IV CONGRESSO INTERNACIONAL DAS CIÊNCIAS AGRÁRIAS COINTER - PDVAgro 2019

AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DO TRATAMENTO DE EFLUENTE AEROAGRÍCOLA UTILIZANDO OZONIZAÇÃO

EVALUACIÓN DA EFICIENCIA DE TRATAMIENTO DE EFLUENTE DE AERONAVES UTILIZAN LA OZONIZACIÓN

EVALUATION OF EFFLUENT TREATMENT EFFICIENCY AIRCRAFT USING OZONIZATION

Apresentação: Comunicação Oral

Murilo Gonçalves Rickes¹; Thalia Strelov dos Santos²; João Gabriel Ruppenthal³; Louise Hoss⁴; Maurizio Silveira Quadro⁵

DOI: <https://doi.org/10.31692/2526-7701.IVCOINTERPDVAgro.2019.0178>

Resumo

O crescimento na população mundial exigiu do setor agropecuário um aumento na produção devido a demanda por alimento. Por conta disso, iniciou-se uma busca por novas tecnologias chegando até os insumos químicos que maximizam a produção em uma mesma área cultivada. A aviação agrícola é um método de aplicação muito utilizado em culturas de grande escala, entretanto, o resíduo gerado a partir dos restos de agrotóxicos da lavagem dessas aeronaves deve possuir um tratamento para evitar a contaminação do meio ambiente e da saúde humana. Tendo em vista isto, este trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência do tratamento do efluente oriundo da pulverização com aeronave agrícola, sob o efeito do Processo Oxidativo Avançado (POA) utilizando a ozonização, através da análise do parâmetro de fitotoxicidade e caracterização físico-química. Para a análise, foram utilizadas duas amostras, uma contendo o efluente na forma bruta e a outra com a adição de um composto antiespumante. Essas amostras foram submetidas a aplicação de ozônio durante duas horas, em seguida foram feitas as análises dos parâmetros de pH, Demanda Química de Oxigênio (DQO) e fitotoxicidade. Foi possível observar, após o tratamento do efluente, que as amostras contendo antiespumante apresentaram uma diminuição do pH e os valores da amostra do efluente bruto apresentaram elevados níveis de DQO, o que não é permitido pela legislação. A amostra contendo apenas o efluente bruto, após o tratamento, apresentou uma eficiente degradação, e a adição do antiespumante no processo ocasionou resultados ainda melhores. A amostra que atingiu uma melhor eficiência de degradação foi a que continha o efluente com o composto antiespumante. Quanto ao parâmetro de fitotoxicidade, as amostras apresentaram baixos Índices de Germinação mesmo após o

¹ Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Pelotas, murilorickes@gmail.com

² Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Pelotas, thalia.strelov@gmail.com

³ Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Pelotas, joagabrielrup@gmail.com

⁴ Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Universidade Federal de Pelotas, hosslouise@gmail.com

⁵ Professor Doutor, Universidade Federal de Pelotas, mausq@hotmail.com

tratamento por ozonização. Ademais, observou-se uma redução na fitotoxicidade das amostras de pepino após a ozonização, diferenciando das amostras de alface, nas quais ocorreu um aumento desse parâmetro. Houve uma significativa redução no índice de germinação das amostras com presença de antiespumante, após o tratamento com ozonização. Através dessas análises, é possível concluir que o processo de ozonização promove a redução dos níveis de DQO e pH, além de reduzir a toxicidade do efluente analisado.

Palavras-Chave: Efluente, ozonização, pulverização aérea, meio ambiente.

