

INSTITUTO FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO AMBIENTAL E  
SUSTENTABILIDADE

**ERICK DUARTE VIEIRA DE SOUZA**

**AVALIAÇÃO ECOTOXICOLÓGICA DA ÁGUA RESIDUÁRIA DO CAFÉ POR MEIO  
DE BIOENSAIOS COM *DANIO RERIO***

IBATIBA

2018

ERICK DUARTE VIEIRA DE SOUZA

**AVALIAÇÃO ECOTOXICOLÓGICA DA ÁGUA RESIDUÁRIA DO CAFÉ POR MEIO  
DE BIOENSAIOS COM *DANIO RERIO***

Monografia apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação Ambiental e Sustentabilidade do Instituto Federal do Espírito Santo – Campus Ibatiba, como requisito parcial para a obtenção do grau de Especialista em Educação Ambiental e Sustentabilidade.

Orientador: Prof. M.e. Juscelino Alves Henriques

IBATIBA

2018

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)  
(Biblioteca Ifes - Campus Ibatiba)

---

S729a Souza, Erick Duarte Vieira de, 1989-  
Avaliação ecotoxicológica da água residuária do café por  
meio de bioensaios com *Danio rerio* / Erick Duarte Vieira de  
Souza. – 2018.  
31 f. : Il. ; 30 cm.

Orientador: Juscelino Alves Henriques  
Monografia (especialização) – Instituto Federal do Espírito  
Santo, Programa de Pós-Graduação em Educação Ambiental e  
Sustentabilidade, 2018.

1. Toxicologia ambiental. 2. Águas residuais. 3. Cafeicultura.  
4. Indicadores (Biologia). 5. *Danio rerio* (Peixe). 6. Instituto  
Federal do Espírito Santo. Campus Ibatiba. I. Henriques,  
Juscelino Alves. II. Instituto Federal do Espírito Santo. III. Título.

CDD: 628.1684

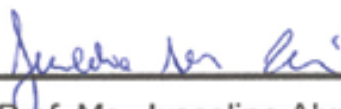
**ERICK DUARTE VIEIRA DE SOUZA**

**AVALIAÇÃO ECOTOXICOLÓGICA DA ÁGUA RESIDUÁRIA DO CAFÉ POR MEIO  
DE BIOENSAIOS COM *Danio rerio***

Monografia apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação Ambiental e Sustentabilidade do Instituto Federal do Espírito Santo – Campus Ibatiba, como requisito parcial para a obtenção do grau de Especialista em Educação Ambiental e Sustentabilidade.

Aprovado em: 09 de agosto de 2018.

**COMISSÃO EXAMINADORA**

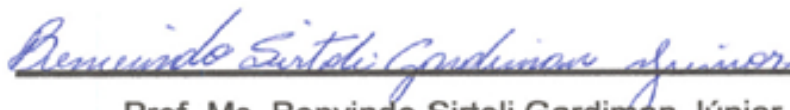


---

Prof. Ms. Juscelino Alves Henriques

Instituto Federal do Espírito Santo – IFES, Campus Ibatiba

**Orientador**



---

Prof. Ms. Benvindo Sirtoli Gardiman Júnior

Instituto Federal do Espírito Santo – IFES, Campus Ibatiba

Membro interno



---

Eng.º Agrônomo Ms. Álefe Vitorino Borges

Universidade Federal de Viçosa – UFV

Membro externo

## DECLARAÇÃO DO AUTOR

Eu, Erick Duarte Vieira de Souza, autor do TCC (Trabalho de Conclusão de Curso) intitulado “**Avaliação ecotoxicológica da água residuária do café por meio de bioensaios com *Danio rerio***”, orientado pelo Professor M.e. Juscelino Alves Henriques, declaro que o conteúdo apresentado neste trabalho é de minha total autoria. Declaro, ainda, estar ciente de que, se houver qualquer trecho do texto em questão que possa ser considerado plágio (cópia de trecho de livros, artigos, revistas, dissertações, teses, internet, etc., sem a referida citação), ou se o mesmo puder ser considerado ilícito, o corpo docente responsável pela sua avaliação poderá não aceitá-lo como Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Programa de Pós-graduação Latu Sensu em Educação Ambiental e Sustentabilidade do Instituto Federal do Espírito Santo – IFES, Campus Ibatiba.



Erick Duarte Vieira de Souza  
Autor da Monografia

Ibatiba, 09 de agosto de 2018.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus, pela presença constante em minha vida.

À minha família, aos meus amigos, em especial ao Rafael, Álefe, Hitalo e Victor, os quais se fizeram presentes no desenvolvimento deste trabalho enriquecendo-o com valiosas opiniões e sugestões.

Meu agradecimento especial à “Escola Estadual Gentil Vasconcelos” por todo apoio, carinho e compreensão de alunos e professores que não mediram esforços para que meu trabalho fosse concretizado. Muito obrigado!

Ao Professor M.e. Benvindo Sirtoli Gardiman Júnior pelas conversas e sugestões que engrandeceram o projeto.

Ao Instituto Federal do Espírito Santo – IFES, Campus Ibatiba, por ser referência no ensino, por oferecer toda infraestrutura e suporte para o desenvolvimento deste trabalho, e aos seus técnicos de laboratório: Marcelo, Paula e Marcela pela prestatividade de atenção.

Ao meu orientador Professor M.e. Juscelino Alves Henriques pela atenção, dedicação, compreensão e paciência.

Enfim, a todos aqueles que contribuíram direta ou indiretamente para realização deste trabalho, expresso meus sinceros agradecimentos. Muito obrigado pelo carinho e por toda ajuda.

