

CIRCULAR TÉCNICA

213

Pelotas, RS
Dezembro, 2020

Influência de Equipamentos e Taxas de Aplicação Aérea na Deriva de Glifosato em Área Orizícola do Rio Grande do Sul: Estudo de Caso

André Andres
Fábio Schreiber
José Francisco da Silva Martins
Maria Laura Turino Mattos
Robson Antonio Botta
Matheus Bastos Martins
Paulo Estevão Cruvinel

OBJETIVOS DE
DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL

12 CONSUMO E
PRODUÇÃO
RESPONSÁVEIS



Aplicação de glifosato para dessecação de trevo-persa e posterior semeadura de arroz

Influência de Equipamentos e Taxas de Aplicação Aérea na Deriva de Glifosato em Área Orizícola do Rio Grande do Sul: Estudo de Caso¹

A aplicação aérea de agrotóxicos tem se intensificado no Brasil nos últimos anos, gerando demanda do setor agrícola e de outros setores da sociedade quanto ao aperfeiçoamento e inovação das técnicas utilizadas, de modo a aumentar a eficiência e reduzir possíveis impactos negativos. Um melhor desempenho das aplicações aéreas depende da adoção de conhecimentos científicos e tecnológicos que possibilitem a correta deposição de produtos biologicamente ativos nos alvos de interesse.

As aplicações devem contemplar somente as quantidades necessárias de agrotóxicos, de modo econômico, e apresentar mínimo risco de deriva, para evitar que áreas e organismos não visados sejam atingidos, potencializando a obtenção de resultados biológicos pretendidos, predominantemente o controle eficaz de pragas.

No sentido de atender demandas setoriais sobre qualificação da aplicação aérea de agrotóxicos, a Embrapa vem executando o projeto “Desenvolvimento da aplicação aérea de agrotóxicos como estratégia de controle de pragas agrícolas de interesse nacional”. Esse projeto, visa contribuir para um melhor desempenho das aplicações aéreas em áreas do estado do Rio Grande do Sul, inclusas no agroecossistema de terras baixas de clima temperado, onde é praticado o sistema de integração lavoura-pecuária (ILP). Tal agroecossistema se caracteriza pela fragilidade ambiental - em decorrência da ampla biodiversidade e da proximidade de corpos de água - que pode se intensificar pela exploração agrícola. No âmbito da ILP, trata-se da orizicultura irrigada por inundação em cerca de 1,05 milhão de hectares (Conab, 2017), em rotação com a cultura da soja, atualmente em cerca de 250 mil hectares, com taxa de crescimento anual da ordem de 10% (Irga, 2016). Ambas as culturas são atacadas por pragas (doenças, insetos e plantas daninhas), o que tem justificado a aplicação expressiva de agrotóxicos, por via aérea, porém sem atingir, em determinadas situações, a eficiência de controle desejada, podendo ainda aumentar os riscos de deriva. Nas terras baixas do Rio Grande do Sul, uma das maiores preocupações com a aplicação aérea de agrotóxicos consiste no risco de deriva de herbicidas, principalmente de glifosato (Brasil, 2016), muito usado na dessecação de plantas nativas ou forrageiras (cobertura vegetal) em áreas de cultivo de arroz e para o controle de plantas daninhas na cultura da soja. A preocupação com a deriva de glifosato tem base principalmente no argumento de que, na maioria das aplicações aéreas, usa-se baixo volume de calda e ainda em regime de ventos com velocidade superior a 15 km h^{-1} , ultrapassando o limite de 10 km h^{-1} recomendável ao processo, situação que predispõe ao risco de transporte do herbicida para além das áreas alvo.

Em áreas de ILP podem ocorrer problemas de deriva de agrotóxicos devido à proximidade de cultivos de arroz e soja (primavera-verão) com forrageiras, principalmente azevém (outono-inverno-primavera). Nesses casos, as derivas seriam mais frequentes e intensas em arrozais implantados cedo (meados de setembro), em decorrência da aplicação para dessecar plantas nativas ou forrageiras de inverno (azevém, principalmente), em áreas adjacentes. Similarmente, há relatos sobre “queimas” de arrozais implantados mais tarde (meados de outubro e novembro), devido à aplicação de glifosato para o controle plantas daninhas em áreas (lavouras) de cultivares de soja resistentes ao herbicida (Beck et al., 2017). Ademais, em determinadas regiões do Rio Grande do Sul, onde as lavouras de arroz e soja são implantadas nas proximidades de zonas urbanas, pomares, hortas (“cinturões verdes”), cultivos de fumo e corpos d’água, não são raras as reclamações sobre riscos e problemas de alcance dessas áreas não visadas por derivas de glifosato.

