



RBES

Revista Brasileira de
Engenharia e Sustentabilidade

ISSN 2448-1661

Pelotas, RS, UFPel-Ceng

<https://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/RBES/index>

v.4, n.2, p.1-7, dez. 2017

TRATAMENTO DE EFLUENTE CONTENDO FLUFENOXURON GERADO PELA LAVAGEM E DESCARTE DAS APLICAÇÕES AÉREAS

FURTADO, R. D.¹; HOFF, RODRIGO B.¹

¹Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

Palavras-chave: ozônio, oxidação, pátio de descontaminação.

Resumo

A legislação ambiental brasileira, subsidiada pela Instrução Normativa nº 02/2008 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, obriga que as empresas operadoras aeroagrícolas realizem o tratamento dos efluentes gerados após a lavagem das aeronaves. Para este fim, é sugerido pela legislação o uso de um sistema de degradação baseado na ozonização. Avaliou-se a eficiência do sistema recomendado pela legislação em promover a degradação do princípio ativo flufenoxuron (inseticida Cascade® 100), onde foram analisadas a concentração e a quantidade em massa da molécula em todas as etapas do sistema. Foram avaliados dois tratamentos distintos, usando 1,0 e 2,0 g de ozônio/hora, em um sistema industrial de geração de ozônio, usando três períodos de ozonização diferentes (1, 3 e 6 horas), em temperatura ambiente e pH em torno de 6,0. Constatou-se que, em cada lavagem, é gerado um volume médio de 132 L de efluente (112 L de água mais 20 L de calda residual). Após sofrer os tratamentos com 1,0 e 2,0 g de O₃/hora foram obtidos, respectivamente, os seguintes resultados: diminuição da concentração de flufenoxuron no efluente (-82,8 e -86,0%) e decréscimo na massa de flufenoxuron (-44,8 e -63,2%). O sistema mostrou-se eficiente no tratamento do efluente contendo resíduos do inseticida Cascade® 100.

TREATMENT OF EFFLUENT CONTAINING FLUFENOXURON GENERATED BY WASHING AND DISPOSAL OF AERIAL APPLICATIONS

Keywords: ozone, oxidation, airstrip decontamination

Abstract

The Brazilian environmental legislation, subsidized by Normative Instruction No. 02/2008 of the Ministry of Agriculture, Livestock and Food Supply, obliges the aeroagriculture operators to treat the effluents generated after washing the aircraft. To this end, the use of a degradation system based on ozonation is suggested by legislation. The efficiency of the system recommended by the legislation in promoting the degradation of the active principle flufenoxuron (Cascade® 100 insecticide) was evaluated through the analysis of pesticide concentration and the mass quantity in all the system stages. Two different treatments were evaluated using 1.0 and 2.0 g ozone/hour. It was found that an average volume of 132 L of effluent (112 L of water plus 20 L of residual pesticide formulation) is generated for each wash. After treatment with 1.0 and 2.0 g O₃/hour respectively, the following results were obtained: reduction of the flufenoxuron concentration in the effluent (-82.8 and -86.0%); decrease on the amount of flufenoxuron (-44.8 and -63.2%). The system proved to be efficient in the treatment of effluent containing flufenoxuron residues.

INTRODUÇÃO

A aplicação de agrotóxicos através de aeronaves agrícolas é realizada, geralmente, ou em culturas de grande escala, e/ou pela impossibilidade de trânsito de pulverizadores terrestres sobre o solo (ANTUNIASSI, 2015). A cultura da soja é uma das que mais demanda este serviço no estado do Rio Grande do Sul (BUENO, M. R.; CUNHA; SANTANA, DE, 2017).

O flufenoxurom é um inseticida da classe das benzoiluréias e que é usado na pulverização aérea de lavouras de soja para o combate à Lagarta-da-soja (*Anticarsia gemmatalis*) (CARMO; BUENO, A. F.; BUENO, R. C. O. F., 2010). Uma das formulações de flufenoxurom comumente utilizada para este fim é o produto Cascade® 100.

O flufenoxurom é um agrotóxico de alta toxicidade para humanos (JEONG et al., 2014; WOO; LIM, 2015) e tem sido implicado também na toxicidade sobre as abelhas (COSTA et al., 2014). Foram publicados poucos trabalhos a respeito de sua degradação no ambiente e quais produtos de transformação são gerados (KAMEL et al., 2007; MAILLARD et al., 2011). O flufenoxurom tem sido detectado em inúmeras amostras de vegetais e em águas subterrâneas, demonstrando a importância dos processos de tratamento e degradação deste composto (BARRANCO et al., 2007; GIL et al., 2006).