Resumen

El crecimiento de la población mundial exigió al sector agrícola un aumento en la producción debido a la demanda de alimentos. Como resultado, comenzó una búsqueda de nuevas tecnologías, llegando incluso a los insumos químicos que maximizan la producción en la misma área cultivada. La aviación agrícola es un método de aplicación ampliamente utilizado en cultivos a gran escala, sin embargo, los residuos generados por los pesticidas permanecen y el lavado de estos aviones debe tratarse para evitar la contaminación del medio ambiente y la salud humana. En vista de esto, este trabajo tuvo como objetivo evaluar la eficiencia del tratamiento de efluentes de la pulverización de aeronaves agrícolas, bajo el efecto del Proceso oxidativo avanzado (AOP) mediante ozonización, mediante el análisis de parámetro de fitotoxicidad y caracterización fisicoquímica. Para el análisis, se usaron dos muestras, una que contenía el efluente crudo y la otra con la adición de un compuesto antiespumante. Estas muestras fueron sometidas a aplicación de ozono durante dos horas, seguidas de análisis de pH, Demanda Química de Oxígeno (DQO) y parámetros de fitotoxicidad. Fue posible observar, después del tratamiento de efluentes, que las muestras que contenían antiespumante presentaban una disminución del pH y los valores de la muestra de efluente crudo presentaban altos niveles de DQO, lo cual no está permitido por la legislación. La muestra que contenía solo el efluente crudo después del tratamiento mostró una degradación eficiente, y la adición de antiespumante en el proceso dio como resultado resultados aún mejores. La muestra que logró la mejor eficiencia de degradación fue la que contenía el efluente con el compuesto antiespumante. Con respecto al parámetro de fitotoxicidad, las muestras presentaron bajos índices de germinación incluso después del tratamiento de ozonización. Además, se observó una reducción en la fitotoxicidad de las muestras de pepino después de la ozonización, a diferencia de las muestras de lechuga, en las que este parámetro aumentó. Hubo una reducción significativa en el índice de germinación de muestras con presencia de antiespumante después del tratamiento con ozonización. A través de estos análisis, es posible concluir que el proceso de ozonización promueve la reducción de los niveles de DQO y pH, además de reducir la toxicidad del efluente analizado.

Palabras Clave: Efluentes, ozonización, fumigación aérea, medio ambiente.

Abstract

The growth in the world population demanded from the agricultural sector an increase in the production due to the demand for food. As a result, a search for new technologies began, reaching even the chemical inputs that maximize production in the same cultivated area. Agricultural aviation is a widely used method of application in large-scale crops, however, the residue generated from the pesticide remains and the washing of these aircraft must be treated to avoid contamination of the environment and human health. In view of this, this work aimed to evaluate the efficiency of effluent treatment from agricultural aircraft spraying, under the

effect of Advanced Oxidative Process (AOP) using ozonation, through the analysis of phytotoxicity parameter and physicochemical characterization. For the analysis, two samples were used, one containing the raw effluent and the other with the addition of a defoaming compound. These samples were subjected to ozone application for two hours, followed by analyzes of pH, Chemical Oxygen Demand (COD) and phytotoxicity parameters. It was possible to observe, after the effluent treatment, that the samples containing antifoam presented a decrease in pH and the values of the raw effluent sample presented high levels of COD, which is not allowed by the legislation. The sample containing only the raw effluent after treatment showed an efficient degradation, and the addition of defoamer in the process resulted in even better results. The sample that achieved the best degradation efficiency was the one containing the effluent with the defoaming compound. Regarding the phytotoxicity parameter, the samples presented low Germination indexes even after ozonation treatment. In addition, a reduction in the phytotoxicity of cucumber samples after ozonation was observed, differing from lettuce samples, in which this parameter increased. There was a significant reduction in the germination index of samples with antifoam presence after treatment with ozonation. Through these analyzes, it is possible to conclude that the ozonation process promotes the reduction of COD and pH levels, besides reducing the toxicity of the analyzed effluent.

Keywords: Effluents, ozonation, aerial fumigation, environment.

Introdução

No Brasil, a produção agropecuária exerce um papel fundamental em sua economia, sendo considerado o segundo país que mais exporta estes produtos e um dos maiores produtores mundiais. Dispõe de clima propício e extensas áreas plantadas, aspecto vantajoso para produção efetiva dessa indústria primária, porém há demanda por utilização intensiva de fertilizantes e defensivos agrícolas para sustentar essa produção, tornando o país o maior consumidor mundial desses produtos em números absolutos (CARNEIRO, 2017).