## RESUMO

Ensaio ecotoxicológicos com organismos bioindicadores permitem obter respostas rápidas acerca do potencial toxicológico de determinados efluentes. Organismos aquáticos como peixes, vêm sendo amplamente estudados por pesquisadores devido a sua eficiência no monitoramento ecotoxicológico, pois algumas espécies sofrem alterações comportamentais, fisiológicas e morfológicas detectadas em um curto espaço de tempo. Assim, objetivou-se neste estudo avaliar a ecotoxicidade da água residuária do café (ARC), através de bioensaios padronizados com espécie *Danio rerio*, um peixe bioindicador conhecido como “paulistinha”. O organismo-teste supracitado foi exposto a diferentes concentrações de amostras de ARC diluídas em água, sem alimentação e sem renovação da solução-teste, a fim de avaliar a concentração letal por um período de 48 horas ( $CL_{50-48h}$ ). Os organismos-teste foram expostos a amostras do efluente equivalentes a (1,67%, 3,33% e 5% de ARC). Ao final de cada ensaio, observou-se a letalidade provocada por cada concentração. Registrou-se os seguintes percentuais de mortalidade: 84%, 60% e 20% para as concentrações 5%, 3,33% e 1,67% de ARC, respectivamente. De acordo com os resultados obtidos e considerando a norma padrão utilizada, pode-se afirmar que quanto maior a concentração da ARC maior será a  $CL_{50-48h}$ . Portanto, é essencial o estudo das características poluidoras da ARC para eleger um tratamento adequado, assim faz-se necessário o incentivo à pesquisa e ao desenvolvimento de novas tecnologias de modo a remover os compostos contaminantes e minimizar o impacto ambiental deste efluente.

**Palavras-chave:** Ecotoxicidade; Bioensaios; *Danio rerio*; Água Residuária do Café (ARC).

## ABSTRACT

Ecotoxicological tests with bioindicator organisms provide quick answers on the toxicological potential of certain effluents. Aquatic organisms such as fish have been widely studied by researchers due to their efficiency in ecotoxicological monitoring, since some species undergo behavioral, physiological and morphological changes detected in a short period of time. Thus, the objective of this study was to evaluate the ecotoxicity of coffee wastewater (ARC) through standardized bioassays with *Danio rerio* species, a bioindicator fish known as "paulistinha". The aforementioned test organism was exposed to different concentrations of ARC samples diluted in water, without feed and without renewal of the test solution, in order to evaluate the lethal concentration for a period of 48 hours (LC50-48h). The test organisms were exposed to effluent samples equivalent to (1,67%, 3,33% and 5% ARC). At the end of each test, the lethality caused by each concentration was observed. The following mortality percentages were recorded: 84%, 60% and 20% for the 5%, 3,33% and 1,67% ARC concentrations, respectively. According to the results obtained and considering the standard norm used, it can be affirmed that the higher the ARC concentration, the higher the LC50-48h. Therefore, it is essential to study the pollutant characteristics of the ARC to choose an appropriate treatment, so it is necessary to encourage research and development of new technologies in order to remove the contaminating compounds and minimize the environmental impact of this effluent.

**Keywords:** Ecotoxicity; Bioassays; *Danio rerio*; Coffee Wastewater (CWW).



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Reservatório contendo água residuária resultante do processo de despulpamento do café por via úmida.....	12
Figura 2 – Espécimes de peixe paulistinha (Danio rerio). A fêmea (acima) é ligeiramente maior em virtude do desenvolvimento dos ovos na região do abdome, o macho (abaixo) apresenta cores fortes e seu o corpo é retilíneo e alongado. ....	15
Figura 3 – Espécime adulto de peixe paulistinha (Danio rerio) com cerca 3,5 centímetros.....	16
Figura 4 – Ensaio preliminar com altas concentrações da amostra equivalentes a 16,7% (500 ml), 8,33% (250 ml) e 4,16% (125 ml) de ARC acompanhado de um grupo controle. ....	18
Figura 5 – Ensaio definitivo com concentrações da amostra equivalentes a 1,67% (50 ml), 3,33% (100 ml) e 5% (150 ml) de ARC acompanhado de um grupo controle. ....	19
Figura 6 – Percentual de organismos mortos no ensaio preliminar.....	22
Figura 7 – Quantificação dos organismos mortos para cada ensaio.....	23
Figura 8 – Somatório do percentual de organismos mortos no ensaio definitivo após todas as repetições. ....	24

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 – Parâmetros analisados e método utilizado nas amostras para a caracterização físico-química do efluente de ARC.....	21
---	----

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	10
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	12
2.1	ÁGUA RESIDUÁRIA DO CAFÉ (ARC) .....	12
2.2	BIOENSAIOS ECOTOXICOLÓGICOS COM <i>DANIO RERIO</i> .....	13
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	16
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	20
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	25
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	26

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos maiores produtores e exportadores de café do mundo, destaque para os estados de Minas Gerais e Espírito Santo, os quais possuem as grandes áreas plantadas, representando importante parcela na produção anual de café do país (FERREIRA; SANTOS, 2018; BORGES, 2018). A qualidade da bebida oriunda dos grãos brasileiros é um fator relevante para o sucesso do produto, pois gera melhores preços e conseqüentemente maior lucratividade para o produtor, entretanto, são necessárias várias etapas durante e após a colheita para que se preservem as características naturais dos grãos.

O processamento dos frutos do cafeeiro pode ser realizado de três formas: por via seca “natural”, por via úmida “por meio de equipamentos adequados” (CAMPOS et al. 2010) ou ainda por via semiúmida (DEGASPARE, 2013). Quando realizado por via úmida, os grãos submetidos à pressão são lançados em um cilindro com diversos furos onde a casca é retirada e separada do fruto, este procedimento é realizado por equipamentos comumente conhecidos como despoldadores de café. Bruno e Oliveira (2008) afirmam que o despoldamento via úmida tem se tornado uma técnica crescente no Brasil devido aos ganhos na qualidade da bebida e valor elevado no mercado.