Os efluentes gerados pela lavagem das aeronaves e de seus equipamentos de aplicação de agrotóxicos necessitam ser tratados antes de serem lançados ao meio ambiente, para evitar que se tornem fonte pontual de contaminação. Para evitar o risco desse impacto ambiental, são necessárias medidas especiais de tratamento. O lançamento de efluente não tratado diretamente no solo provoca contaminação pontual na área de operação aeroagrícola e, devido à alta concentração de agrotóxicos neste resíduo, todo o entorno da área da lavagem das aeronaves apresentará contaminação (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO, 2008).

Os agrotóxicos podem ser naturalmente degradados, através da oxidação gerada pelo oxigênio livre da atmosfera. Logo, qualquer método artificial que potencialize injeção de oxigênio livre em um meio com alta concentração de agrotóxicos irá promover

o aceleramento da degradação destes compostos (OLLER; MALATO; SÁNCHEZ-PÉREZ, 2011).

Tecnologias de oxidação química têm sido preconizadas para oxidar efluentes de estações de lavagem, uma vez que podem ser instalações portáteis, gerando o ozônio in situ, com alta eficiência oxidativa e baixo tempo de retenção (STATHIS et al., 2011).

O efluente produzido pelo descarte dos restos da calda não pulverizada e pela lavagem das aeronaves possui três características básicas que são: a) baixo volume de líquidos, b) alta concentração de princípios ativos de agrotóxicos proibidos de serem lançados diretamente no meio ambiente e, c) grandes distâncias de centros recebedores deste tipo de efluente, fazendo do tratamento no próprio local uma das únicas opções econômica e operacionalmente viáveis (FURTADO, 2012; RICE et al., 2005).

O objetivo deste trabalho foi estudar a geração de efluentes a partir da aplicação aérea do inseticida Cascade® 100 e analisar a eficiência do sistema-piloto de tratamento com ozônio conforme proposto na Instrução Normativa nº 02/2008 do MAPA. O efluente estudado foi produzido pela lavagem de aeronaves agrícolas e pelo descarte das sobras das aplicações do inseticida Cascade® 100 e seu princípio ativo flufenoxurom.

MATERIAL E MÉTODOS

-Efluentes

Foi utilizada formulação comercial do inseticida Cascade® 100 (BASF S.A., Resende, RJ, Brasil), contendo 10,0% (m/v) de flufenoxurom, comercializado na forma de concentrado emulsionável. O produto foi diluído para a produção de calda conforme recomendação do fabricante ("Inseticida Cascade 100 : BASF", [s.d.]).

A amostra de efluente foi obtida a partir da água utilizada para a lavagem externa e interna de aeronave tipo Ipanema 2002B. O volume de água utilizado na lavagem das aeronaves foi primeiramente estimado com base na vazão e tempo de operação da máquina lavadora. O mesmo foi confirmado experimentalmente pelo recolhimento de toda a água utilizada no processo em um tonel de capacidade de 200 L. O volume foi

posteriormente aferido usando frasco graduado de polipropileno de 5 L. A quantidade média de água utilizada no processo de lavagem foi de 112,8 litros. A este volume somam-se cerca de 20 litros de agrotóxico, correspondente ao volume morto do tanque, abaixo do qual a bomba hidráulica não consegue mais captar, provocando sobra da calda no hopper da aeronave. O volume final de efluente possuiu, portanto, volume de 132,8 litros, o qual foi usado em sua totalidade como amostra para avaliação da eficácia do sistema de descontaminação.

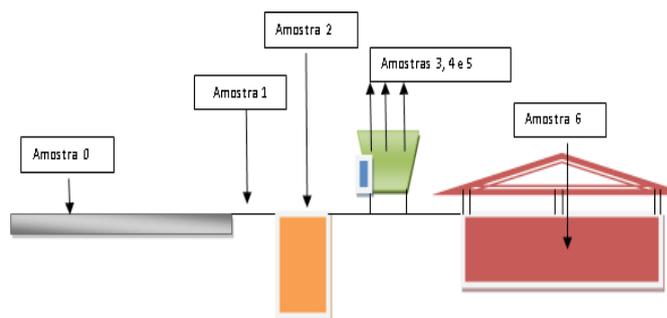
As amostras foram coletadas junto a empresas de aviação agrícola situadas nas cidades de Rosário do Sul (RS) e Dom Pedrito (RS), durante a safra 2009/2010. Foram coletadas amostras de 400 lavagens, obtendo assim dados representativos das características operacionais das aplicações aéreas realizadas no sul do Rio Grande do Sul.

