado (Engenharia de Sistemas Agrícolas)- Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, São Paulo, 2013. Disponível em: < file:///C:/Users/Arquivo/Downloads/Edmar_Casarin_Zambianco.pdf >. Acesso em: 13 agos/. 2017.

ZAMBOLIM, L.; CONCEIÇÃO, M.Z.; SANTIAGO, T. **O que os engenheiros agrônomos devem saber para orientar o uso de produtos fitossanitários**. 3ªed. Viçosa: UFV, 2008. 464p.