Para que os grãos sejam separados com eficiência, os despoldadores utilizam grandes quantidades de água, produzindo um efluente com elevado potencial poluidor, denominado água residuária do café (ARC) (PIN, 2018). Este efluente com alto teor orgânico e inorgânico pode causar mudanças significativas no ambiente, uma vez que interfere na cadeia alimentar, oferece riscos à saúde humana e contamina os cursos d'água provocando alterações em sua qualidade (CAMPOS et al. 2010).

Uma forma segura para avaliar a toxicidade de um efluente é através da utilização de bioensaios ecotoxicológicos, cujo objetivo é identificar os efeitos da ação conjunta de substâncias naturais ou artificiais sobre determinada espécie, sendo ferramentas importantes na avaliação toxicológica (FURLEY et al., 2018). Estes testes são realizados com organismos denominados bioindicadores ou indicadores biológicos,

os quais são classificados como uma espécie ou grupo de espécies capaz de apontar o impacto ambiental produzido por agentes toxicológicos, manifestados através de características como: mudança de comportamento, alterações morfológicas ou adoecimento dos organismos. Espécies bioindicadoras são abundantes na natureza, compreendendo plantas, animais, fungos, bactérias, entre outros. Entre estes organismos, os peixes estão entre os mais convenientes para o monitoramento da poluição aquática devido ao seu papel na nutrição de muitas espécies além de ser fonte de renda para muitas populações (BUENO et al., 2017).

De acordo com Mello (2017), peixes da espécie *Danio rerio* são eficientes no monitoramento ecotoxicológico, pois são amplamente utilizados para estudos científicos desde a década de 1930. Esta espécie conhecida popularmente como “paulistinha”, tem origem asiática, pertence à família dos ciprinídeos, e vive em regiões de clima tropical habitando córregos lentos de água doce (THOMÉ et al., 2016). Possui hábitos alimentares onívoros, pode alcançar tamanhos de 3-5 centímetros e viver em temperaturas de 24°C a 28°C (DAMMSKI et al., 2011). Apresenta dimorfismo sexual, e em geral exibe coloração prateada com cinco listras horizontais de coloração azul (SILVA et al. 2011).

Diante do exposto, objetivou-se avaliar o potencial poluidor da ARC através de bioensaios ecotoxicológicos utilizando o organismo-teste *Danio rerio*.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 ÁGUA RESIDUÁRIA DO CAFÉ (ARC)

Um dos principais transtornos do despulpamento do café quando realizado via úmida é o grande volume de água utilizada associada à produção de alta carga poluidora (OLIVEIRA et al., 2010). Segundo Matos e Lo Mônico (2003), citados por Bruno e Oliveira (2008), são produzidos em média cerca de 4 litros de água residuária para cada litro de café lavado, descascado e despulpado (Figura 1).

Figura 1 - Reservatório contendo água residuária resultante do processo de despulpamento do café por via úmida.



Fonte - Prezotti et al. 2012.

De acordo com a resolução CONAMA nº430 de 13/05/2011 (BRASIL, 2011) que dispõe sobre as condições e padrões para o lançamento de efluentes, a ARC pode ser considerada tóxica e extremamente prejudicial para meio ambiente, sendo necessário seu tratamento prévio e adequado antes de ser lançada nos mananciais.

Grande parte da contaminação química de ambientes aquáticos pode ser atribuída aos compostos fenólicos oriundos de águas residuárias (ZANIN, 2014). Além de apresentar alta toxicidade, estes compostos são rapidamente absorvidos pelo organismo humano se acumulando em órgãos como o fígado e o pulmão (BONINI et

al., 2015). Tais substâncias oferecem riscos à saúde dos seres vivos, podem inibir os processos biológicos, estimular células cancerígenas e atuar como desreguladores endócrinos nos organismos (BRUNO E OLIVEIRA, 2008). Os compostos fenólicos, encontrados no solo e na água, dificilmente são degradados ou reciclados na natureza, dessa forma podem permanecer por longos períodos no ambiente, causando danos ambientais preocupantes. Devido a seu alto potencial poluidor, são apontados como um dos principais poluentes tóxicos residuais descartados de forma incorreta nos mananciais (ZANIN, 2014).

Segundo Campos (2010) a quantidade considerável de compostos fenólicos encontrados na ARC ultrapassa o limite permitido para seu lançamento nos mananciais, descrito pela resolução CONAMA nº430 de 13/05/2011 (BRASIL, 2011). Importante salientar que os impactos provocados pela ARC não se restringem somente ambientes aquáticos, uma vez que Silva et. al (2011) observou alterações adversas nas propriedades químicas de solos expostos à ARC, o que poderia comprometer sua fertilidade e dificultar o desenvolvimento de vegetais.

## 2.2 BIOENSAIOS ECOTOXICOLÓGICOS COM *DANIO RERIO*

Os bioensaios são testes padronizados realizados em laboratório que visam compreender como centenas de substâncias químicas presentes em um efluente afetam a sobrevivência dos seres vivos, investigando seus efeitos adversos sobre determinada espécie. Nos testes supracitados destaca-se o uso de organismos-teste, tais como algas, peixes, invertebrados entre outros, de modo que estes organismos apresentem os impactos provocados pela exposição aos agentes tóxicos (HIGASHI, 2016).

Para Higashi (2016), o ramo da ecotoxicologia tem sido bastante difundida nos últimos anos, seja por instituições de pesquisa ou por exigência de órgãos responsáveis pelo monitoramento ambiental, constituindo uma ferramenta fundamental para determinar como os agentes tóxicos prejudicam o ambiente e as cadeias alimentares. (CESAR, 2010; COSTA et. al 2015).