-Sistema de tratamento

O sistema de tratamento utilizado neste trabalho tem como base o modelo de pátio de descontaminação previsto na legislação brasileira (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO, 2008). Este sistema consiste em um piso de lavagem impermeabilizado e com contenção lateral, onde a aeronave passa pelo processo de lavagem com água após a operação. Toda a água utilizada neste piso é drenada por um cano e chega até um tanque de decantação igualmente impermeabilizado. Deste tanque, o efluente gerado na lavagem é bombeado para o reator de ozonização. Após o tempo de residência neste reator, o efluente é direcionado ao leito de volatilização, onde permanece até a evaporação total.

A Figura 1 mostra croqui ilustrativo do pátio de descontaminação utilizado no experimento, bem como as diferentes partes do sistema e os locais/momentos da retirada da cada amostra.

Figura 1. Croqui com o pátio de descontaminação e o local da amostragem durante o fluxo do processo. Amostra 0 – piso de lavagem; Amostra 1 – cano para drenagem; Amostra 2 – tanque de decantação; Amostra 3, 4 e 5 – reator de ozonização; Amostra 6 – leito de volatilização



-Descontaminação dos efluentes

Realizou-se a passagem da amostra de efluentes gerados pela lavagem de aeronave agrícola após aplicação do produto Cascade® 100 (contendo 10,0% (m/v) de flufenoxurom) pelo sistema de tratamento, tendo sido coletadas amostras para análise da concentração e da carga do princípio ativo, com objetivo de se comparar o efeito de cada compartimento (tanque de decantação, reator de ozonização e leito de volatilização) do sistema de tratamento e da aplicação de diferentes concentrações de ozônio (1,0 e 2,0 g de O₃/hora) sobre a degradação do inseticida flufenoxurom. A vazão do ozônio foi mantida constante em 9,0 L/min para os dois níveis de concentração de ozônio avaliados. Para padronização do processo de ozonização, empregou-se o equipamento Degradatox® (OZ Engenharia, Porto Alegre, RS, Brasil). Este equipamento é composto por um gerador de ozônio, um reator tipo reservatório com suporte, bomba e conexões hidráulicas e uma bomba submersa. A bomba submersa força a entrada do efluente a partir do tanque de decantação para dentro do reator, onde o efluente permanece em recirculação e em contato com o ozônio. Passado o período de tempo desejado, o líquido tratado é escoado para o leito de volatilização. A amostragem foi composta por 7 amostras obedecendo a ordem descrita na Tabela 1 e em conformidade com os pontos de coleta da Figura 1.

Tabela 1. Caracterização das amostras do efluente em cada ponto de amostragem e seus momentos de ozonização e tempo de retenção

Amostra/ Pontos	Característica dos efluentes	Tempo de ozonização	Tempo de residência ¹
0	Resíduo bruto ²	---	Coleta imediata
1	Efluente após adição de água ao resíduo bruto ³	---	Coleta imediata
2	Efluentes após deposição no tanque de decantação ⁴	---	72 horas
3	Efluente em ozonização ⁵	1 hora	1 hora
4	Efluente em ozonização	3 horas	3 horas
5	Efluente em finalização da ozonização	6 horas	6 horas
6	Efluentes após deposição no leito de volatilização ⁶	---	72 horas

NOTA: ¹tempo de residência da amostra em cada componente do sistema até a sua coleta para análise; ²resíduo bruto, calda pulverizada do inseticida Cascade® 100, preparada de acordo com as orientações descritas na bula do produto; ³mistura do resto do produto da aplicação mais a quantidade média de água empregada na lavagem da aeronave; ⁴efluente após passagem pelo tanque de decantação e antes de iniciar o processo de oxidação (ozônio); ⁵efluente em oxidação; ⁶efluente após exposição no leito de volatilização.