Defensivos agrícolas são utilizados com o principal objetivo de promover um aumento no rendimento da produção, através do controle de pragas e doenças que atingem as culturas, sendo um dos principais instrumentos empregados no modelo de crescimento da agricultura no Brasil. Atualmente, é um dos maiores custos da agricultura, devido ou a más práticas ou necessidade elevada para lavouras mais sensíveis (PIGNATI et al., 2017).

De acordo com Justiniano (2014), ainda há pontos que podem ser melhorados em relação ao seu uso, como dose feita de acordo com a planta em questão e seu estágio de vida, escolha do produto, definição de equipamentos e cuidados no manuseio e segurança do aplicador. A qualidade de aplicação é impactada por três fatores: capacidade do equipamento para gotejamento apropriado, superfície do depósito de gotas e condições climáticas no momento de exposição. De mesmo modo, a cultura, geografia e situação financeira da

propriedade determinará o método de aplicação, que pode ser costal, terrestre ou aéreo, onde o último é excepcional para áreas amplas, porém sofre por altos custos e maior deriva na presença de ventos (JUSTINIANO, 2014).

A escolha por aviões agrícolas para a pulverização de defensivos agrícolas leva em consideração, normalmente, a dificuldade de deslocamento do maquinário terrestre em produções de grande escala, o que torna a aplicação mais viável economicamente (ANTUNIASSI, 2015). Além de sua rapidez, a presença de uma aeronave fornece opção de aplicação quando o tráfego de máquinas é inadequado. Pulverizadores aéreos, dentro de suas limitações técnicas e condições ambientais adequadas, apresentam melhor eficiência em relação ao uso de pulverizadores terrestres que, apesar de utilizarem volumes de pulverização no mínimo duas vezes maiores, apresentam menor eficiência. A efetividade do processo de pulverização leva em conta se as gotas liberadas no ambiente conseguirem se deslocar e depositar em qualidade e quantidade sobre o alvo desejado, o que, em condições favoráveis, pode chegar a 80% de aproveitamento. Enquanto é perfeitamente viável tecnicamente, pode ser considerado inviável economicamente se não houver planejamento, já que pode haver alto número de processos na lavoura, onde danos e erros ao equipamento se acumulam e deverão ser revisados por profissionais capazes na área (SANTOS, 2006).

Entretanto, mesmo com vantagens atribuídas à aviação agrícola, ainda existem dificuldades encontradas quanto à destinação final atribuída aos resíduos de defensivos que permanecem após a lavagem das aeronaves. Neste contexto, a legislação brasileira fundamentada pela Instrução Normativa nº 02/2008 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) exige que as empresas de aviação agrícola façam o tratamento desses efluentes, impedindo a contaminação do meio ambiente. Ainda, a atual legislação recomenda que seja usado o sistema de degradação baseado no processo de ozonização, diminuindo os níveis de carga orgânica do efluente (MAPA, 2008).

O sistema oxidativo por meio do ozônio possui uma grande capacidade no processo de degradação dos compostos químicos. Desta forma, o sistema de ozonização torna-se uma técnica eficiente para o tratamento dos efluentes gerados no processo de pulverização por aeronaves agrícolas (FURTADO, 2017).

Em vista disso, o presente trabalho possui o objetivo de efetuar a caracterização do efluente oriundo do processo de pulverização por aeronaves agrícolas, além de analisar a eficiência do tratamento por ozonização desses efluentes através da avaliação dos parâmetros

de pH, Demanda Química de Oxigênio (DQO) e análise de fitotoxicidade.