Dentre os diferentes tipos de biomonitoramento, o ecotoxicológico revela os agentes tóxicos agressivos ao ambiente e aos seres vivos que o compõe. Brandolt et. al

(2010) comprovou a eficácia dos bioensaios com organismos vivos (*Daphnia magna*), demonstrando a importância destes testes no monitoramento ecotoxicológico.

Acerca do organismo-teste, o espécime *Danio rerio* foi escolhido por ser um excelente bioindicador padronizado internacionalmente para testes de toxicidade, reconhecido pela norma ABNT NBR 15088 (2016). Após a seleção do organismo como bioindicador é preciso considerar os efeitos causados pela solução-teste nos mesmos (HIGASHI, 2016).

O *Danio rerio* apresenta grande sensibilidade a compostos químicos, absorvendo e acumulando nos tecidos substâncias nocivas presentes no efluente, além de promover respostas rápidas e de fácil interpretação durante um curto período de exposição. Várias características favorecem o uso desta espécie no monitoramento ecotoxicológico, entre elas: grande adaptabilidade, facilidade no cultivo e manutenção, facilidade de reprodução em laboratório, entre outros (SILVA, 2015).

Por ser um peixe bastante conhecido entre os aquaristas, pode ser facilmente encontrado no comércio de peixes ornamentais por um baixo custo (SILVA, 2010). Vale ressaltar a existência de ampla gama de estudos científicos recentes envolvendo esta espécie, como: avaliação da toxicidade de agrotóxicos na espécie *Danio rerio* (SANTOS, 2009) e avaliação ecotoxicológica do efluente hospitalar sobre nesta mesma espécie (OTTONELLI, 2017). Estes estudos demonstram que há uma forte tendência para o uso de peixes no monitoramento ecotoxicológico, seja pela série de facilidades já mencionadas ou por promover respostas e confiáveis em tempo hábil frente à exposição aos agentes agressores. A Figura 2 apresenta o organismo-teste da espécie *Danio rerio*.



Figura 2 - Espécimes de peixe paulistinha (*Danio rerio*). A fêmea (acima) é ligeiramente maior em virtude do desenvolvimento dos ovos na região do abdome, o macho (abaixo) apresenta cores fortes e seu o corpo é retilíneo e alongado.



Fonte - Aquariaitalia, 2015.

### 3 METODOLOGIA

Este estudo foi realizado em duas etapas:

Caracterizou-se físico-quimicamente o efluente com os equipamentos e métodos apresentados na Tabela 1.

Expôs-se o organismo-teste *Danio rerio* à diferentes concentrações da amostra de ARC diluídas em água a fim de estimar a Concentração Letal que causa mortalidade em 50% dos organismos no período de 48 horas ( $CL_{50-48h}$ ), de acordo com os preceitos da norma ABNT NBR 15088 (2016).

Os bioensaios ecotoxicológicos foram conduzidos no laboratório de biologia do Instituto Federal do Espírito Santo – Campus Ibatiba, baseado na norma ABNT NBR 15088 (2016) que dispõe acerca da ecotoxicologia aquática, toxicidade aguda e métodos de ensaios com peixes Cyprinidae. Foram utilizados ao todo 120 organismos, adquiridos no comércio local da cidade de Ibatiba, no Espírito Santo, e apresentaram as seguintes características: organismos adultos de ambos os sexos, saudáveis, com o tamanho médio de 3,5 cm e peso em torno de 0,3 g a 0,5 g (Figura 3).

Figura 3 - Espécime adulto de peixe paulistinha (*Danio rerio*) com cerca 3,5 centímetros.



Fonte - Autor, 2017.

Os animais foram transportados em sacos plásticos apropriados com o volume de 500 ml de água. Assim que chegavam ao laboratório eram submetidos a um curto período de aclimatação, adicionando mais 500 ml de água aos sacos plásticos, onde permaneciam por um período de 20 minutos até estabilizar a temperatura. Após este período de transição, os animais foram igualmente distribuídos em dois grupos, organizados em baldes de 15 litros com água da torneira que abastece o IFES – Campus Ibatiba, previamente sujeita a um tratamento desclorificante. Para evitar estresse, os peixes permaneceram em ambiente calmo, sala climatizada, com o mínimo de contato com pessoas. A alimentação foi composta por ração em flocos, e realizada três vezes ao dia. O fotoperíodo foi de 12 horas de luz e 12 horas de obscuridade com a temperatura oscilando entre 24°C e 28°C. A limpeza dos aquários era realizada a cada três dias, retirando-se imediatamente os organismos mortos, e renovando completamente toda a água dos aquários.

Para os ensaios ecotoxicológicos foi adotado o sistema estático, onde os organismos-teste foram expostos a várias concentrações da amostra por um período de 48 horas, sem alimentação e sem renovação da solução-teste, sendo avaliada ao fim dos ensaios a sobrevivência dos organismos (ABNT, 2016).

A fim de estabelecer a concentração da amostra que seria utilizada no ensaio definitivo, foi realizado um ensaio preliminar com as seguintes concentrações da solução-teste: 16,7%, 8,33% e 4,16% de ARC equivalentes a 500, 250 e 125 ml de ARC, completados com água até atingir o volume previamente determinado de 2 litros, mantendo um grupo controle em água desclorada, considerando 4 organismos-teste por aquário (Figura 4).