A concentração do princípio ativo na calda obedeceu à taxa modal de aplicação de 10 L/ha, que é o volume de calda de inseticida por hectare mais frequentemente pulverizado nas operações realizadas nas empresas amostradas nos municípios de Rosário do Sul (RS) e Dom Pedrito (RS). O efluente foi tratado em bateladas de volume igual a 400 L. Esta quantidade representou o volume de efluente produzido por três lavagens completas de aeronaves. Este dado é a média de efluente gerado em cada lavagem (132,8 L) multiplicado por três (398,4 L \approx 400 L) (FURTADO,

2012).

-Determinação do teor de flufenoxurom

A determinação analítica do princípio ativo flufenoxurom foi realizada através do uso de cromatografia líquida de alta eficiência acoplada à espectrometria de massas (LC-MS/MS). Uma vez que a concentração das amostras estava na faixa de mg/L não foi necessária a aplicação de técnicas de concentração das amostras. As análises foram realizadas utilizando um sistema de LC-MS/MS Varian 320 (Walnut Creek, EUA), equipado com bomba binária 212 LC, amostrador automático ProStar 410 e espectrômetro de massas triplo quadrupolo, operando com fonte de ionização por electrospray. A aquisição de dados foi realizada com o emprego do software Varian Workstation 6.6. A separação foi efetuada em coluna Pursuit XRs Ultra C18 (100 \times 2 mm; 2,8 μ m de tamanho de partícula) da Agilent (Santa Clara, EUA). A coluna foi mantida a 30 °C e o volume de injeção foi de 5 μ L.

-Análise dos dados

A análise descritiva foi utilizada com emprego de gráficos e tabelas para avaliação do comportamento das diferentes variáveis medidas. Para a interpretação dos dados do decaimento dos princípios ativos presentes nos efluentes dos agrotóxicos, empregou-se equações de regressão, úteis para analisar relações entre variáveis contínuas, típicas deste estudo. Para geração dos gráficos, das tabelas e do cálculo da equação da regressão, empregaram-se as ferramentas estatísticas do software Excel 2013®.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 apresenta a concentração do princípio ativo flufenoxurom presente na calda original (C.O.) e nos 7 pontos amostrados do sistema de descontaminação de aeronaves (Tabela 1). Percebe-se diminuição na concentração de flufenoxurom equivalente a 82,2% no tratamento com 1,0g O₃/h e de 86,0% no tratamento com 2,0g O₃/hora, quando comparadas às concentrações na calda original (C.O.) e no leito de volatilização (amostra 6).

Tabela 2. Concentrações de flufenoxuron (em mg/L) para os diferentes pontos de amostragem do sistema de descontaminação de aeronaves. Tratamentos oxidativos com 1,0 e 2,0 g O₃/h.

Pontos	Flufenoxuron (mg/L)				
	[O ₃] = 1,0 (g O ₃ /h)	%Var Total	[O ₃] = 2,0 (g O ₃ /h)	%Var Total	% Var. 1 e 2
C.O.	5080,0	-	5080,0	-	0,0
1	836,7	-83,5	1019,3	-79,9	17,9
2	610,1	-88,0	610,1	-88,0	0,0
3	919,3	-81,9	818,9	-83,9	-12,3
4	781,7	-84,6	876,1	-82,8	10,8
5	792,1	-84,4	764,3	-85,0	-3,6
6	874,7	-82,8	710,3	-86,0	-23,1

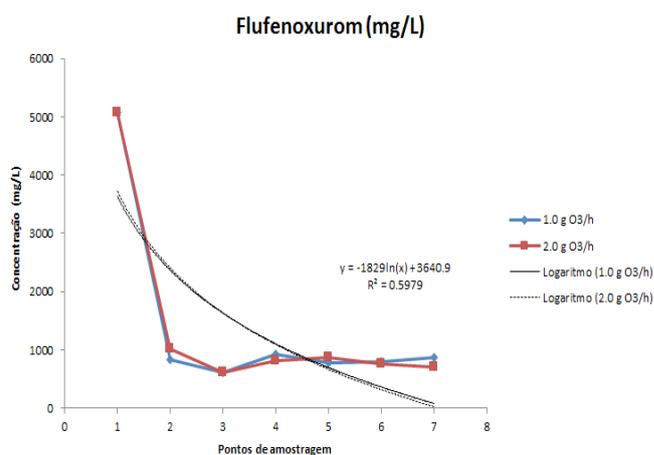
Obs: [O₃] = 1,0: média das amostras no tratamento com 1,0g O₃/h; [O₃] = 2,0: média das amostras no tratamento com 2,0g O₃/h; % Var Total = variação entre as unidades amostrais e C.O.; % Var. 1 e 2 = variação entre as Médias 1,0 e Média 2,0.