¹ André Andres, Engenheiro-agrônomo, doutor em Herbologia, pesquisador da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS. Fábio Schreiber, Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitossanidade, pesquisador visitante da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS. José Francisco da Silva Martins, Engenheiro-agrônomo, doutor em Entomologia, pesquisador da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS. Maria Laura Turino Mattos, Engenheiro-agrônoma, doutora em Microbiologia do Solo, pesquisadora da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS. Robson Antonio Botta, Engenheiro-agrônomo, pós-graduando em Entomologia, Ufpel, Pelotas, RS. Matheus Bastos Martins, Engenheiro-agrônomo, pós-graduando em Fitossanidade, Ufpel, Pelotas, RS. Paulo Estevão Cruvinel, Engenheiro de automação e controle, doutor em Automação, pesquisador da Embrapa Instrumentação, São Carlos, SP.

Distintos fatores podem interferir no resultado da aplicação de um agrotóxico como o glifosato. Um resultado positivo depende da junção da qualidade da aplicação do produto com a própria eficiência no controle da praga visada e com fatores climáticos e biológicos favoráveis (Christofoletti, 1992; Ozeki; Kunz, 1997; Cruvinel et al., 1999; Suzumura; Cruvinel, 2005). Nesse contexto, a adoção do conceito da automação e da metrologia nos processos de pulverização pode ser útil à melhoria da qualidade das aplicações, sendo fundamental à minimização de problemas decorrentes de derivas, ou seja, para a precisão dos resultados esperados.

Na prática, a qualidade da aplicação de agrotóxicos, básica à eficácia de um programa de manejo integrado de pragas (MIP), muito depende da correta seleção do maquinário e bicos, bem como da acurácia em outros fatores envolvidos no processo. Dentre esses fatores, alguns impossibilitam uma ação direta exógena, visto que envolvem a interferência do clima, de caracteres biológicos e da própria arquitetura das plantas (Scherer, 2004). Assim, para garantir adequada qualidade da aplicação de agrotóxicos, com maior efeito biológico possível às pragas, é necessária a calibragem correta de equipamentos conforme alguns quesitos de metrologia, como volume de calda, densidade, diâmetro e espectro de gotas, uniformidade do espectro, deslocamento de gotas (deriva) e evaporação.

Em relação à **quantidade de calda** utilizada, as aplicações são classificadas em Alto Volume (AV: > 50 L ha⁻¹), Médio Volume (MV: 30 a 50 L ha⁻¹), Baixo Volume (BV: 5 a 30 L ha⁻¹) e Ultra Baixo Volume (UBV: < 5 L ha⁻¹). A **densidade das gotas** (cobertura), expressa em número de gotas por centímetro quadrado (cm²), é básica à obtenção de uma aplicação de maior qualidade. O **diâmetro de gotas** influencia a densidade de gotas, interferindo na distância de deslocamento (deriva), penetração na folhagem e possíveis perdas por evaporação (Ozeki, 2006; Cunha et al., 2003). O **espectro de gotas** (EG) se refere à variação (frequência de distribuição) das gotas conforme a classe de tamanho numa nuvem gerada por bicos para aplicações terrestres ou aéreas. Havendo pequena ou grande diferença de diâmetro entre gotas, a aplicação terá EG homogêneo ou heterogêneo, respectivamente (Spillman, 1976). Quanto ao **deslocamento de gotas** (deriva), trata-se de uma característica inerente a toda aplicação, sendo essencial a minimização nos processos de aplicação. Principalmente no caso das aplicações aéreas, as gotas que são geradas e liberadas a certa altura (distância) do alvo, durante sua trajetória são expostas à influência das condições meteorológicas, principalmente do vento. A distância de arrasto, portanto, fica sujeita ao diâmetro das gotas, velocidade do vento, altura do lançamento e densidade do produto a ser pulverizado. Ainda, dependendo de condições meteorológicas, como temperatura e umidade relativa do ar no momento da aplicação, e principalmente do diâmetro das gotas, um agrotóxico poderá não atingir o alvo, devido à convecção térmica, que pode levar à evaporação, conforme estimado pela expressão de Amsden (1962).

Para obter maior qualidade possível da aplicação de agrotóxicos, é importante antever consequências do efeito integrado da maioria dos parâmetros acima referidos, os quais podem interferir no processo. Nesse contexto, quanto menor o volume de calda aplicado, maior é a operacionalidade dos equipamentos, porém a tendência também será de menor diâmetro das gotas e área de cobertura. Exceto nas aplicações com UBV, a maioria das aplicações aéreas com produtos diluídos em água consome de 10 a 50 L ha⁻¹. O volume ideal para cada tipo de produto depende da densidade de gotas, de acordo com a época e modo ataque às plantas por pragas. Devem ser ainda considerados o modo de ação do produto (contato; sistêmico; etc.) e as condições meteorológicas do local de aplicação.

Teoricamente, quanto menor o tamanho de gota, maior será o percentual de cobertura sobre o alvo, em função do maior número de gotas geradas, porém também será maior o risco de evaporação e deriva (Antuniassi et al., 2004; Teixeira, 1997). Isso torna, portanto, o tamanho de gota um importante fator a ser considerado em aplicações de agrotóxicos, visto que o objetivo é alcançar o dossel da cultura de modo relativamente uniforme.