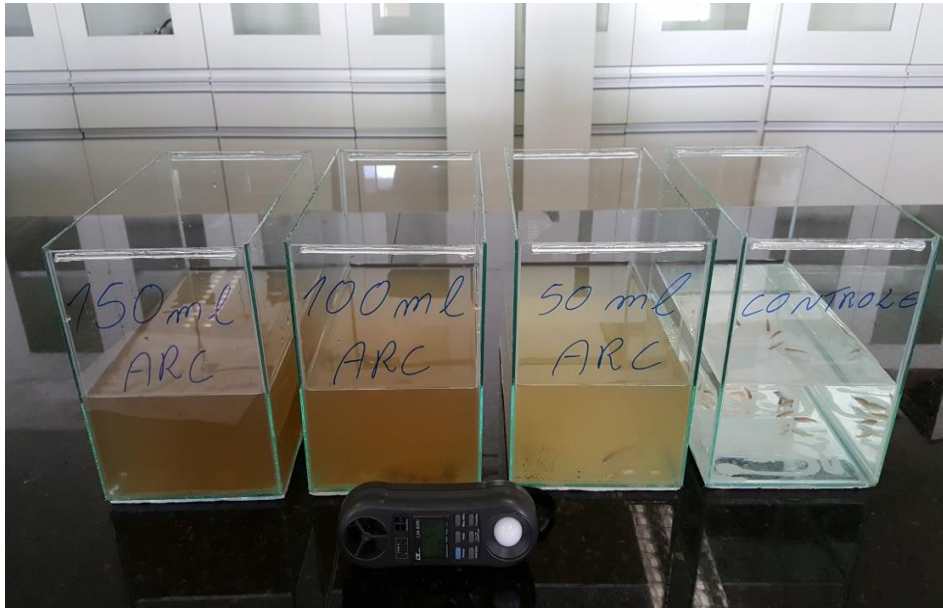
Figura 4 - Ensaio preliminar com altas concentrações da amostra equivalentes a 16,7% (500 ml), 8,33% (250 ml) e 4,16% (125 ml) de ARC acompanhado de um grupo controle.



Fonte - Autor, 2017.

Antes de cada ensaio os espécimes de *Danio rerio* foram submetidos a um período de aclimação de 24 horas. Para o ensaio definitivo foram realizadas 5 repetições que ocorreram entre os meses de setembro a novembro de 2017, utilizou-se 4 aquários de vidro com as dimensões 25x15x20 contendo 5 organismos-teste em cada, sendo um deles o grupo controle, o qual era mantido em 3 litros de água com tratamento desclorificante, os demais aquários continham as seguintes concentrações da solução-teste: 1,67%, 3,33% e 5% de ARC correspondentes a 50, 100 e 150 ml de ARC, posteriormente foram completados com água da torneira até alcançar o volume determinado de 3000 ml (Figura 5). A quantidade de água utilizada em cada aquário satisfazia a relação massa/volume de 1 grama de organismo por litro.

Figura 5 - Ensaio definitivo com concentrações da amostra equivalentes a 1,67% (50 ml), 3,33% (100 ml) e 5% (150 ml) de ARC acompanhado de um grupo controle.



Fonte - Autor, 2017.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da caracterização físico-química do efluente através dos seguintes parâmetros: Condutividade Elétrica (C.E.), Cor, Demanda Química de Oxigênio (D.Q.O.), Potássio (K), Oxigênio Dissolvido (O.D.), pH, Sólidos Totais (S.T.) e Turbidez seguem apresentados na Tabela 1.

Comparando alguns resultados dos parâmetros analisados (Tabela 1) com outros efluentes com características potencialmente poluidoras como o de suinocultura estudado por Soares et al. (2010), os valores médios de DQO ( $26.800 \text{ mg L}^{-1}$ ) e Sólidos totais ( $15.818 \text{ mg L}^{-1}$ ) encontrados nas amostras de ARC são superiores aos valores de DQO ( $23.874 \text{ mg L}^{-1}$ ) e sólidos totais ( $13.651 \text{ mg L}^{-1}$ ) encontrados normalmente em criadouros de suínos. O elevado valor de DQO ultrapassa o permitido pela Resolução CONAMA nº430 de 13/05/2011 (BRASIL, 2011). Logo, se fossem despejadas nos mananciais poderiam causar graves problemas de poluição provocando desequilíbrios na vida aquática, mortandade de peixes e eutrofização CAMPOS (2010).

O valor médio encontrado para turbidez foi de (1.008 NTU) (Tabela 1) e se aproxima do valor observado por Holanda (2018) quando caracterizou a água de lavagem do biodiesel da soja, registrando valores médios de turbidez equivalentes a (1.073 NTU). A semelhança entre dois valores pode ser explicada devido ao fato de haver muitas partículas em suspensão em ambos os efluentes, oriunda da matéria orgânica em decomposição, tais partículas dificultam a penetração da luz e prejudica a fotossíntese, interferindo na cadeia alimentar e no equilíbrio natural do ecossistema aquático.

Tabela 1 - Parâmetros analisados e método utilizado nas amostras para a caracterização físico-química do efluente de ARC.