Entretanto, uma vez que se desconta o efeito da diluição que ocorre após a adição da água da lavagem, verifica-se que o flufenoxuron mostra-se resistente à ação do ozônio. No tratamento com 2,0 g de O₃/hora, foi verificada uma ação mais pronunciada da ozonólise. O resultado final da concentração de flufenoxuron presente no efluente na amostra 6, para o tratamento com 1,0 g de O₃/hora, é igual a 874,7 mg/L de ingrediente ativo e no tratamento com 2,0 g de O₃/hora é igual a 710,3 mg/L de ingrediente ativo. Essa diferença (23,1%) indica que o tratamento com carga maior de ozônio poderá gerar diferença final no resultado, embora as condições experimentais devam ser melhor otimizadas para promover efeitos de degradação substanciais sobre a molécula em estudo.

A Figura 2 mostra a similaridade nas tendências de decaimento do flufenoxuron nos dois tratamentos empregados. Pode-se observar que há uma flutuação nas concentrações do princípio ativo nas amostras, sendo que aparentemente a menor concentração é verificada no tanque de decantação. Entretanto,

as flutuações das leituras entre as amostras 3, 4, 5 e 6 podem ser atribuídas ao erro experimental ou à incerteza da medição, uma vez que o tanque de decantação por se não produz nenhuma ação física ou química sobre a molécula do agrotóxico em estudo.

Figura 2. Concentração de flufenoxuron no efluente (mg/L) nos pontos de amostragem no sistema de descontaminação de aeronaves. Condições experimentais: 1,0 e 2,0 g de O₃/hora, temperatura ambiente, tempos de ozonização de 1, 3 e 6 horas.



Durante os processos de tratamento foi verificado um decaimento da carga total do princípio ativo flufenoxuron igual a 44,8% (para 1,0 g O₃/h) e de 63,2% (2,0 g O₃/h). O tratamento com 2,0 g O₃/h mostrou-se, portanto, 23,1% mais eficiente que o tratamento com 1,0 g O₃/h.

A amostra 6 apresenta uma variação negativa igual a 37% e 47% para tratamentos com 1,0 e 2,0 g O₃/h, respectivamente, em relação à amostra 5. Dentro do leito de volatilização, o princípio ativo mostrou decaimento, evidenciando a função de polimento desta unidade de tratamento (Tabela 3).

Estes dados mostram que o tratamento com 2,0 g foi mais vantajoso em termos de eficiência, além de demonstrar a importância do leito de volatilização no trabalho de polimento da remoção do princípio ativo.

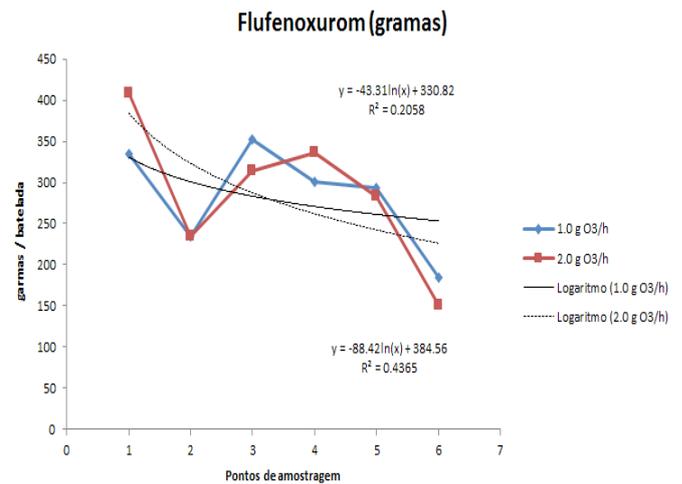
Tabela 3. Carga de flufenoxurom por tratamento (batelada) no efluente (em gramas de princípio ativo) nos diversos pontos de amostragem no sistema de descontaminação de aeronaves. Tratamentos oxidativos com 1,0 e 2,0 g O₃/h