Fundamentação Teórica

Durante a década de 1960, houve um aumento da população mundial ocasionando o crescimento da demanda por alimentos. Para suprir tal demanda, tornou-se necessária a busca por novas tecnologias que permitissem uma maior produção agrícola, ocasionando na Revolução Verde (MENEZES, 2005). A partir de então, a agricultura se caracterizou como culturas de grande escala com intensa utilização de insumos químicos, como fertilizantes e agrotóxicos.

Por definição, defensivo agrícola é toda e qualquer substância ou mistura de natureza química, física, ou biológica que tem por objetivo controlar, destruir ou ainda repelir todas as formas de patógenos que de alguma forma venha a causar danos (MONTEIRO, 2006). Já segundo Furtado (2012), o uso dos termos agrotóxico ou produto fitossanitário fica para áreas do comércio e jurídicas seguindo a Lei nº 7.802 de 11 de julho de 1998.

Estimativas apontam que cerca de 10% a 40% do que é produzido mundialmente é destruído por pragas e doenças agrícolas (PRETTY, 1999). Estes prejuízos acarretam o aumento dos valores dos alimentos e na redução de sua qualidade, influenciando na necessidade da utilização de insumos químicos para a preservação da cultura (GODOY, 2011).

A aplicação dos agrotóxicos pode ser realizada de três maneiras: costal, terrestre ou aérea. A aplicação costal é utilizada em pequenas áreas que possuem um alto valor agregado; o método terrestre é aplicado em áreas médias e relativamente grandes, com maior qualidade de aplicação; e a aplicação aérea é realizada em extensas áreas, apresentando um alto rendimento operacional em curto espaço de tempo (JUSTINIANO, 2014).

O tratamento aéreo das culturas agrícolas, de acordo com a página da internet do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2016), é realizado a partir da distribuição dos agrotóxicos em uma nuvem de gotas ou partículas sólidas utilizando aeronaves agrícolas.

A primeira aplicação de agrotóxicos utilizando uma aeronave ocorreu durante a década de 1940, na cidade de Pelotas, localizada no Rio Grande do Sul (DRESCHER, 2012). Desde então, a procura pela utilização desse método de aplicação tem crescido gradativamente. Em relação ao ano de 2018, segundo SINDAG (2019), houve um crescimento dessa busca de 3,74% no ano de 2019.

Com relação às questões ambientais, o artigo 29 da resolução Conama nº 357 de 17 de

março de 2005 apresenta que não é permitido o lançamento de qualquer efluente que possa causar poluição ou contaminação das águas, e acrescenta que o efluente de calda de agrotóxico lançado de forma irregular pode acarretar em impactos ambientais (FREIRE, 2000).

Diante disso, existe uma grande preocupação acerca do destino dos restos de defensivos provenientes da lavagem das aeronaves que realizam as aplicações. Além de contaminar o ar, o solo e as águas superficiais e subterrâneas, esses resíduos causam problemas à saúde humana, seja através do manuseio desses produtos ou até mesmo pelos resíduos que podem ficar retidos em alimentos e água (LIMA, 2007). Por conta disso, é necessário que as empresas prestadoras de serviços aeroagrícolas solicitem uma licença ambiental ao órgão ambiental do Rio Grande do Sul, a Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler (Fepam).

A utilização de processos oxidativos avançados (POA) tornam-se uma alternativa para o tratamento dos efluentes gerados pela lavagem das aeronaves pulverizadoras. Dentre esses processos oxidativos, a ozonização torna-se uma possibilidade viável para o tratamento desses efluentes.

O ozônio é um gás instável, parcialmente solúvel e com cheiro forte, tem alto poder de desinfecção e oxidação e não forma compostos halogenados quando em contato com matéria orgânica, bem como a possibilidade da produção de ozônio utilizando descargas elétricas em oxigênio (ANDRADE, 2014; DA SILVA et al., 2011).

Na ozonização, compostos orgânicos são degradados até dióxido de carbono ou são quebrados de cadeias longas para cadeias menores, ocasionando no aumento da biodegradabilidade (CORTEZ et al., 2011).

