

**INSTITUTO FEDERAL CATARINENSE – CAMPUS ARAQUARI**

**Elisama de Oliveira, Kamila Naiara Cypriano, Larissa Gabriela Duarte  
Teixeira, Matheus Skorka**

**UTILIZAÇÃO DO CAPIM VETIVER (*Vetiveria zizanioides*)  
PARA REMOÇÃO DE MATÉRIA ORGÂNICA E  
AGROVETERINÁRIOS RESIDUAIS EM EFLUENTES  
SUINÍCOLAS**

**ARAQUARI/SC  
2017**

**Elisama de Oliveira, Kamila Naiara Cypriano, Larissa Gabriela Duarte  
Teixeira, Matheus Skorka**

**UTILIZAÇÃO DO CAPIM VETIVER (*Vetiveria zizanioides*)  
PARA REMOÇÃO DE MATÉRIA ORGÂNICA E  
AGROVETERINÁRIOS RESIDUAIS EM EFLUENTES  
SUINÍCOLAS**

Trabalho Final do Projeto de Iniciação Científica Integrada  
(PIC-QUIMI) apresentado ao Instituto Federal Catarinense –  
*Campus Araquari* como parte complementar à matriz curricular  
do Curso Técnico em Química Integrado ao Ensino Médio.

**ARAQUARI/SC  
2017**

## RESUMO

No Instituto Federal Catarinense (IFC) – Campus Araquari há algumas Unidades de Ensino e Aprendizagem (UEAs), sendo uma delas a suinocultura, que é a criação de suínos para a produção de carne e derivados. Ela abrange todas as fases de desenvolvimento dos suínos, desde o nascimento até a fase de crescimento/terminação. Com isso, há utilização frequente de fármacos veterinários (agroveterinários) que, ao serem descartados no meio ambiente, podem contaminar os ecossistemas aquático e terrestre, de forma direta ou indireta. Quando atingem o ambiente, os agroveterinários podem sofrer várias ações que vão desde bioacumulação à sua degradação, que leva a resistência bacteriana no meio ambiente. Tendo isso em vista, teve-se como objetivo nesse trabalho efetuar a fitorremediação, uma técnica que pode acelerar a retirada de compostos tóxicos através de uma planta promovendo sua descontaminação, do efluente suinícola através da gramínea Capim Vetiver (*Vetiveria zizanioides*) sendo que em 105 dias de tratamento, observou-se através das absorvâncias médias em 280 nm, que essa técnica não foi eficiente para retirar/degradar a enrofloxacina provida do fármaco (antibiótico) comercial Enro Flec 10%®. Porém, em relação à remoção da matéria orgânica do efluente suinícola o Capim Vetiver mostrou-se altamente eficiente, sendo que a planta não apresentou sinais de estresse ao meio estudado.

**Palavras-chave:** Capim Vetiver, Agroveterinário, Suinocultura, Fitorremediação.

## ABSTRACT

In the Federal Institute Catarinense (IFC) – Campus Araquari there some Unities of Teaching and Apprenticeship (UTAs), one of them is the pig breeding, which is the creation of pigs for the production of meat and derivates. She includes all the phases of development of the pigs, from the birth up to the phase growth/ending. Therewith there is frequent use of fármacos vets (agroveterinários) after they were discarded in the environment, can contaminate the aquatic and land ecosystems, in the straight or indirect form. When they reach the environment, the agroveterinários can suffer several actions that go from bioacumulação to his degradation, which takes the bacterial resistance in the environment. Having that in mind, one had like objective in this work the fitorremediação, a technique that can accelerate the retreat of toxic compounds through a plant promoting his descontaminação, of the effluent suinícola through gramineous Grass Vetiver (*Vetiveria zizanioides*) being that in 105 days of treatment, one noticed through the average of absorvâncias in 280 nm, that this technique was not efficient in order that there withdrew/degraded

the provided enrofloxacin of the commercial pharmaceutical (antibiotic) Enro Flec® 10%. However, regarding the removal of the organic matter of the swine effluent the Grass Vetiver it showed highly efficient, being that the plant did not present signs of stress among studied way.

**Keywords:** Capim Vetiver, Agroveterinary, Swine, Phytoremediation.

## SUMÁRIO

<b>1 TEMA E DELIMITAÇÃO DO TEMA .....</b>	<b>4</b>
<b>2 OBJETIVO GERAL .....</b>	<b>4</b>
2.1 OBJETIVO ESPECÍFICO .....	4
<b>3 JUSTIFICATIVA .....</b>	<b>5</b>
<b>4 FUDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>	<b>6</b>
4.1 AGROVETERINÁRIOS .....	6
<b>4.1.1 Antibióticos .....</b>	<b>6</b>
4.2 AGROVETERINÁRIOS E O MEIO AMBIENTE .....	6
4.3 AGROVETERINÁRIOS UTILIZADOS NA SUINOCULTURA .....	8
<b>4.3.1 Enrofloxacina .....</b>	<b>8</b>
4.4 FITORREMEDIAÇÃO COM CAPIM VETIVER .....	9
<b>5 METODOLOGIA .....</b>	<b>10</b>
<b>6 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>12</b>
6.1 EFICIÊNCIA DO TRATAMENTO DA REMOÇÃO DA ENROFLOXACINA .....	12
6.2 REMOÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA .....	14
<b>7 CONCLUSÕES .....</b>	<b>15</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>16</b>

## **1 TEMA E DELIMITAÇÃO DO TEMA**

### **TEMA**

Tratamento de efluentes agropecuários.