Parâmetro	Unidade	Valores médios	Equipamentos e métodos
Açúcares	mg L <sup>-1</sup>	6.950 ± 36,5	Conforme Albarici et al. (2009)
Condutividade Elétrica (CE)	dS m <sup>-1</sup>	1,43 ± 0,45	Condutivímetro de eletrodo - ASTM (1995)
Cor	PCU	3.610 ± 193	Espectrofotômetro (APHA; AWWA; WEF, 2012)
Demanda Química de Oxigênio (DQO)	mg L <sup>-1</sup>	26.800 ± 8.725	Espectrômetro UV - Vis - Tubos de digestão APHA (2012)
Compostos Fenólicos (CF)	mg L <sup>-1</sup>	212,0 ± 8,1	Método de Folin Ciocateau
Potássio (K)	mg L <sup>-1</sup>	471,4 ± 55	Espectrômetro de absorvância em chama NBR 13810 (ABNT, 1997)
Nitrogênio Total (NT)	mg L <sup>-1</sup>	12,2 ± 0,8	Standard Methodos (APHA, 2012)
Oxigênio Dissolvido (OD)	mg L <sup>-1</sup>	5,1 ± 0,3	Oxímetro - Medidor de oxigênio dissolvido datalogger (ITT 71440)
pH	-	4,7 ± 0,4	pHmetro - APHA (2012)
Fósforo Total (PT)	mg L <sup>-1</sup>	16 ± 1,2	NBR 13810 (ABNT, 1997)
Sólidos Totais (ST)	mg L <sup>-1</sup>	15.818 ± 7.184	Método gravimétrico
Turbidez	NTU	1.008 ± 141	Turbidímetro - (APHA; AWWA; WEF, 2012)

Fonte - Autor, 2018.

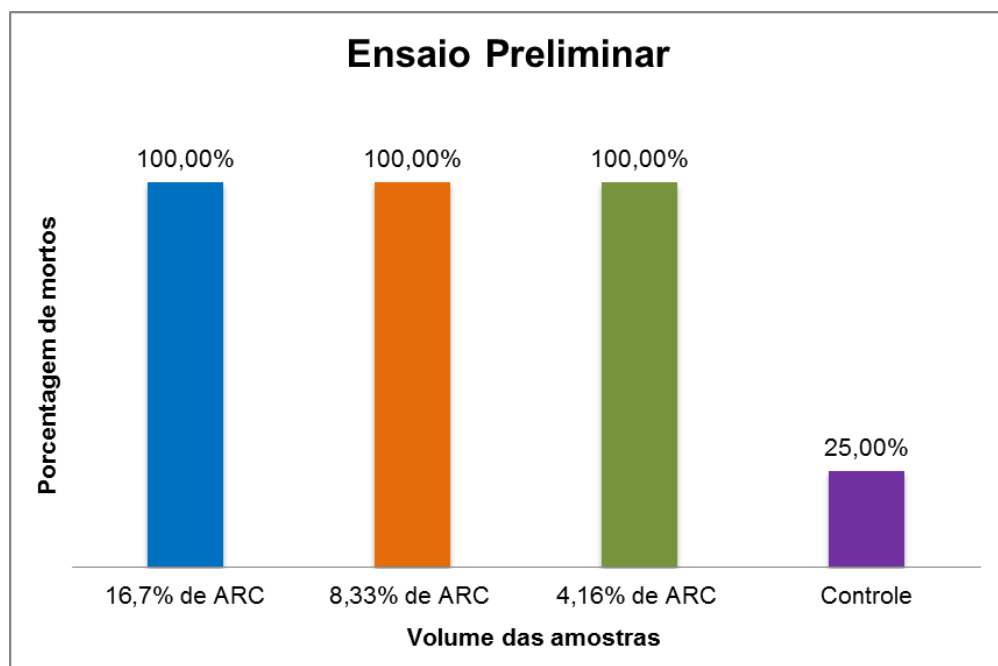
A espécie *Danio rerio* apresenta comportamentos complexos quando comparada a roedores e humanos, podendo ser empregados e avaliados em diferentes estudos (NABINGER, 2017). Durante os ensaios para estimar a CL<sub>50</sub>-48h, logo nas primeiras horas de exposição às amostras das soluções-teste, foram observadas mudanças significativas no comportamento dos animais. Tais mudanças ocorrem, principalmente, pela baixa concentração de oxigênio dissolvido nas amostras de ARC na qual os animais foram expostos, Silva et al. (2015) explica que a redução de oxigênio dissolvido ocorre devido ao elevado consumo de matéria orgânica por microorganismos existentes neste efluente.

Magalhães (2007) estudando os efeitos de substâncias tóxicas no comportamento de peixes da espécie *Danio rerio*, comprovou que o aumento da atividade natatória esta associada ao comportamento de fuga do animal. Em comparação com este estudo, durante os bioensaios, foi observado com maior frequência o aumento da atividade natatória dos organismos em exposição, além de subidas repentinas à superfície, perda de equilíbrio e nado horizontal. Como a demanda por oxigênio é crescente o peixe tende a filtrar maior quantidade de água, desta forma aumenta a absorção de substâncias tóxicas e conseqüentemente havendo a possibilidade constante de contaminação do organismo.

Algumas alterações na coloração dos organismos também foram observadas. O período prolongado de exposição faz com que partículas da solução-teste permaneçam aderidas às escamas dos peixes, provocando perda em sua coloração natural prateada.

No ensaio preliminar, as concentrações 16,7%, 8,33% e 4,16% de ARC se mostraram altamente tóxicas causando 100% de mortalidade nos organismos expostos, ressaltando a maior concentração na qual os organismos morreram em poucas horas de exposição (Figura 6).

Figura 6 - Percentual de organismos mortos no ensaio preliminar.