As principais funções da ozonização aplicada a degradação de agrotóxicos são a redução da toxicidade ao meio ambiente e a saúde humana, além de gerar subprodutos de fácil degradação (SILVA; FAY, 2004).

Metodologia

O estudo realizado foi de caráter quantitativo e experimental, tendo como objeto de estudo os efluentes gerados na lavagem de aeronaves de aplicação de defensivos agrícolas. Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Análises de Águas e Efluentes do Centro de Engenharias (CEng) da Universidade Federal de Pelotas (UFPel). O efluente utilizado para o experimento foi coletado em uma empresa aeroagrícola localizada na cidade de Pelotas, região sul do estado do Rio Grande do Sul. Foram coletadas duas amostras, a primeira de efluente

simples e a segunda contendo antiespumante. Em laboratório, as amostras foram tratadas através de processo de aplicação de ozônio, empregando um ozonizador com capacidade de geração de ozônio de 43,7 mg O₃/h, em coluna de ozonização com volume de 1 litro, expostos na Figura 1, aplicando ozônio em 200 mL de amostra. O tempo de ozonização empregado foi de duas horas.

O aparato experimental consiste em um insuflador de ar da marca Big Air A320 com duas saídas, um gerador de ozônio da marca Panazon, modelo 053308 P+70 (b), coluna de ozonização (c), difusor microporoso (d) e frascos lavadores de gás (f).

Figura 1 – Aparato experimental utilizado na pesquisa

Fonte: Própria (2019)

A caracterização físico-química do efluente foi realizada através dos parâmetros pH e DQO. As análises foram realizadas de acordo com a metodologia apresentada no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2005). Foram realizados testes de fitotoxicidade do efluente, de acordo com a metodologia adaptada de Zucconi et al. (1981). Os testes foram realizados em triplicata, onde foram dispostas 20 sementes de alface ou 10 sementes de pepino sobre papel filtro em placas de Petri (Figura 2) com 5 mL de cada amostra de efluente bruto e após tratamento, e 5 mL de água destilada para o controle. Após, as placas

foram embaladas com parafilme e armazenadas à temperatura constante de 25 °C em estufa, na ausência de luz, durante 48 horas. Em seguida, foram contadas as sementes germinadas e aferiu-se o comprimento das raízes com o auxílio de um paquímetro digital.

Figura 1- Placas de Petri contendo as sementes de pepino e alface

Fonte: Própria (2019)

Foi calculado o Índice de Germinação (IG), de acordo com ZUCCONI et al (1981), conforme Equação 1.

$$IG = G * \frac{Lm}{Lc} \quad \text{Equação (1)}$$

Onde:

IG = índice de germinação;

G = número de sementes germinadas na amostra, dividido pelo número de sementes germinadas no controle;

Lm = longitude média das raízes da amostra (mm);

Lc = longitude média das raízes do controle (mm).

Resultados e Discussão

Os resultados obtidos da caracterização físico-química do efluente analisado são apresentados na Tabela 1, onde é feita a comparação do Efluente Bruto com o Efluente Tratado, e com a presença de antiespumante antes e após duas horas de ozonização.

Tabela 1: Caracterização do efluente.

	pH	DQO (mg/l)	Eficácia na degradação (%)
Efluente bruto	7,46	1792,45	-
Efluente tratado	6,44	1367,92	23,68%
Efluente com antiespumante bruto	7.86	1320,75	-
Efluente com antiespumante tratado	3,44	573,58	56,57%

Fonte: Própria (2019)

Referente ao valor do pH, torna-se evidente que as amostras tiveram uma acidificação, depois de realizada a ozonização, obtendo-se valores de pH de 6,44 (amostra de efluente tratado) e 3,44 (amostra de efluente com antiespumante tratado) das amostras retiradas do sistema de ozonização.