### **DELIMITAÇÃO DO TEMA**

Remoção de agroveterinário utilizado na suinocultura por fitorremediação, bem como remoção de matéria orgânica.

## **2 OBJETIVO GERAL**

Tratar efluentes suínolas via fitorremediação com Capim Vetiver (*Vetiveria zizanioides*), visando à remoção de matéria orgânica e fármaco veterinário residual.

### **2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Estruturar um sistema de fitotratamento para efluentes suínolas reais e sintéticos contaminado com o antibiótico enrofloxacina;
- Verificar a resistência do Capim Vetiver ao efluente suínola real e sintético;
- Avaliar a eficiência do tratamento na remoção do fármaco e de matéria orgânica.

### 3 JUSTIFICATIVA

Os fármacos veterinários são muito importantes no combate de doenças em animais e na produção de alimentos, garantindo o bem-estar animal. O uso destes compostos, no entanto, deve ser feito com precaução e atenção devido aos diversos problemas que a má gestão dos resíduos pode causar na saúde ambiental e humana. Muitos estudos têm apontado os vários problemas causados por agroveterinários nos ecossistemas, entre os mais comuns o aumento da resistência bacteriana e a diminuição de riqueza e diversidade de espécies (AMORIM et al.; 2009). Normalmente, os efluentes líquidos são armazenados em sistemas de tanques ou lagoas, por um período de tempo determinado antes do seu espalhamento nos campos agrícolas. Após o espalhamento, os fármacos e seus metabólitos nele contido, muitas vezes aderidos a matéria orgânica presente, podem escoar para as águas superficiais ou ser lixiviados para as águas subterrâneas, apresentando assim risco para o ambiente já que, após a ingestão do medicamento pelo animal, o fármaco pode ser metabolizado total ou parcialmente antes de ser excretado na urina e fezes (AMATO, 2011). Uma das alternativas potencialmente viáveis para a descontaminação ambiental proveniente de um efluente é o uso da fitorremediação, que é uma técnica geralmente utilizada como polimento de efluentes (tratamento terciário), visando a retirada de compostos orgânicos residuais em níveis traços e/ou nutrientes em excesso/matéria orgânica (DIVENSI, 2010).

No Instituto Federal Catarinense – *Campus* Araquari há uma Unidade de Ensino e Aprendizagem (UEA) que possui ciclo completo de criação de suínos, a qual, assim como qualquer propriedade, faz uso de agroveterinários profiláticos que, ao serem excretados pelos animais, podem contaminar o meio ambiente. Desta forma visou-se, neste trabalho, efetuar uma fitorremediação de efluente suínola natural e sintético (contaminado com agroveterinário) através da gramínea Capim Vetiver (*Vetiveria zizanioides*), que é utilizada internacionalmente devido principalmente a contribuir com a melhoria da resistência de solos (combate a erosão), além do seu baixo custo (QUITO, 2014). No entanto, poucos são os resultados disponíveis sobre o potencial de remoção de compostos orgânicos específicos e matéria orgânica residual, o que procurou-se ampliar com este trabalho.

## 4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 4.1 AGROVETERINÁRIOS

Os fármacos veterinários ou agroveterinários podem ser incluídos em várias categorias, como: medicamentos biológicos (vacinas e soros), antimicrobianos (antibióticos, antifúngicos, antisépticos e desinfectantes), antiparasitários (endoparasiticidas, insecticidas/ectoparasiticidas e endectocidas), anti-inflamatórios (esteroides e não-esteroides) e hormônios (AMATO, 2011).

Segundo o artigo 3º do Decreto-Lei nº 314/2009 de 28 de Outubro, a definição de medicamento veterinário:

Toda substância, ou associação de substâncias, apresentada como possuindo propriedades curativas ou preventivas de doenças em animais ou dos seus sintomas, ou que possa ser utilizada ou administrada no animal com vista a estabelecer um diagnóstico médico-veterinário ou exercendo uma ação farmacológica, imunológica ou metabólica, a restaurar, corrigir ou modificar funções fisiológicas (Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento e das Pescas. Diário da República, 2009, p. 8108).

#### 4.1.1 Antibióticos

São substâncias que combatem ou diminuem o crescimento de bactérias nocivas aos animais. A entrada dos antibióticos nos ecossistemas pode gerar o desenvolvimento de bactérias resistentes, constituindo um risco acrescido para a saúde animal, humana e ambiental (AMORIM et al., 2009).