Para aplicações em locais com baixa umidade e temperaturas altas, as gotas devem ser maiores, pois demoram mais para evaporar. Ao contrário, quando for necessária uma maior penetração de gotas, utilizam-se gotas menores, porém em faixas de tamanhos que reduzam os efeitos da deriva e evaporação. Em associação a tais aspectos, devem ser utilizadas faixas de diâmetros de gotas que possibilitem melhor cobertura do alvo e maior quantidade de deposição de gotas por cm^2 , o que impacta diretamente o volume de aplicação.

A população de gotas pode ser caracterizada conforme diferentes diâmetros medianos, ou seja, diâmetros que permitem dividir uma população em duas partes iguais, relacionadas ao número, diâmetro, área coberta ou volume. Entre os parâmetros mais usados, constam o Diâmetro Mediano Numérico (DMN) e o Diâmetro Mediano Volumétrico (DMV).

DMN é o diâmetro mediano de gotas num determinado espectro de pulverização que permite dividir uma população de gotas em duas quantidades iguais, ou seja, metade do número de gotas tem diâmetro maior que o DMN e a outra metade tem diâmetro menor. O valor do DMN depende principalmente das gotas menores e representa o valor linear mediano numérico das gotas do jato pulverizado. O DMV, por sua vez, pode ser definido como o tamanho de gota num espectro que divide o volume em duas partes iguais, uma formada por gotas com diâmetros menores e outra por gotas com diâmetros maiores. O valor do DMV depende basicamente das gotas grandes, pois essas apresentam um aumento de volume muito superior à variação do diâmetro. Porém, quando existe uma frequência elevada de gotas grandes, o DMV não evidencia o espectro da população, pois o volume ocupado pelas gotas pequenas é muito reduzido, embora o seu número absoluto seja muito grande. Assim, a relação entre DMN e DMV, cujos valores dependem principalmente das gotas pequenas e grandes, indica a variação do espectro, que tende a ser mais homogêneo quanto mais o valor dessa relação se aproximar de 1 (unidade).

Análises da uniformidade do espectro de gotas são importantes para maior qualidade das aplicações de agrotóxicos. Nas análises, são utilizados valores simbolizados por $DV_{0,1}$, $DV_{0,5}$ e $DV_{0,9}$, que representam diâmetros de gotas tal que a porcentagem de volume acumulativo da pulverização seja igual a 10%, 50% e 90%, respectivamente. O diâmetro com 50% do volume acumulativo ($DV_{0,5}$) representa o próprio DMV. A uniformidade da distribuição de gotas é um importante fator associado às características do espectro do tamanho de gotas, o qual, por sua vez, está relacionado à eficácia da aplicação e à deriva, em decorrência de diferentes bicos utilizados.

O risco de deriva de glifosato em áreas orizícolas do Rio Grande do Sul tem motivado estudos afins (Beck et al., 2017). Porém, ainda há demanda de conhecimento sobre a qualidade técnica de aplicações aéreas e de impactos associados, os quais, entre outros fatores, dependem da qualidade do produto pulverizado, volume de calda, padrão de densidade e espectro de gotas, bem como do equipamento empregado. Nesse sentido, este trabalho objetivou diagnosticar a deriva do herbicida numa área orizícola típica do Estado (estudo de caso), testando os equipamentos de aplicação aérea predominantemente utilizados.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido em 21 de outubro de 2014 em uma lavoura comercial de arroz, no município de Camaquã - RS (latitude $31^{\circ} 48' 45''$ S e longitude $52^{\circ} 27' 59''$ W), com o solo coberto por vegetação nativa apta à dessecação por glifosato e posterior semeadura. Os tratamentos consistiram em dois equipamentos de pulverização: atomizador rotativo de disco e bico hidráulico de jato cônico. As especificações dos tratamentos e os dados meteorológicos registrados com Termo Higro Anemômetro durante os voos constam na Tabela 1. Nos dois tratamentos foi aplicada a dose de $3,5 \text{ L ha}^{-1}$ de Roundup® Transorb (1.680 g ha^{-1} de glifosato).

Cada tratamento foi aplicado por voos de três faixas adjacentes, ajustadas para 18 m de largura e 500 m de comprimento. Variáveis inerentes à deposição de gotas foram obtidas via cartões hidros-

sensíveis (HYPRO® – 26 mm x 76 mm) fixados em estacas de madeira (à altura de 2 m do solo) enfileiradas perpendicularmente às distâncias de 10, 50, 100, 200, 300, 400, 500, 700, 900 e 1.100 m da primeira faixa de voo, no sentido da direção do vento. Portanto, a distância da segunda e terceira faixa de voo, em relação à primeira estaca, foi de 28 m e 46 m, respectivamente. De modo a registrar a deposição média de gotas, em cada distância da primeira linha de voo (10 m a 1.100 m), foram recolhidos quatro cartões, fixados em estacas equidistantes em 50 m (paralelas às linhas de voo). Ainda, à base de cada estaca foi disposta uma bandeja plástica (0,1 m x 0,4 m x 0,6 m), com 1 litro de água destilada, visando obter a concentração de glifosato que atingisse a respectiva distância pelo efeito da deriva.