Comparando-se os resultados da Demanda Química de Oxigênio (DQO) apresentados na Tabela 1, percebe-se que os valores de efluente bruto apresentaram elevados níveis de DQO, sendo inaceitáveis para o descarte diretamente ao meio ambiente, conforme Resolução do CONSEMA. A DQO do efluente bruto inicialmente apresentou 1792,45 mg/L, após ser tratada a amostra apontou 1367,92 mg/L. Em relação a amostra com antiespumante, a amostra bruta continha 1320,75 mg/L de DQO e reduziu para 573,58 mg/L após o tratamento por ozonização. Assim, fica evidente um decaimento nos níveis da Demanda Química de Oxigênio das amostras analisadas.

O sistema atingiu uma eficiência de degradação de 56,57% na amostra do efluente com composto antiespumante, sendo maior que a remoção de 23,68% constatada no efluente bruto. De acordo com Steinhart (2000), antiespumante é definido como um composto que auxilia na redução da elasticidade da espuma, fazendo com que a mesma se rompa, anulando o processo

de formação dessa espuma, evitando o desperdício do ozônio utilizado no processo. A melhor eficiência da ozonização na amostra com antiespumante não necessariamente ocorre pela presença do composto, mas acredita-se que pela existência de compostos orgânicos degradáveis preferencialmente pelo ozônio. A Resolução CONSEMA n°.355/2017 apresenta, para vazões menores que 100 m³/d, valores máximos de 330 mg/L de O₂/L para efluentes líquidos de fontes poluidoras. Assim, podemos constatar que a Demanda Química de Oxigênio do efluente bruto após ser tratado é 13 vezes maior que a resolução permite, enquanto a amostra com presença de antiespumante, apesar de apresentar uma eficiência na degradação de 56,57%, ainda se encontra acima dos níveis aceitáveis por lei.

Na Tabela 2 é possível observar os resultados referentes ao Índice de Germinação das sementes analisadas.

Tabela 2: Média IG de cada triplicata, número de sementes germinadas.

Pepino															
Amostra	Água destilada			Amostra sem antiespumante						Amostra com antiespumante					
	AD	AD	AD	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	2.1	2.1	2.1	2.2	2.2	2.2
Sementes germinadas	10	10	9	10	9	9	10	10	10	9	10	10	10	10	9
Média de IG	26,28			2,18			2,88			1,98			2,49		

Alface															
Amostra	Água destilada			Amostra sem antiespumante						Amostra com antiespumante					
	AD	AD	AD	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	2.1	2.1	2.1	2.2	2.2	2.2
Sementes germinadas	16	17	20	18	18	18	17	17	13	18	14	18	17	12	9
Média de IG	14			3,79			3,12			4,47			1,08		

Fonte: Própria (2019)

Dos efluentes gerados da lavagem de aviões pulverizadores se espera fitotoxicidade

elevada, no entanto, utilizando o método de ozonização espera-se a redução ou a remoção total dos agentes poluidores, diminuindo assim a fitotoxicidade. (ASSALIN, 2007). Para a amostra utilizando água destilada, obteve-se uma média dentro do esperado para as sementes de pepino e alface sendo que representavam o branco, que é um critério comparativo da análise. Já para o restante das amostras o Índice de Germinação foi baixo, contudo, ainda assim considerável para a quantidade de sementes no experimento.

Contudo, é possível observar uma redução na fitotoxicidade das amostras de pepino após a ozonização, isto tanto para as amostras com antiespumante quanto para as amostras sem este composto. No entanto, nas sementes de alface foi possível constatar um aumento na fitotoxicidade após o tratamento com ozônio. Segundo os estudos de TORRES et al. (2018), isto pode ser explicado por a alface apresentar níveis elevados de sensibilidade a inúmeras substâncias.

É necessário destacar que houve uma redução no índice de germinação das amostras com presença de antiespumante, após o tratamento com ozonização, o que pode ser esclarecido pela formação de subprodutos mais tóxicos do que se tinha inicialmente (SANTOS et al., 2009). Alguns estudos utilizam a fitotoxicidade para analisar a eficiência de suas amostras. Rocha (2017), ao estudar os impactos dos agrotóxicos Score 250 EC e Kraft 36 EC em tomates, concluiu que a concentração e o tempo de exposição influenciam diretamente na germinação das sementes, ou seja, o elevado nível de toxicidade acarreta a diminuição do número de sementes germinadas.