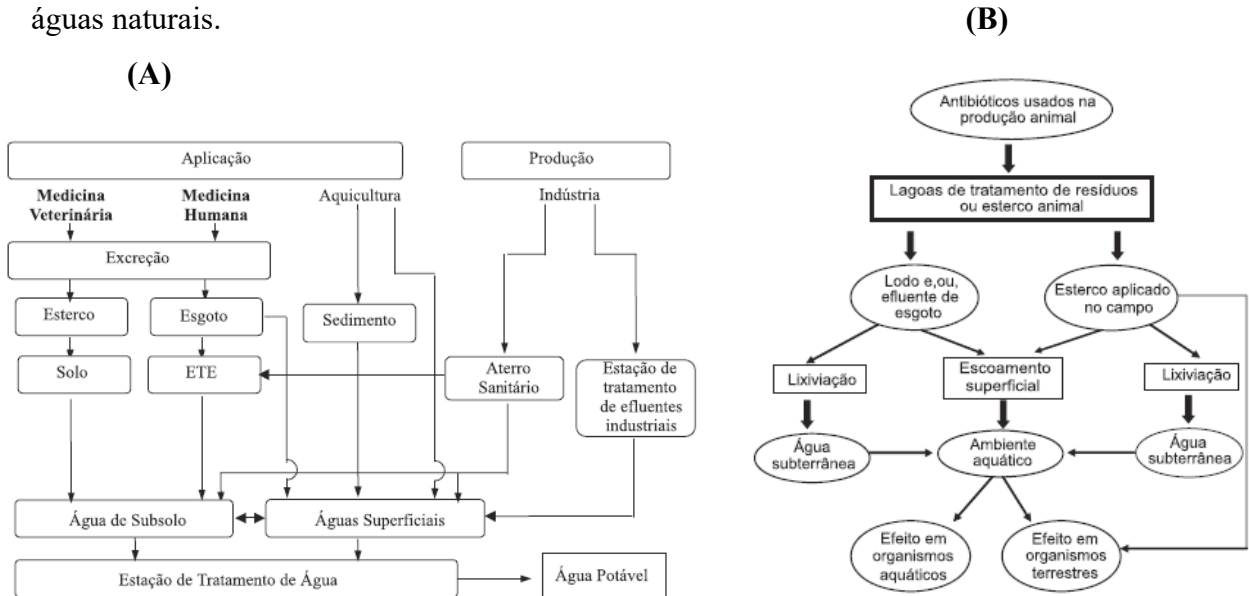
A ação dos antibióticos pode ser bactericida (elimina a bactéria) ou bacteriostática (impede que a multiplicação da bactéria). Dos antibióticos que são utilizados para tratamento de suínos, a enrofloxacina faz parte do grupo farmacológico das fluorquinolonas/quinolas, que tem promove a sensibilidade normal e moderada das bactérias em relação a ele (SOS SUÍNOS, 2009).

### 4.2 AGROVETERINÁRIOS E O MEIO AMBIENTE

Os agroveterinários entram em contato com o meio ambiente de diferentes formas (Figura 1). Uma delas é ao serem eliminados pelos seres humanos e animais por intermédio da urina e das fezes. E, por esse fato, os fármacos tendem a estar presentes nas águas residuais (muitos são solúveis), o que explica e justifica a sua presença recorrente no compartimento



aquático (NUNES, 2010). Recentemente, o monitoramento de fármacos residuais no meio ambiente vem ganhando grande interesse devido ao fato de muitas dessas substâncias serem frequentemente encontradas em efluentes de Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs) e águas naturais.



**Figura 1.** Vias de exposição de fármacos: (A) esquema incluindo fármacos humanos e (B) esquema exclusivo para antibióticos veterinários.

**Fonte:** BILA & DEZOTTI, 2003; LEAL & LEGITANO, 2010.

Os fármacos são desenvolvidos para serem persistentes, mantendo suas propriedades químicas o bastante para servir a um propósito terapêutico. Porém, 50% a 90% de uma dosagem do fármaco é excretado inalterado e persiste no meio ambiente (BILA & DEZZOTI, 2003).

O aumento da produção animal para consumo humano em todo o mundo levou à intensificação do uso dos agroveterinários. A potenciação da entrada dos compostos veterinários no ambiente dá-se principalmente devido à má utilização e/ou má gestão dos seus resíduos (AMORIM *et al.*, 2009).

Quando atingem o ambiente, os fármacos veterinários podem ser adsorvidos, transportados, sofrer bioacumulação ou ainda transformações, como degradação biótica e abiótica ou reativação. Como qualquer outro produto químico orgânico, o transporte de fármacos no ambiente pode depender de vários fatores: propriedades químicas, temperatura, teor de umidade do solo, frequência de aplicação de chorume/estrupe, solubilidade em água e variação de pH, bem como as condições climáticas prevalentes que podem determinar o grau global da mobilidade dos fármacos no meio ambiente (AMATO, 2011)

Os compostos solúveis em água são mais móveis e, portanto, podem contaminar o meio hídrico. Os compostos lipofílicos são acumulados em sedimentos e lamas. A

biodegradabilidade é um fator chave, porque não se pode tolerar que uma substância química se acumule no meio ambiente ao longo dos anos, pois pode causar efeitos adversos inesperados devido à concentração a longo prazo ou devido a efeitos sinérgicos. (AMATO, 2011)

Os antibióticos têm sido amplamente discutidos na literatura, devido ao seu potencial de desenvolvimento de bactérias resistentes no meio ambiente e por serem usados em grandes quantidades, tanto na medicina humana, quanto na medicina veterinária (utilização frequente na produção de suinocultura) (BILA & DEZZOTTI, 2003). Segundo Jörgensen *et al.* (1972 apud BILA, DEZZOTTI, 2003), há indícios de que o desenvolvimento de resistência antibiótica é favorecido por baixas concentrações de antibióticos no meio ambiente.