De imediato à pulverização, os cartões hidrossensíveis foram coletados, numerados e cobertos com fita adesiva, para digitalização e envio ao Laboratório de Tecnologia de Aplicação de Agrotóxicos, Embrapa Meio Ambiente, em Jaguariúna, SP, sendo analisados via programa computacional (Embrapa, 2018). Simultaneamente, a água contida nas quatro bandejas plásticas, dispostas a cada distância da última faixa de voo, foi misturada em um balde, para coleta de uma amostra composta de 1 litro. Essas amostras foram congeladas e enviadas à análise química, via cromatografia líquida e espectrofotometria de massa (LC-MS/MS), visando detecção de possíveis concentrações de glifosato e do ácido aminometilfosfônico (AMPA), segundo método da AOAC International (2007), em laboratório com acreditação oficial (Bioensaios, 2016). O limite de detecção (LOD) foi de 0,5 µg L⁻¹ e o limite de quantificação (LOQ) de 3,4 µg L⁻¹, para ambos os compostos avaliados.

Tabela 1. Especificações dos tratamentos para avaliação de deriva de glifosato¹ em lavoura de arroz, no município de Camaquã, RS, e condições meteorológicas detectadas durante as aplicações². Embrapa Clima Temperado, Pelotas/RS, 2020.

Equipamentos de aplicação	Especificações				Condições meteorológicas			
	Voo		Taxa de aplicação	Tamanho da gota	Temperatura	Vento		Umidade relativa
	Horário	Altura				Velocidade	Direção	
Atomizador rotativo de disco	15h15min	5 m	12 L ha ⁻¹	150 µm	21 °C	10 km h ⁻¹	85 GM ³	83%
Bico hidráulico de jato cônico	17h35min	3 m	20 L ha ⁻¹	200 µm	20 °C	10 km h ⁻¹	85 GM	68%

¹Roundup® Transorb (3,5 L ha⁻¹); ²Em 21 de outubro/2014; ³GM (grau magnético).

Com base nos cartões hidrossensíveis, foram analisadas as seguintes variáveis: volume de calda recuperado (L ha⁻¹), indicativo da quantidade de calda que atingiu uma determinada distância; densidade de gotas (gotas cm⁻²), indicativo da quantidade de gotas que cobriu uma área equivalente a 1 cm² da amostra (cartão hidrossensível); diâmetro mediano volumétrico (DMV – D50), representativo da distribuição de gotas com diferentes diâmetros na amostra; no caso, DMV – D50 µm representa a distribuição das gotas com diâmetros menores que compõem 50% do volume total de líquido da amostra, expressando o padrão de diâmetro de gotas que atingiu a amostra. Por meio da análise química das amostras compostas de água, também foi estimada a quantidade de herbicida que atingiu a superfície das bandejas plásticas (0,24 m²) nas diferentes distâncias.

A aeronave utilizada pertence à Empresa KL Aviação Agrícola Ltda., modelo Cessna A188B AG-Truck, matrícula PR-AHG, equipada com DGPS e fluxômetro. O primeiro voo foi realizado com atomizadores rotativos de tela, com ponteiros D8, ângulo das pás de 45 graus em relação ao sentido do voo; 10 atomizadores foram distribuídos em toda a extensão da barra, com rotação de 5.500 RPM, velocidade de 110 MPH (177 km h⁻¹) e pressão de 28 PSI. O segundo voo foi realizado com bicos hidráulicos de jato cônico, modelo Teejet, com ponteiros D8, core 45; 30 bicos foram distribuídos em toda extensão da barra, com velocidade de 110 MPH e pressão de 30 PSI.

As curvas gráficas de derivas obtidas de cada sistema de pulverização foram comparadas e apresentadas em função dos intervalos de confiança em nível de 95%, geradas via modelo de regressão linear de segunda ordem. Os limites superiores e inferiores de cada parâmetro da equação

foram identificados, sendo as curvas consideradas distintas se o intervalo de confiança não se sobrepusesse.

Resultados e Discussão

Durante a aplicação dos tratamentos com glifosato, a direção do vento se manteve constante e a velocidade (10 km h^{-1}) próxima da recomendada. De acordo com Antuniassi et al. (2012), as condições ambientais ótimas para aplicação de agrotóxicos são: temperatura entre 20°C e 30°C , umidade relativa do ar maior do que 50% e velocidade do vento menor do que 10 km h^{-1} . Porém, na região onde o experimento foi conduzido, é extremamente raro obter essas condições ideais de aplicação, sendo as operações realizadas frequentemente sob ventos mais fortes, limitando as recomendações em uma velocidade de 15 km h^{-1} (Reunião, 2012).

A análise cromatográfica das amostras compostas de água, retiradas das bandejas plásticas, indicou que a deriva de glifosato variou ao longo das distâncias, sendo maior no primeiro ponto de amostragem, ou seja, a 10 m da faixa de aplicação, diminuindo até aproximadamente 300 m, a partir de onde se estabilizou (Figura 1). Maior quantidade do herbicida foi detectada nos pontos iniciais de coleta, até 100 m, sem haver diferença significativa entre os equipamentos (sistemas) de aplicação. Após 100 m, as quantidades detectadas para ambos os sistemas se mantiveram similares.