Carga flufenoxurom (gramas de princípio ativo)							
Pontos	[O ₃] = 1,0 (g O ₃ /h)	%Var	%Var Total	[O ₃] = 2,0 (g O ₃ /h)	% Var	%Var Total	% Var.1 e 2
1	334,7	0,0	0,0	407,7	0,0	0,0	17,9
2	234,3	-30,0	-30,0	234,3	-42,5	-42,5	0,0
3	353,0	50,7	5,5	314,4	34,2	-22,9	-12,3
4	300,2	-15,0	-10,3	336,4	7,0	-17,5	10,8
5	293,1	-2,4	-12,4	282,8	-15,9	-30,6	-3,6
6	184,7	-37,0	-44,8	150,0	-47,0	-63,2	-23,1

Obs: [O₃] = 1,0: média das amostras no tratamento com 1,0g O₃/h; [O₃] = 2,0: média das amostras no tratamento com 2,0g O₃/h; % Var = variação entre as unidades amostrais (intra); % Var Total = variação entre as unidades amostrais (inter); % Var. 1 e 2 = variação entre as Médias 1 e Média 2.

A oxidação do princípio ativo flufenoxurom em ambas as taxas de aplicação com 1,0 g e com 2,0 g de O₃/hora apresentaram resultados medianamente satisfatórios, visíveis na Figura 3, durante a passagem do efluente pelo sistema de ozonização, porém com a deposição no leito de volatilização (amostra 6) ocorre uma melhora na remoção da carga do princípio ativo na batelada tratada.

Figura 3. Carga de flufenoxurom no efluente do inseticida Cascade® 100 (em gramas de princípio ativo/batelada) nos pontos de amostragem no sistema de descontaminação de aeronaves. Tratamentos oxidativos com 1,0 e 2,0 g O₃/h



Mesmo que o flufenoxurom apresente certa resistência à oxidação, em ambas as equações temos $\alpha < 0$, demonstrando a tendência de queda da carga total do princípio ativo flufenoxurom no efluente.

Em relação ao aparente aumento das cargas de flufenoxurom que foi verificado nas amostras coletadas dentro do reator de ozonização (amostras 3, 4 e 5) quando comparadas com as amostras do tanque de decantação (amostra 2), uma das possibilidades é o erro experimental, especialmente o vinculado à incerteza da medição do método analítico. Entretanto, há que se considerar a possibilidade de que nas 72 horas em que o efluente gerado pela lavagem fica em decantação (antes da entrada no reator de ozonização) possa ocorrer a formação de produtos de transformação do flufenoxurom (hidrólise) e que tais produtos possam reverter à forma original da molécula quando expostos à ação do ozônio.

Durante o período de realização dos experimentos, a temperatura ambiente variou entre 18 e 32°C, a umidade relativa do ar variou de 44 a 72% e o vento apresentou uma velocidade média de 3 km/h. O período de luz solar direta foi estimado em cerca de 12 horas, com baixíssima presença de nuvens, fato importante para compreendermos a intensa evaporação verificada no leito de volatilização em um período de 72 horas.

Quanto ao pH das amostras, o valor inicial do pH na calda original foi de 4,0. Após a adição da água de lavagem e passagem pelo piso de escoamento, o valor subiu para 6,0. Após o processo de ozonização, as amostras sofreram uma acentuada acidificação, sendo que o pH das amostras ao saírem do sistema

de ozonização apresentaram valor de pH de 3,5. Não houve diferença significativa nas alterações de pH quando comparados os dois níveis de concentração de ozônio avaliados.

CONCLUSÃO

A ozonização com taxa de 1,0 g O₃/h mostrou-se eficiente na degradação do princípio ativo flufenoxuron presente no inseticida Cascade® 100, reduzindo concentração e carga do princípio ativo nos efluentes obtidos após a lavagem interna e externa das aeronaves. Entretanto, verificamos que a ozonização com nível de 2,0 g O₃/h mostra-se mais eficiente na degradação do flufenoxuron quando comparado com o tratamento empregando 1,0g O₃/h. Não obstante, o segundo tratamento não foi proporcionalmente superior ao primeiro.

O leito de volatilização mostrou-se eficiente na retenção do efluente, não permitindo seu contato com o solo e permitindo a exposição às condições atmosféricas (radiação ultravioleta e oxigênio atmosférico), promovendo maior grau de degradação do agrotóxico, levando a uma diminuição da concentração e da carga do princípio ativo.