### 4.3 AGROVETERINÁRIO UTILIZADO NA SUINOCULTURA

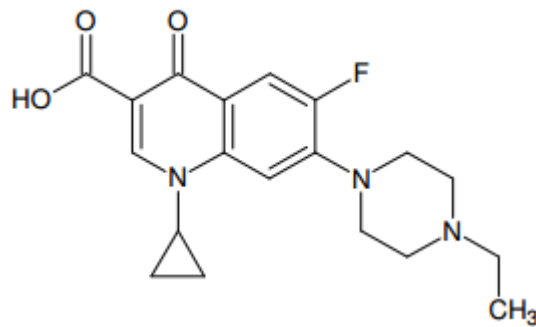
#### 4.3.1 Enrofloxacina

A enrofloxacina (1-ciclopropil-7-[4-etil-1-piperazinil]-6-fluoro-1,4-dihidro-4-oxo-3-quinolino-ácido carboxílico) (Figura 2) é um quimioterápico antibacteriano, derivado do ácido quinoloncarboxílico. Foi sintetizado, pela primeira vez, em 1983, sob a marca comercial de BAYTRIL, para uso exclusivo em Medicina Veterinária (SCHEER, 1987). O mecanismo de ação desse antibiótico, como todos os derivados do ácido quinoloncarboxílico, é caracterizado pela inibição da girase, enzima fundamental na replicação do DNA bacteriano, que, ao ser inativada, provoca transtornos funcionais, resultando na destruição da bactéria. Esse mecanismo de ação especial permite a eliminação de cepas resistentes aos princípios antibióticos comumente utilizados, que agem sobre a parede celular, a membrana citoplasmática ou sobre a síntese proteica. Ela está sendo muito recomendada para o tratamento de infecções causadas por diversos patógenos em diferentes espécies animais, uma vez que seu espectro de ação abrange número grande de bactérias (GUIMARÃES *et al.* 2014).

Esse antibiótico é bem absorvido e distribuído à nível tissular quando administrado por via injetável, sendo excretado pela urina e pelas fezes em altas concentrações. Sua biotransformação no organismo ocorre por N-desalquilação fazendo com que a enrofloxacina converta-se em ciprofloxacino (SPINOSA *et al.*, 2011 *apud* FORESTI, 2015), que é farmacologicamente ativo.

O volume de distribuição da enrofloxacina é alta na maioria das espécies animais, sendo muito maior que o atingido pelos betalactâmicos e aminoglicosídeos. Após a administração por via oral, as fluorquinolonas/quinolas são rapidamente absorvidas por

animais monogástricos e pré-ruminantes (FORESTI, 2015).



**Figura 2.** Fórmula Estrutural da Enrofloxacin.

**Fonte:** DIAS, 2013.

#### 4.4 FITORREMEDIAÇÃO COM CAPIM VETIVER

Diferentes métodos são utilizados para o tratamento de ambientes contaminados com efluentes, sendo esse tratamento com plantas ou não. Uma das alternativas para a descontaminação ambiental é o uso da fitorremediação (DIVENSI, 2010). A limpeza da água contaminada pode ser feita por vários processos, entretanto muitos possuem um custo elevado para sua realização, o que dificulta sua implementação. A fitorremediação pode se tornar uma opção viável, pois seu custo tende a não ser elevado e sua aplicação é simples em comparação com outros processos (DIVENSI, 2010). Entre as possíveis plantas a serem utilizadas na fitorremediação, o Capim Vetiver (*Vetiveria zizanioides*) (Figura 3) apresenta-se potencialmente viável principalmente devido à sua resistência a diversos tipos de substâncias naturais e sintéticas (QUITO, 2014).



**Figura 3.** Capim Vetiver (*Vetiveria zizanioides*).

**Fonte:** ANDRADE & CHAVES, 2016.

O Capim Vetiver (*Vetiveria zizanioides*) pode produzir elevada quantidade de

biomassa, além de tolerar variações climáticas extremas, como secas prolongadas, inundações, submersão e temperaturas (-15° a +55°C), solos com alta acidez e alcalinidade (pH 3,3 a 9,5), níveis elevados de metais pesados e salinidade. Pouquíssimas plantas disponíveis na literatura apresentam esta ampla gama de tolerância a condições extremamente adversas de clima e meio de cultura (solo, areia e rejeitos), fazendo desta uma planta adequada para fitorremediação de metais pesados e resíduos orgânicos (QUITO, 2014).

A utilização da fitorremediação é baseada na seletividade, natural ou desenvolvida, que algumas espécies exibem a determinados tipos de compostos ou mecanismos de reação ao meio “tóxico” em que encontram-se. A seletividade deve-se ao fato de que os compostos orgânicos podem ser translocados para outras partes da planta e seguido de uma volatilização ou, ainda, podem sofrer parcial ou completa degradação ou ser transformados em compostos menos tóxicos, especialmente menos fitotóxicos, combinados ou ligados a tecidos das plantas. A forma de ação da planta é importante para a projeção de um sistema de tratamento, pois os vegetais podem atuar de forma direta ou indireta (rizorremediação) na remediação ambiental (SHARMA et al., 2015). Os mecanismos de fitorremediação disponíveis estão subdivididas em fitodegradação, fitoextração, fitoestabilização, fitovolatilização, fitomineração, rizodegradação e rizofiltração (SHARMA *et al.*, 2015).

## 5 METODOLOGIA

O experimento foi estruturado na Unidade de Ensino e Aprendizagem (UEA) Gestão de Resíduos. Utilizou-se gramíneas recentemente replantadas, adaptadas durante 35 dias nos recipientes de tratamento, as quais estão disponíveis no IFC – *Campus* Araquari. O efluente real foi coletado da lagoa de tratamento da suinocultura, enriquecido com o antibiótico Enro Flec® 10% (enrofloxacina) e o efluente sintético foi produzido apenas com o antibiótico, na ausência de outros contaminantes.