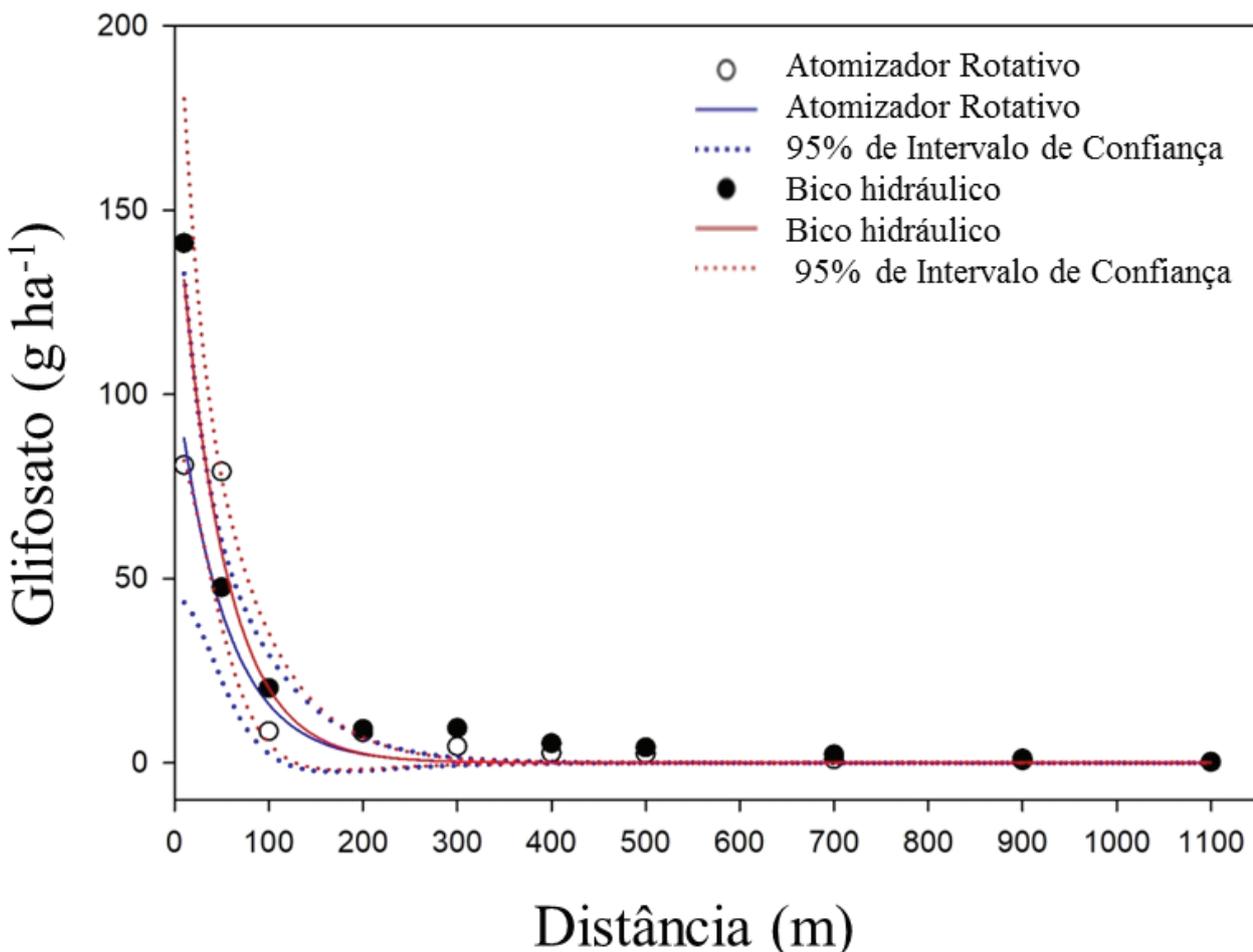


Figura 1. Curvas de recuperação de glifosato aplicado via aérea, utilizando atomizador rotativo de disco e sistema de bico hidráulico de jato cônico, obtidas por análise de cromatografia, comparadas e apresentadas em função dos intervalos de confiança em nível de 95%, gerados pelo modelo de regressão de segunda ordem. Embrapa Clima Temperado, Pelotas/RS, 2020.

Aos 10 metros da faixa de aplicação, foram detectados cerca de 90 g ha^{-1} e 140 g ha^{-1} de glifosato, ou seja, 5% e 8% do total aplicado, para o sistema de atomizador rotativo de disco e de bico hidráulico de jato cônico, respectivamente. Isso corrobora MARTINI et al. (2016), que detectaram maiores

taxas de deriva a 12,5 m da faixa de aplicação e pequenas diferenças entre o desempenho de equipamentos testados, após os 100 m da referida faixa. No último ponto de coleta, a 1.100 m da faixa de aplicação, também foram detectados resíduos de glifosato, porém, em baixas concentrações (< 0,01%) em relação ao total aplicado por ambos os equipamentos.