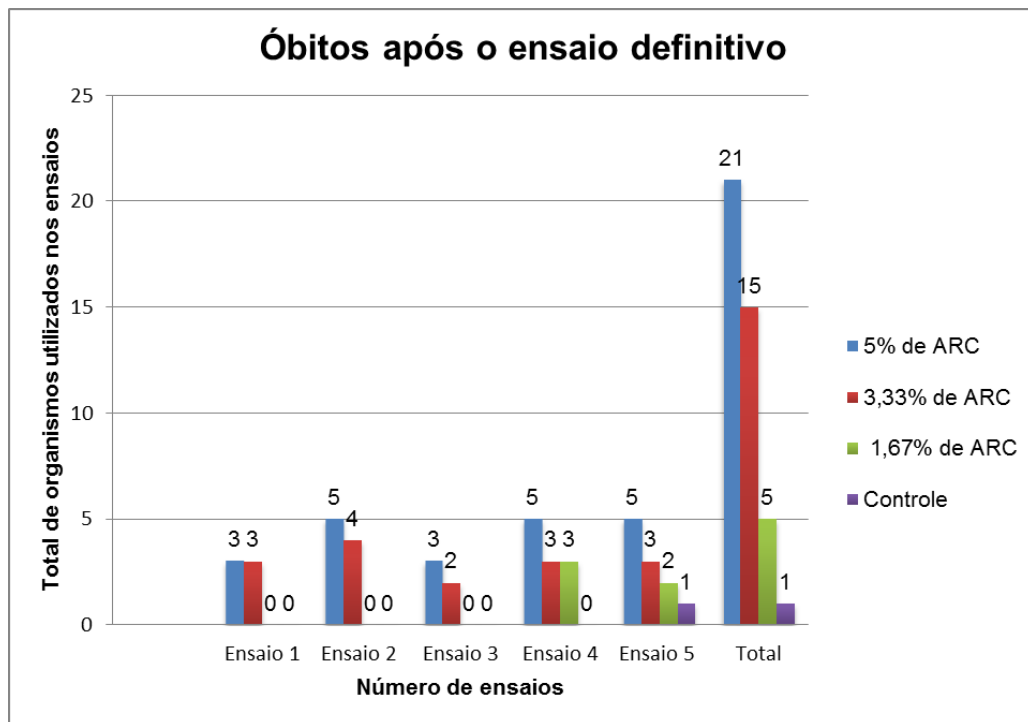


Fonte - Autor, 2018.



No ensaio definitivo, os resultados variaram de acordo com a concentração da solução-teste. Houve relação direta crescente entre a concentração da ARC e a mortalidade, foram quantificados 21, 15, e 5 organismos mortos para as concentrações de 5%, 3,33% e 1,67% respectivamente (Figura 7).

Figura 7 - Quantificação dos organismos mortos para cada ensaio.



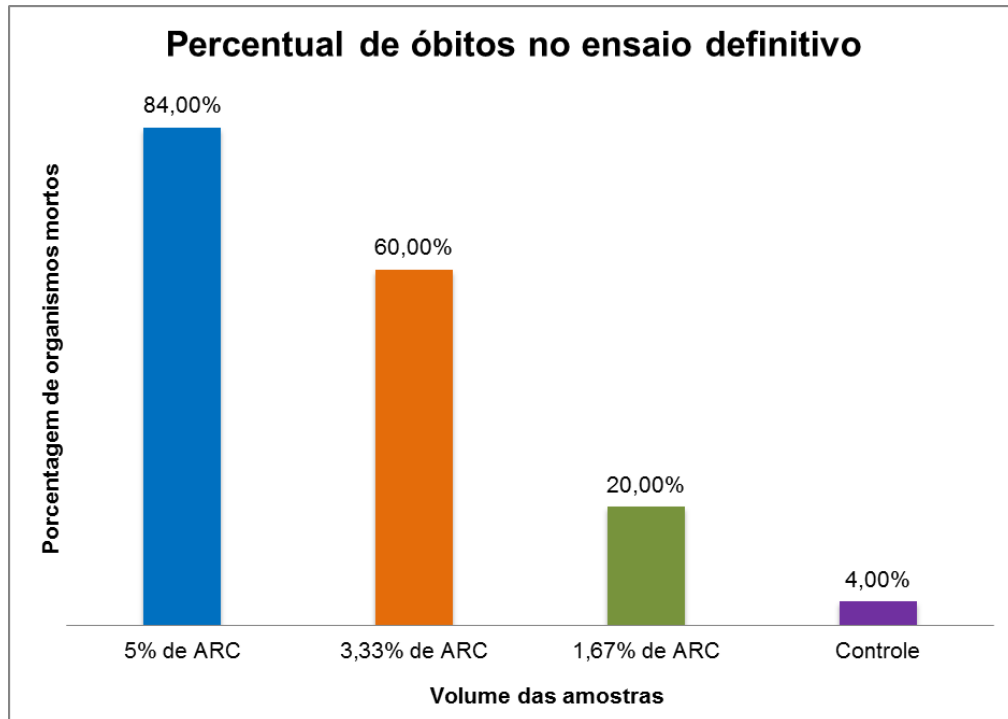
Fonte - Autor, 2018.

Baseando-se na norma utilizada ABNT NBR 15088 (2016), os resultados alcançados podem ser considerados válidos, pois o percentual de organismos mortos no controle foi inferior a 10%. Os testes apontam que a maior concentração (5%) causou mortalidade em 84% dos organismos, na concentração (3,33%) a mortalidade foi de 60%, na menor concentração da (1,67%) foram registrados 20% de mortalidade (Figura 8).

Resultados similares foram registrados por Nabinger (2017) quando expôs peixes da espécie *Danio rerio* ao elemento químico níquel, um metal pesado extremamente tóxico para organismos aquáticos. Nabinger (2007) observou que o maior índice de mortalidade dos organismos está relacionado ao aumento da concentração de níquel nas amostras. O mesmo efeito foi observado neste estudo, o percentual de

organismos mortos tende a aumentar de acordo com o aumento da concentração do efluente.

Figura 8 - Somatório do percentual de organismos mortos no ensaio definitivo após todas as repetições.



Fonte - Autor, 2018.