Para a montagem do sistema de tratamento, em um ambiente coberto, uma unidade de Capim Vetiver adulto (uma planta) foi plantada em amostra de solo/húmus disposta em um recipiente plástico, realizando-se alguns furos na parte inferior do recipiente para que as raízes pudessem atingir o efluente (Figura 4).



**Figura 4.** Parte Inferior (raízes) das Unidades Experimentais de Tratamento.

**Fonte:** Os Autores (2017).

Foram utilizados recipientes com capacidade de 10 L, nos quais foram inseridos 8 L de amostra líquida (efluente real ou água enriquecida com enrofloxacina). O tratamento foi disposto da seguinte forma: 3 recipientes com efluente sintético, sem a unidade de fitorremediação/planta (T1, controle); 6 recipientes com efluente sintético, com a unidade de fitorremediação/planta (T2); 2 recipientes com efluente real, sem a unidade de fitorremediação/planta (T3, controle); 2 recipientes com efluente real, com a unidade de fitorremediação/planta (T4) (Figura 5).



**(A)**



**(B)**

**Figura 5.** Disposição dos tratamentos: (A) Efluente sintético e (B) Efluente real.

**Fonte:** Os Autores (2017).

O efluente real foi coletado na lagoa de resíduos da suinocultura através dos próprios recipientes onde ocorreu o tratamento. O efluente sintético foi feito nas mesmas condições do efluente real, porém, com água e o fármaco comercial, sendo que, utilizou-se uma pipeta volumétrica para adicionar-se o volume desse fármaco nos recipientes.

A concentração de enrofloxacin no efluente sintético foi de 50 mg/L em cada balde, sendo que, cada mL de fármaco corresponde à 100 mg de enrofloxacin. Para um balde de 8 litros, precisa-se de 400 mg de enrofloxacin que corresponde à 4 mL do Enro Flec<sup>®</sup> 10%.

Esta concentração de enrofloxacin foi escolhida a partir das concentrações usuais utilizadas na medicação de suínos, vide bula. Sendo que, a enrofloxacin é um dos antibióticos comumente utilizado na suinocultura em geral.

Para verificação da eficiência do fitotratamento na redução da concentração do fármaco, foram realizadas varreduras em Espectrofotômetro Uv-Vis (Shimadzu, UV-1800), entre 190 e 800 nm, em 4 diferentes períodos e durante 105 dias. A absorvância de 280 nm foi acompanhada, como referência para acompanhamento da concentração de enrofloxacin (SOUZA, 2008). No entanto, as características gerais do espectro também foram observadas.

Avaliou-se também a eficiência do tratamento com relação a redução da concentração de matéria orgânica, em 3 diferentes tempos, em termos de Demanda Química de Oxigênio (DQO), pelo método HACH 8000, sendo os resultados definidos pelo consumo de O<sub>2</sub> por litro de amostra (expressos em mg.L<sup>-1</sup>). Neste procedimento, a amostra foi submetida ao aquecimento por duas horas em meio ácido (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) e na presença de um oxidante forte, o dicromato de potássio. A reação de oxidação dos compostos orgânicos reduz o íon dicromato (Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub><sup>2-</sup>) ao íon cromo (Cr<sup>3+</sup>), verde. Os reagentes que determinam a DQO também contém prata e mercúrio. A prata é o catalisador e o mercúrio é utilizado para complexar cloretos interferentes.

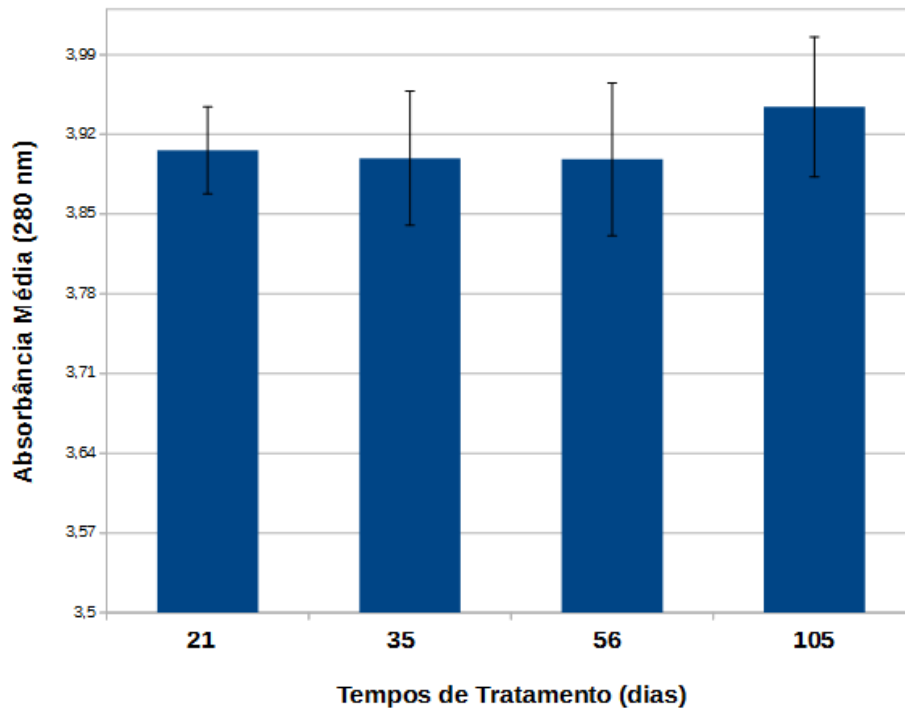
As análises foram conduzidas no Laboratório de Química Analítica e Ambiental do IFC – *Campus* Araquari.