Embora nos dois equipamentos de aplicação de glifosato testados tenham sido utilizadas gotas de tamanho semelhante (Tabela 1), o que ocasiona comportamento similar de transporte no ambiente, o espectro de gota gerado em uma aplicação é heterogêneo ($110 \mu\text{m} \leq \text{EG} \leq 50 \mu\text{m}$), permitindo que gotículas finas (< $150 \mu\text{m}$) sejam carregadas a longa distância (Schröder, 2002). Resultados similares anteriores correspondem à detecção de deriva, em baixa concentração, até 400 m de distância da faixa de aplicação, pelo uso de um atomizador rotativo (Caldwell, 2006). Por outro lado, o uso de bico hidráulico de jato cônico gerou deriva de até 2.000 m (Antuniassi et al., 2012).

O volume de calda recuperado (L ha^{-1}) via cartões hidrossensíveis ($\pm 2 \text{ m}$ acima do nível do solo) foi proporcional ao revelado pelas análises cromatográficas (coleta de água com bandejas ao nível do solo), porém em maiores concentrações. O volume de calda recuperado aos 10 m de distância da faixa de aplicação foi de aproximadamente 22 L ha^{-1} e 32 L ha^{-1} para o bico hidráulico de jato cônico e atomizador rotativo de disco, respectivamente (Figura 2). Esses resultados indicam forte discrepância entre as metodologias de coleta adotadas, embora as curvas sejam bastante semelhantes, inclusive em proporções (Figuras 1 e 2). Os volumes de calda recuperados, revelados pelos cartões hidrossensíveis, superiores aos originalmente aplicados, por ambos os equipamentos, possivelmente decorreram da integração dos valores inerentes a cada uma das três aplicações, em faixas adjacentes de voo, num espaço que variou de 10 m a 48 m do primeiro de ponto de posicionamento dos referidos cartões. Não houve diferença entre dados de densidade de gotas e DMV em decorrência dos equipamentos de aplicação, corroborando com os dados das demais variáveis. Para ambos os equipamentos, a densidade de gotas e o DMV foram maiores nos pontos amostrados dentro dos 10 m da faixa de aplicações, diminuindo conforme o afastamento dos pontos de amostragens, tornando-se basicamente constantes após 200 m (Figura 3).

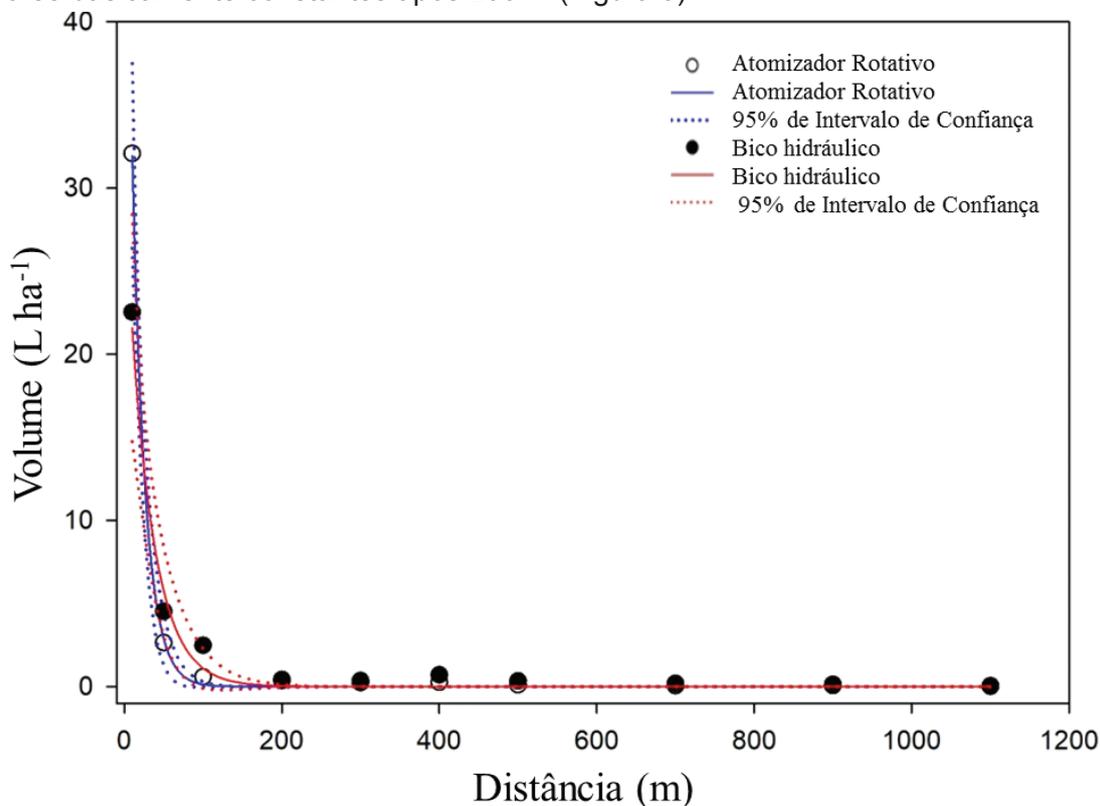


Figura 2. Curvas de recuperação de glifosato aplicado via aérea, utilizando atomizador rotativo de disco e sistema de bico hidráulico de jato cônico, obtidas por cartões hidrossensíveis, comparadas e apresentadas em função dos intervalos de confiança em nível de 95%, gerados pelo modelo de regressão de segunda ordem. Embrapa Clima Temperado, Pelotas/RS, 2020.