Conclusões

Através dos resultados alcançados neste trabalho conclui-se que o processo de ozonização promoveu uma redução nos níveis de DQO e acidificação do pH, porém ainda insuficiente para se adequar à lei vigente. Contudo, os resultados referentes a amostra com adição de antiespumante apresentou relevante melhora comparado ao efluente bruto.

Além disso, identificou-se que efluentes vindos de insumos químicos tem teor de toxicidade alto demais para serem descartados no meio ambiente sem um tratamento apropriado. Através desse estudo, foi possível identificar a fitotoxicidade do efluente produzido na limpeza dos aviões agrícolas depois do processo de ozonização e observar o aumento do Índice de Germinação nas amostras de efluente sem antiespumante. Logo, é possível afirmar que o processo de ozonização reduziu a toxicidade do efluente analisado.

Dessa forma, é preciso investir em pesquisas e experimentos relacionados ao efluente de aviação utilizando diferentes doses de ozônio e realizando uma caracterização que possa contemplar diferentes parâmetros podendo, assim, chegar a resultados que se adequem à legislação vigente.

Referências

ANDRADE, L. P. Uso de ozônio (O₃) para remoção de metais pesados de água de drenagem ácida de mina na INB/Caldas. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) – MHEREB, G. A. et al. **Aviação agrícola no Brasil: caracterização, invisibilização e debates**. 2017. Universidade Federal de Alfenas, Poços de Caldas, MG, 2014.

ANTUNIASSI, U. R. **Evolution of agricultural aviation in Brazil**. Outlooks on Pest Management, v.26, n.1, p.12-15, 2015.

APHA – American Public Health Association. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21th ed. Washington, DC, USA: APHA, AWWA, WPCF. 2005.

ASSALIN, Márcia Regina; DURÁN, Nelson. Novas tendências para aplicação de ozônio no tratamento de resíduos: ozonização catalítica. **Embrapa Meio Ambiente-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2007.

BOTELHO DA SILVA, S et al. Potencialidades do uso do ozônio no processamento de alimentos. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 32, n. 2, 2011.

CARNEIRO, F. F.; RIGOTTO, R. M., Augusto LGS, Friedrich K, Búrigo AC, organizadores. Dossiê ABRASCO: um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde. Rio de Janeiro: EPSJV, São Paulo: Expressão Popular, 2015.

CORRÊA, J. C. R.; SALGADO, H. R. N. Atividade inseticida das plantas e aplicações: revisão. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, p. 500-506, 2011.

CORTEZ, S. et al. Mature landfill leachate treatment by denitrification and ozonation. Process Biochemistry, v. 46, n. 1, p. 148-153, 2011.

DRESCHER, M. **Manual de Piloto Agrícola**. São Paulo: Bianchi, 2012. 292 p.

FERREIRA, M. L. P. C. A pulverização aérea de agrotóxicos no Brasil: cenário atual e desafios. **Revista de Direito Sanitário**, v. 15, n. 3, p.18, 14 abr. 2015. Universidade de São Paulo Sistema Integrado de Bibliotecas - SIBiUSP.

FREIRE, R. S. et al. **Novas tendências para o tratamento de resíduos industriais contendo espécies organocloradas**. Química nova, 2000.

FURTADO, R. D.; HOFF, R. B. Tratamento de efluente contendo flufenoxuron gerado pela lavagem e descarte das aplicações aéreas. **Revista Brasileira de Engenharia e Sustentabilidade**, v. 4, n. 2, p. 1-7, 2017.

FURTADO, R. D. **Tratamento de efluentes gerados pela lavagem de aeronaves agrícolas e do descarte das aplicações aéreas de agrotóxicos**. Tese de Doutorado Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental Universidade Federal Porto Alegre-RS, 2012, 206p.