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 6.1 EFICIÊNCIA DO TRATAMENTO DA REMOÇÃO DA ENROFLOXACINA

Após 105 dias de tratamento, observa-se a absorvância média em 280 nm, percebe-se que a fitorremediação não foi eficiente para retirar/degradar a enrofloxacin, sendo que os valores médios de absorvância não apresentaram variação significativa (Figura 6). Sendo que,

os resultados foram avaliados em 4 tempos diferentes: 21, 35, 56 e 105 dias.



**Figura 6:** Variação média da absorbância das amostras em 280 nm.

**Fonte:** Os Autores (2017).

As quilonas são resistentes a alterações de temperatura ou hidrólise, porém, são sensíveis à radiação ultravioleta. A fotólise depende da absorção da radiação pelo composto alvo, da sua estrutura, da sua concentração e da matriz em que o mesmo se encontra. Em amostras de rios, lagos e efluentes ETE, há uma elevada turbidez e cor que dificultam a penetração da luz na solução fazendo com que a fotodecomposição de poluentes orgânicos dissolvidos não ocorra ou sofra perda da eficácia (GUIMARÃES et al., 2014). Sendo a enrofloxacinina uma quilonas de 2ª geração, ela está exposta à esse tipo de problema. Mesmo o efluente, nesse caso, sendo sintético (água + enrofloxacinina), devido a raiz da planta em contato com a água ou até mesmo com a ação do tempo, pode haver presença de matéria orgânica na água que contribuiu para o aumento de turbidez e cor, diminuindo a eficácia da fotodecomposição da enrofloxacinina. Essa ausência de condição ideal para fotodecomposição, reforçada pela disposição dos recipientes em local coberto, com iluminação restrita, reforça os resultados alcançados que a planta (na ausência de outro mecanismo de degradação) não foi efetiva para remoção do composto alvo.

Como as amostras foram analisadas entre 190 e 800 nm, outros picos foram observados. Dois picos observados em todas as amostras reforçam a não degradação da enrofloxacin. Estes picos estão entre 300 e 350 nm (podem estar sutilmente deslocados dependendo de variações no pH, relacionadas possivelmente a protonação/desprotonação da carboxila), com média intensidade, o que indica, em geral, a presença de um sistema aromático, conforme pode ser notado na Figura 2. A elevação da absorvidade molar poderia indicar a ausência de anéis aromáticos. A presença de uma banda de alta intensidade próxima a 200 nm é indicativo de um sistema heterocíclico, a qual permaneceu até o final do tratamento.

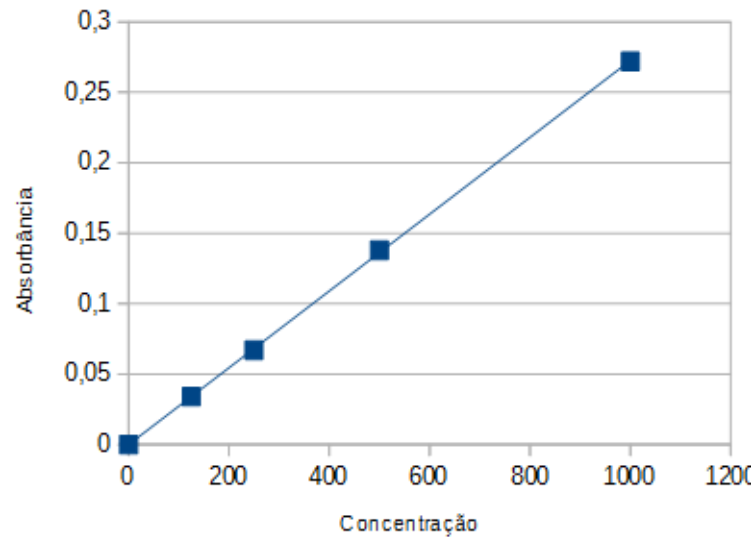
Importante destacar que simples variações no pH podem viabilizar que o fármaco esteja em diferentes formas no meio (dipolar, aniônica e catiônica), muitas vezes impedindo a absorção pela planta (DE SOUSA, 2007).

As modificações espectrais encontradas com o andamento do tratamento reforçam a não degradação/absorção da molécula de enrofloxacin, via Capim Vetiver. No entanto, os resultados a seguir relacionados a matéria orgânica são muito significativos, o que pode indicar a necessidade de sistemas conjugados de tratamento, sendo os processos oxidativos avançados (POAs) geralmente eficientes na degradação de quilonas (GUIMARÃES et al., 2014).

## 6.2 REMOÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA

A análise da degradação da matéria orgânica foi feita em termos de Demanda Química de Oxigênio (DQO) onde, primeiro, construiu-se uma curva de calibração (biftalato de potássio como referência) (Figura 7).



**Figura 7:** Curva de calibração para quantificação da DQO

A partir dos dados obtidos pela curva de calibração pode-se calcular a DQO dos efluentes de acordo com as suas absorbâncias em 600 nm. Os resultados são apresentados na Tabela 1.