Conclui-se que o sistema proposto na Instrução Normativa nº 02 de janeiro de 2008 mostrou-se funcional e eficiente para a degradação do princípio ativo do inseticida Cascade® 100, atendendo as legislações ambientais e agrícolas a nível federal e do estado do Rio Grande do Sul. O uso da ozonização aplicada à efluentes é uma maneira viável e eficaz de provocar degradação de agrotóxicos, diminuindo de maneira significativa o risco do descarte de tais efluentes no meio ambiente.

Foi também demonstrado que o flufenoxuron é parcialmente resistente à ação do ozônio e que novos estudos devem ser realizados de modo a otimizar o sistema de tratamento proposto para a obtenção de uma degradação mais extensiva deste agrotóxico. Do mesmo modo, é de grande importância a realização de estudos sobre os possíveis produtos de transformação do flufenoxuron e quais os mecanismos moleculares implicados na formação destes.

LITERATURA CITADA

- ANTUNIASSI, U. R. Evolution of agricultural aviation in Brazil. *Outlooks on Pest Management*, 2015. v. 26, n. 1, p. 12–15.
- BARRANCO, M. et al. Simple and rapid determination of benzoylphenylurea pesticides in river water and vegetables by LC-ESI-MS. *Chromatographia*, 2007. v. 66, n. 7–8, p. 533–538.
- BUENO, M. R.; CUNHA, J. P. A. R. Da; SANTANA, D. G. DE. Assessment of spray drift from pesticide applications in soybean crops. *Biosystems Engineering*, Fevereiro. 2017. *Engineering Approaches for Reducing Spray Drift*. v. 154, p. 35–45.
- CARMO, E. L.; BUENO, A. F.; BUENO, R. C. O. F. Pesticide selectivity for the insect egg parasitoid *Telenomus remus*. *BioControl*, 2010. v. 55, n. 4, p. 455–464.
- COSTA, E. M. et al. Toxicity of insecticides used in the Brazilian melon crop to the honey bee *Apis mellifera* under laboratory conditions. *Apidologie*, 2014. v. 45, n. 1, p. 34–44.
- FURTADO, R. D. Tratamento de efluentes gerados pela lavagem de aeronaves agrícolas e pelo descarte das aplicações aéreas de agrotóxicos. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2012. Tese.
- GIL, G. et al. Determination of benzoylureas in ground water samples by fully automated on-line pre-concentration and liquid chromatography-fluorescence detection. *Journal of Chromatography A*, 2006. v. 1103, n. 2, p. 271–277.
- Inseticida Cascade 100 : BASF. [S.l.], [s.d.]. Disponível em: <http://www.agro.basf.com.br/agr/ms/apbrazil/pt/content/APBrazil/solutions/insecticides/insecticides_product/CASCADE_100>. Acesso em: 6 out. 2017.
- JEONG, H. H. et al. Rapidly progressive lactic acidosis in patients with flufenoxuron poisoning. *Hong Kong Journal of Emergency Medicine*, 2014. v. 21, n. 3, p. 181–184.
- KAMEL, A. et al. Degradation of the acaricides abamectin, flufenoxuron and amitraz on Saudi Arabian dates. *Food Chemistry*, 2007. v. 100, n. 4, p. 1590–1593.
- MAILLARD, E. et al. Removal of pesticide mixtures in a stormwater wetland collecting runoff from a vineyard catchment. *Science of the Total Environment*, 2011. v. 409, n. 11, p. 2317–2324.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. INSTRUÇÃO NORMATIVA No 02/2008.
- OLLER, I.; MALATO, S.; SÁNCHEZ-PÉREZ, J. A. Combination of Advanced Oxidation Processes and biological treatments for wastewater decontamination-A review. *Science of the Total Environment*, 2011. v. 409, n. 20, p. 4141–4166.
- RICE, N. et al. Unplanned releases and injuries associated with aerial application of chemicals, 1995-2002. *Journal of Environmental Health*, 2005. v. 68, n. 4, p. 14–18.
- STATHIS, I. et al. Novel imazethapyr detoxification applying advanced oxidation processes. *Journal of Environmental Science and Health, Part B*, Agosto. 2011. v. 46, n. 6, p. 449–453.
- WOO, J.-H.; LIM, Y. S. Severe human poisoning with a flufenoxuron-containing insecticide: Report of a case with transient myocardial dysfunction and review of the literature. *Clinical Toxicology*, 2015. v. 53, n. 6, p. 569–572.