GODOY, R. C. B.; OLIVEIRA, M. I. **Agrotóxicos no Brasil: processo de registro, riscos à saúde e programas de monitoramento. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical**, 2004. p. 30. (Embrapa e Mandioca e Fruticultura Tropical. Documentos, 134). Disponível em: <http://www.cnpmf.embrapa.br/publicacoes/folder/folder_nim_2006.pdf> Acesso em: 18 mai. 2018.

JACINTO, A. R. **Tratamento de efluentes gerados pela lavagem de aeronaves agrícolas**. 2018. 45 f. TCC (Graduação) - Curso de Bacharelado em Engenharia Ambiental, Universidade de Cuiabá, Cuiabá, 2018.

JUSTINIANO, W. Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas. **Informativo de desenvolvimento tecnológico**, ano 3, ed. 9, 2014.

LIMA, L. M.; WATRIN, O. .S.; PESSOA, M. C. Y. et al. **Anais...** Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 13. Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 3397-3404.

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº2, de 03 de janeiro de 2008. Disponível em: <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=18366>>

MENEZES, E. L. A. Inseticidas botânicos: seus princípios ativos, modo de ação e uso agrícola. Seropédica, Rio de Janeiro: **Embrapa Agrobiologia**, 2005. 58p.

MHEREB, G. A. **Aviação agrícola no Brasil: caracterização, inviabilização e debates**. 2017. 131 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agroecologia e Desenvolvimento Rural, Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2017.

MHEREB, G. A. et al. Aviação agrícola no Brasil: caracterização, invisibilização e debates. 2017.

MONTEIRO, M. V. M. **Compêndio de Aviação Agrícola**. 1º ed. Sorocaba/São Paulo, 2006, p. 298.

PIGNATI, W. A. et al. Distribuição espacial do uso de agrotóxicos no Brasil: uma ferramenta para a Vigilância em Saúde. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 22, p.3281-3293, 2017.

PRETTY, J.; GUIJT, I.; SCOONES, I.; THOMPSON, J. Regenerating Agroecology of low-external input and community-based development. In: KIRKBY, John; O'KEEFE, Phil;

TIMBERLAKE, Lloyd (Eds.). The earthscan reader in sustainable development. UK, 1999. p. 132.

ROCHA, A. G. **Avaliação dos efeitos dos agrotóxicos Kraft® 36 EC e Score® 250 EC na flora, micro e mesofauna edáficas**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2017.

SANTOS, C. L.; CANABARRO, S. F.; SANTOS, F. A.; CANTELLI, M. Ozônio no tratamento de efluentes agrícolas. X SALÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA PUCRS. Porto Alegre, 2009. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul – PUCRS ed. 10.

SANTOS, J. M. F. Princípios básicos da aplicação de agrotóxicos. **Visão Agrícola**, n. 6, p.59-63, Jul/Dez, 2006.

SIDDIQUI, Zamin Shaheed; AHMED, Soaliha. Combined effects of pesticide on growth and nutritive composition of soybean plants. *Pakistan Journal of Botany*, v. 38, n. 3, p. 721, 2006.

SILVA, A. C.; DEZOTTI, M.; SANT'ANNA JR, Geraldo Lippel. Treatment and detoxification of a sanitary landfill leachate. *Chemosphere*, v. 55, n. 2, p. 207-214, 2004.

SINDAG. **Sindicato Nacional das Empresas Aeroagrícolas**. 2019. Acesso em 10 setembro 2019. Online. Disponível em: <<http://sindag.org.br/estatisticas-da-frota-aeroagricola/>>

TORRES, P. et al. **Protocolo para avaliação dos efeitos de extratos vegetais sobre a germinação e crescimento inicial de alface em microplacas de seis poços**. Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

ZUCCONI, F. et al. Biological Evaluation of Compost Maturity. *Biocycle*. Emmaus, v. 22, p.54-57, 1981.