**Quadro 1.** DQO nos diferentes tempos de tratamento e nos ensaios controle

Tempo (dias)	DQO em T3 (mg/L)	DQO em T4 (mg/L)
15	4980	7160
60	470	7150
90	390	7130

Conforme dados da Tabela 1, pode-se perceber que o fitotratamento (T3) foi muito eficiente na remoção da matéria orgânica, quando em comparação com os tratamentos controle (T4), sem a presença da unidade fitorremediadora. No entanto, o mecanismo de redução da carga orgânica deve ser melhor compreendido, uma vez que pode ter ocorrido a liberação, pela planta, de substâncias coagulantes, o que pode ter levado a formação de sedimentos e conseqüente redução da carga orgânica dissolvida. Independente do mecanismo, os resultados são animadores, uma vez que grande parte dos processos que permitem a remoção da carga orgânica apresentam custo relativamente elevado, o que pode ser otimizado com a utilização desta planta, não mais como tratamento terciário, mas sim como tratamento primário ou secundário.

Segundo a literatura, um efluente bruto de suinocultura varia de 3000 à 13000 mL/g, logo, nosso efluente bruto está dentro os padrões (BELI *et al.*, 2010; FILHO *et al.*, 2008)

O Capim Vetiver mostrou-se altamente eficiente na remoção da matéria orgânica do efluente suinícola, sendo que a planta não apresentou sinais de estresse ao meio estudado,

confirmando sua resistência e potencial para uso em sistemas de fitotratamento (DREIFUS, 2012; BORGES *et al.*, 2017).

## 7 CONCLUSÕES

Ao obter as médias da absorvância em 280 nm e nos outros picos verificou-se que o Capim Vetiver não foi eficiente na remoção da enrofloxacina no efluente. Em 105 dias de tratamento a taxa de biodegradabilidade foi inexistente.

Em relação à remoção de matéria orgânica o Capim Vetiver mostrou-se muito eficiente, sendo assim, uma técnica fácil de ser aplicada e possivelmente de baixo custo.

As técnicas mais utilizadas para remoção de fármacos residuais são as de Processos Oxidativos Avançados (POAs), onde mostram alta eficiência. Porém, em relação à remoção de matéria orgânica, não mostram tanta eficiência assim. Com isso, é possível exemplificar com os resultados desse trabalho a importância da junção de técnicas utilizadas para tratamentos de efluentes alcançando melhores resultados.

Com os resultados obtidos nesse trabalho, visa-se em ensaios futuros a união de POAs e remoção de matéria orgânica com Capim Vetiver em um tratamento já que os POAs tem alta eficiência em degradação de fármacos e o Capim Vetiver alta eficiência em remoção de matéria orgânica.

## REFERÊNCIAS

AMARAL, L.A.; LIMA, M.M.J.G.; PAIVA, P.D.; SILVEIRA, S.R.P.; Boas Práticas de Produção de Suínos. **Circular Técnica**. Concórdia, 2006.

AMATO, P.F. **RESÍDUOS DE MEDICAMENTOS VETERINÁRIOS EM EFLUENTES SUÍNÍCOLAS – PREVISÃO DE EXPOSIÇÃO AMBIENTAL**. Dissertação para obtenção do Grau de mestre em Engenharia do Ambiente – Tecnologias Ambientais. Universidade Técnica de Lisboa, 2011

AMORIM, J.M.; DOMINGUES, I.; OLIVEIRA, M.V.; OLIVEIRA, R.; SOARES, M.A.; Os medicamentos veterinários no meio ambiente: aplicações e implicações. **CAPTAR, ciência e ambiente para todos**. Portugal, v. 1, n. 2, p. 183-888, 2009.

ANDRADE, A.G.; CHAVES, T.A.; **CAPIM VETIVER: PRODUÇÃO DE MUDAS E USO NO CONTROLE DA EROSIÃO E NA RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS**. **Rio Rural**. Niterói. p. 5, 2013.

BERNARDI, L.M.; **Fisiologia do parto em suínos**. Acta Scientiae Veterinarie. Rio Grande do Sul, 2007.

BELI, E.; HUSSAR, H. D.; HUSSAR, J. G.; REDUÇÃO DE DQO E TURBIDEZ DE EFLUENTE DE UMA UNIDADE SUINÍCOLA EMPREGANDO REATOR ANAERÓBIO COMPARTIMENTADO (RAC) SEGUIDO DE FILTRO BIOLÓGICO E FILTRO DE AREIA. **Engenharia Ambiental**. Espírito Santo, v. 7, n. 1, p. 005-019, jan./mar. 2010.

BILA, M.D.; DEZOTTI, M.; FÁRMACOS NO MEIO AMBIENTE. **Química Nova**. Rio de Janeiro, v. 26, n. 4, p. 524-530, fev. 2003

BORGES, A. C.; GONÇALVES, G. C.; MATOS, A. T.; RAMOS, N. F. S.; **Tratamento de águas residuárias de suinocultura em sistemas alagados construídos, com *Chrysopogon zizanioides* e *Polygonum punctatum* cultivadas em leito de argila expandida**, 2017. Disponível em: < [http://www.scielo.br/pdf/esa/v22n1/1809-4457-esa-S1413\\_4152201687067.pdf](http://www.scielo.br/pdf/esa/v22n1/1809-4457-esa-S1413_4152201687067.pdf)>. Acesso em: 04/11/2017

DAHN, L. T.; TRUONG, P.; MAMMUCARI, R.; TRAN, T.; FOSTER, N. Vetiver Grass, Vetiveria zizanioides: A choice plant for phytoremediation of heavy metals and organic wastes. **International Journal of Phytoremediation**, v. 11, n. 8, p. 664-691, 2009.