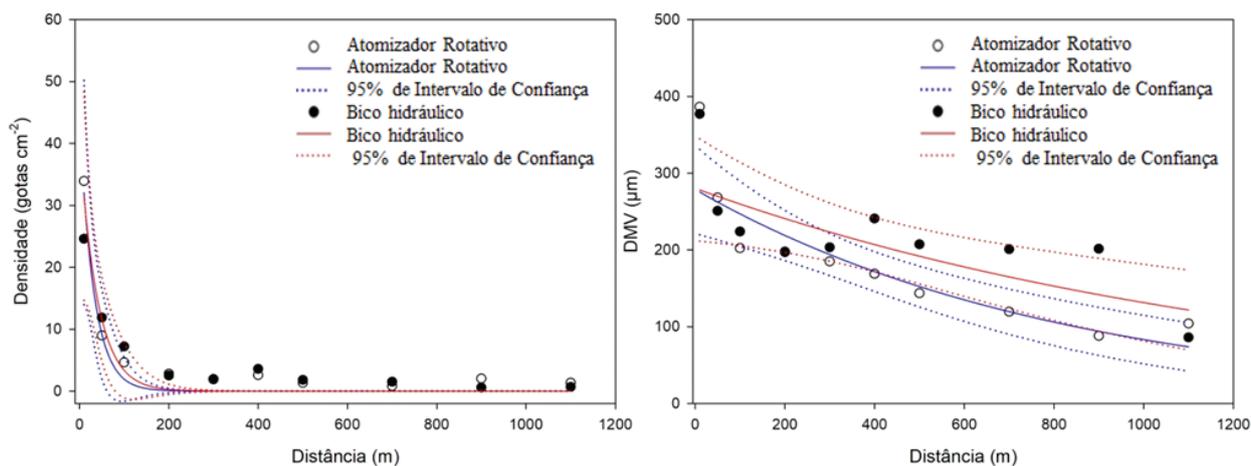


Figura 3. Densidade de gotas e DMV inerentes à deriva de glifosato, aplicado via aérea por atomizador rotativo de disco e bico hidráulico de jato cônico, captada por cartões hidrossensíveis, com base em intervalos de confiança, em nível de 95%. Embrapa Clima Temperado, Pelotas/RS, 2020.

Considerações Finais

Entre os principais fatores que podem elevar os riscos de deriva estão os relacionados às condições meteorológicas no momento da aplicação, ao espectro de gotas produzido pelo equipamento e à composição da calda pulverizada. Este trabalho indicou que a aplicação aérea de glifosato tanto por atomizador rotativo de disco como por bico hidráulico de jato cônico, nas condições de temperatura, de umidade relativa, e de velocidade e direção do vento, especificadas na Tabela 1, gerou deriva mais intensa até à distância de 10 m além da faixa alvo. A partir dessa distância a deriva reduziu até cerca de 300 m, a partir de onde estabilizou, atingindo 1.100 m (distância máxima avaliada), porém, em baixíssimas concentrações. Assim, mais estudos são necessários para avaliar até que ponto derivas dessa amplitude são prejudiciais ou não a culturas adjacentes e o meio ambiente. Nesse contexto, devem ser adotadas as melhores técnicas de aplicação aérea de agrotóxicos, focando-se na eficácia agrônômica e econômica, e na adequação (segurança) ambiental das áreas orizícolas e ao entorno, avaliando possíveis derivas, em distintas distâncias e direções.

Agradecimentos

- À Empresa KL Aviação Agrícola Ltda. (filiada do Sindag), que não mediu esforços para a realização desse estudo, ao seu sócio/proprietário Francisco Dias da Silva, ao comandante da aeronave Luis Tiago Silva, e à equipe de técnicos agrícolas que apoiaram a operação.

- Aos Drs. Wellington Pereira Alencar de Carvalho, professor da Universidade Federal de Lavras (UFLA), e Giovani Theisen, pesquisador da Embrapa Clima Temperado, pela revisão técnica do trabalho.

Referências

AMSDEN, R. C. Reducing the evaporation of sprays. **Agricultural Aviation**, v. 4, p. 88-93, 1962.

ANTUNIASSI, U. R.; CAMARGO, T. V.; BONELLI, A. P. O.; ROMAGNOLE, H. W. C. Avaliação da cobertura de folhas em aplicações terrestres com diferentes tipos de pontas. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE AGROTÓXICOS, Botucatu. **Anais...** Botucatu: FEPAF, 2004. p. 48-51, 1 CD-ROM.