DE SOUSA, I. C. C.; **Interação da Enrofloxacina com modelos biomembranares: Influência das suas propriedades físico-químicas**. Dissertação submetida à Faculdade de Ciências da Universidade do Porto para a obtenção do grau de Mestre em Tecnologia, Ciência e Segurança Alimentar. Faculdade de Ciência da Universidade do Porto, 2007.

DIAS, M.; **Estudo da degradação da enrofloxacina em solução aquosa por meio de processos foto-oxidativos**. Dissertação apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Engenharia. Universidade de São Paulo, 2013.

DIVENSI, Helizabett Fernanda. **TRATAMENTO DE EFLUENTES COM ALTAS CONCENTRAÇÕES DE MATÉRIA ORGÂNICA E NUTRIENTES UTILIZANDO MACRÓFITA AQUÁTICA**. Paraná, p. 1-9, 2010.

DREIFUS, T. V.; **TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS POR ALAGADOS CONSTRUÍDOS DE FLUXO SUBSUPERFICIAL HORIZONTAL, UTILIZANDO VETIVER (*Chrysopogon zizanioides* L.): AVALIAÇÃO E DESEMPENHO DE TRÊS LEITOS DISTINTOS**. Dissertação apresentada como requisito para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Área de Concentração Saneamento. Faculdade de Engenharia de Bauru, 2012.

FILHO, B. P.; LOBO-RECIO, A. M.; LAPOLLI, R. F.; RODRIGUES, R. B. J.; TAVARES, A. F.; Desempenho da macrófita *Lemna valdiviana* no tratamento terciário de efluentes de suinocultura e sua contribuição para a sustentabilidade da atividade. **Biotemas**. Santa Catarina. v. 21, n. 1, p. 17-27, mar. 2008.

FORESTI, G.R.; **ENROFLOXACINO: DESENVOLVIMENTO DE MÉTODOS ANALÍTICOS E PERFIL DE DISSOLUÇÃO BASEADO EM DADOS IN VIVO**. Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Ciências Farmacêuticas da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Ciências Farmacêuticas. Universidade Federal do Pampa, 2015.

GUIMARÃES, J. R.; MANIERO, M. G.; SILVA, C. R.; PERES, M. S.; OCORRÊNCIA E DEGRADAÇÃO DE QUINOLONAS POR PROCESSOS OXIDATIVOS AVANÇADOS. **Química Nova**. v. 37, n. 5, p. 868-885, 2014

LEAL, R.M.P.; REGITANO, J.B.; COMPORTAMENTO E IMPACTO AMBIENTAL DE ANTIBIÓTICOS USADOS NA PRODUÇÃO ANIMAL BRASILEIRA. **Revista Brasileira em Ciência do Solo**, São Paulo. v. 34, n. 3, p. 605, 2010.

NUNES, B.; Fármacos no ambiente: implicações ecotoxicológicas. **CAPTAR, ciência e ambiente para todos**. Portugal, v. 2, n. 1, p. 10-19, 2010.

OLIVEIRA, P.M.; **A OCITOCINA E SUAS INÚMERAS APLICAÇÕES**. Estudo apresentado do Curso de Especialização em Farmácia Clínica e Atenção Farmacêutica da Pontifícia. Universidade Católica de Goiás & Instituto Pharmacológica, 2013.

QUITO, V.S. **ESTUDO SOBRE A INFLUÊNCIA DAS RAÍZES DO CAPIM VETIVER NA PERMEABILIDADE DE UM SOLO TROPICAL COMPACTADO**. Projeto de Graduação submetido ao corpo docente do Curso de Engenharia Civil da Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro para obtenção do Grau de Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2014.

REBOUÇAS, C.T.; **VALIDAÇÃO DE MÉTODOS ANALÍTICOS PARA QUANTIFICAÇÃO DE ENROFLOXACINO EM COMPRIMIDOS PALATÁVEIS**. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Farmacêuticas, Área de Pesquisa e Desenvolvimento de Fármacos e Medicamentos, da Faculdade de Ciências Farmacêuticas, UNESP, como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Ciências Farmacêuticas. Universidade Estadual de São Paulo, 2014

SEEDHER, N.; AGARWAL, P. Various solvent systems for solubility enhancement of enrofloxacin. **J. Pharm. Sci.**, v. 71, p. 82–87, 2009.

SHARMA, S.; SINGH, B.; MANCHANDA, V. K. Phytoremediation: role of terrestrial plants and aquatic macrophytes in the remediation of radionuclides and heavy metal contaminated soil and water. **Environmental Science and Pollution Research**, 22, 946–962, 2015.

SOS SUÍNOS. **Medicamentos e medicações no controle de doenças entéricas pós-desmame**. Disponível em: <<http://www.sossuinos.com.br/Tecnicos/info267.htm>>. Acesso em: 14/04/2017

SOUZA, F. C.; **Desenvolvimento e aplicação de métodos analíticos para determinação de picoxistrobina e piraclostrobina por cromatografia eletrocínética capilar micelar e de enrofloxacina por fosforimetria em temperatura ambiente**. Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Química da PUC-Rio. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2008.