ANTUNIASSI, U. R.; MOTTA, A. A. B.; CHECHETTO, R. G.; CARVALHO, F. K.; VELINI, E. D.; CARBONARI, C. A. Spray drift from aerial application on sugarcane. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON AGRICULTURAL ENGINEERING CIGR-AgEng 2012, Valência, 2012. **Agriculture and engineering for a healthier life**. v. 1, p. 1-6.

AOAC INTERNATIONAL. **AOAC Official Method 2007.01**: pesticide residues in foods by acetonitrile extraction and partitioning with magnesium sulfate. 2007. Disponível em: https://nucleus.iaea.org/fcris/methods/MRM_AOAC_2007_01.pdf. Acesso em: 3 ago. 2016.

BECK, M.; UIGUIN, A. da R.; SANTOS, R. A. da S.; VEBER, E. T.; CEREZA, T. V.; AZEVEDO, F. G. Impacto da deriva de glyphosato na cultura do arroz irrigado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 10., 2017, Gramado. **Anais...** Porto Alegre: Iriga, 2017. 1 CD-ROM. p. 213-216, Seção Manejo de Plantas Daninhas.

BIOENSAIOS. Disponível em: <http://nsf-bioensaios.com.br/>. Acesso em: 8 ago. 2016.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Agrofit**. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/servicos-e-sistemas/sistemas/agrofit>. Acesso em: 26 out. 2016.

CALDWELL, D. M. **Quantification of spray drift from aerial applications of pesticide**. 2006. 106 f. Thesis (Master of Science in the Department of Plant Sciences) - University of Saskatchewan.

CHRISTOFOLETTI, J. C. **Manual Shell de máquinas e técnicas de aplicação de defensivos agrícolas**. São Paulo: Shell, 1992. 124 p.

CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento). **Acompanhamento de safra brasileira: grãos**, v. 4 - Safra 2016/17, n. 10 - Décimo levantamento, Brasília, 171 p., julho/2017. Disponível em: www.conab.gov.br. Acesso em: 31 jul. 2017.

CRUVINEL, P. E.; VIEIRA, S. R.; CRESTANA, S.; MINATEL, E. R.; MUCHERONI, M. L.; NETO, A. T. Image processing in automated measurements of raindrop size and distribution. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 23, n. 3, p. 205-217, 1999.

CUNHA, J. P. A. R.; TEIXEIRA, M. M.; COURRY, J. R.; FERREIRA, L. R. Avaliação de estratégias para redução da deriva de agrotóxicos em pulverizações hidráulicas. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 21, n. 2, p. 325-332, 2003.

EMBRAPA. **Programa de Calibração de Pulverização - Gotas**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/.../gotas---programa-de-calibracao-de-pulverizacao---gotas>. Acesso em: 3 jan. 2018.

IRGA. Maior zoneamento da soja favorece a rotação de culturas. **Lavoura Arrozeira**, v. 64, p. 40-41, 2016.

OZEKI, Y.; KUNZ, R. **Manual de Aplicação Aérea**. São Paulo: [CIBA-GEIGY], 1997. 46 p.

REUNIÃO TÉCNICA DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 29., 2012, Gravatal. **Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil**. Itajaí: Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado, 2012. 179 p.

SCHERM, H. Climate change: can we predict the impacts on plant pathology and pest management? **Canadian Journal of Plant Pathology**, v. 26, p. 267-273, 2004.

SCHRÖDER, E. P. **Pulverização Eletrostática Aérea: experiência e perspectivas no Brasil**. Pelotas: Ed. do autor, 2002. 66 p.

SPILLMAN, J. J. Optimum droplet sizes for spraying against flying targets. **Agricultura Aviation**, v. 17, n. 1/4, 1976.

SUZUMURA, Y.; CRUVINEL, P. E. Análise de qualidade da eficiência da pulverização agrícola com processamento de imagem e rede neural. **Sinergia**, v. 6, n. 2, p. 129-137, 2005.

TEIXEIRA, M. M. **Influencia del volumen de caldo y de la uniformidad de distribución transversal sobre la eficacia de la pulverización hidráulica**. 1997. 310 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.

Embrapa Clima Temperado
BR 392, Km 78, Caixa Postal 403
Pelotas, RS - CEP 96010-971
Fone: (53) 3275-8100
www.embrapa.br/clima-temperado
www.embrapa.br/fale-conosco

1ª edição
Obra digitalizada (2021)



MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO



Comitê Local de Publicações
Presidente

Luis Antônio Suíta de Castro

Vice-Presidente

Ana Cristina Richter Krolow

Secretária-Executiva

Bárbara Chevallier Cosenza

Membros

Ana Luiza Barragana Viegas, Fernando

Jackson, Marilaine Schaun Pelufê,

Sonia Desimon

Revisão de texto

Bárbara Chevallier Cosenza

Normalização bibliográfica

Marilaine Schaun Pelufê

Editoração eletrônica

Fernando Jackson

Foto da capa

André Andres