Os bioensaios ecotoxicológicos revelam que todas as amostras de ARC apresentaram efeito tóxico na espécie *Danio rerio*. Os resultados observados nos bioensaios indicam que a  $CL_{50-48h}$  se encontra entre as concentrações (50 e 100 ml), cuja taxa de mortalidade oscilou entre 20% e 60%.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As análises dos parâmetros físico-químicos das ARC indicam valores acima do limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº430 de 13/05/2011. Portanto, mesmo que este efluente sofra diluição quando lançado nos mananciais, ainda se faz necessário avaliar sua toxicidade para outras espécies de ocorrência natural nos ecossistemas aquáticos, as quais podem vir a sofrer diferentes alterações em decorrência do período de exposição.

Os bioensaios apontaram que o espécime *Danio rerio* se mostrou bastante afetado pelas concentrações de ARC demonstrando comportamento atípico, explicado pelo fato desta espécie apresentar grande sensibilidade a compostos químicos que alteraram de alguma forma seu ambiente natural ocasionando mudanças severas e muitas vezes irreparáveis.

Embora neste estudo os compostos fenólicos não tenham sido quantificados, estima-se que sua ação poluente associada à redução do oxigênio dissolvido nas amostras provocou alterações importantes no comportamento dos organismos. Tais alterações comprovam que a toxicidade da ARC é extremamente prejudicial para a vida aquática, representando riscos principalmente para as espécies de peixes.

## REFERÊNCIAS

ALVARO, T. T.; CESAR, R. G.; POLIVANOV, H.; EGLER, S. G. **Avaliação Ecotoxicológica de Solos Tropicais Tratados com Lodo de Esgoto Utilizando Bioensaios com Organismos Aquáticos**. XVIII Jornada de Iniciação Científica, Rio de Janeiro–RJ. Anais. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2010.

APHA, 2012. **Standard Methods For The Examination Of Water And Wastewater**, 22nd Ed.: American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. Washington, DC.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15088**: Ecotoxicidade aquática - Toxicidade aguda - Método de ensaios com peixes (Cyprinidae). 3 ed. Rio de Janeiro, 2016. 25 p.

BONINI, J. S.; MARIANE, F. Q.; CASTRO, E. G.; MARANGONI, R. ANAISSI, F. J. Partículas de CoO (OH) dispersas em pasta de carbono aplicado na eletrooxidação de compostos fenólicos. **Orbital: The Electronic Journal of Chemistry**, v. 7, n. 4, p. 318-326, 2015.

BORGES, J. **Espírito Santo é 2º maior produtor de café do Brasil**: A variação da produção é de 11,58 a 13,33 milhões de sacas. Dados são da Companhia Nacional de Abastecimento (Conab).. 2018. Disponível em: <<https://g1.globo.com/es/espírito-santo/agronegocios/noticia/espírito-santo-e-2-maior-produtor-de-café-do-brasil.ghtml>>. Acesso em: 10 jul. 2018.

BRANDOLT, T. D.; LOBO, E. A. **Avaliação ecotoxicológica utilizando bioensaios com *Daphnia magna* em água de lavoura de arroz no município de mostardas, rs, brasil**. Tecno-Lógica, v. 14, n. 2, p. 47-51, 2010.

BRUNO, M.; OLIVEIRA, R. A. **Tratamento anaeróbio de águas residuárias do beneficiamento de café por via úmida em reatores UASB em dois estágios**. Engenharia Agrícola, p. 364-377, 2008.

BUENO, A. P. M.; VASCONCELOS, M. G.; FRANCISCO, C. M.; PAVANIN, L. A. **Teste de micronúcleos em peixes e parâmetros físico-químicos da água da represa Cocais, Minas Gerais**. Acta Brasiliensis, v. 1, n. 3, p. 32-36, 2017.

CAMPOS, C. M. M.; PRADO, M. A. C.; PEREIRA, E. L. **Caracterização físico-química, bioquímica e energética da água residuária do café processado por via úmida**. Bioscience Journal, v. 26, n. 4, 2010.

CONAMA. **Resolução n° 430 de 13 de maio de 2011**. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a resolução n° 357 de 17 de março de 2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, DF, 13 de maio de 2011. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>>. Acesso em 21 de junho de 2018.

COSTA, D. G.; DE CAMPOS, T. M. P.; CESAR, R. G.; CASTILHOS, Z. C.; DA ROCHA, B. C. R. C. **Ecotoxicidade do 2, 4-D a oligoquetas em função do tipo de solo**. Revista Brasileira de Herbicidas, v. 14, n. 3, p. 248-255, 2015.

SILVA, B. M.; RAVANELI, M. A. C.; PASCHOALATO, C. F. P. R. **Toxicidade aguda dos herbicidas diuron e hexazinona à *Danio rerio***. Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente, v. 20, 2010.

DAMMSKI, A.P.; MULLER, B. R.; GAYA, C.; REGONATO, D. **Zebrafish Manual de Criação em Biotério**. 1 ed. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2011. 107p.

OLIVEIRA, T. N. D. ; DE CARVALHO, J. P. V.; FREIRAS, A. C. S.; TEIXEIRA, J. S. **Água residuária de lavagem e despolpa de café na fazenda toca da onça em encruzilhada-bahia: avaliação de aspectos e impactos ambientais**. Enciclopédia Biosfera, Goiânia, v. 6, n. 9, p.3-4, 2010.

DEGASPARE, L. M. **Processamento e beneficiamento de café**. 2013. Disponível em: <<http://www.esalq.usp.br/cprural/boapratica/mostra/88/processamento-e-beneficiamento-de-cafe.html>>. Acesso em: 01 jul. 2018.

FERREIRA, L. T.; SANTOS, J. **Seis maiores estados produtores dos Cafés do Brasil atingiram 98% do volume da safra de 2017**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/31081641/seis-maiores-estados-produtores-dos-cafes-do-brasil-atingiram-98-do-volume-da-safra-de-2017>>. Acesso em: 10 jul. 2018.

FURLEY, T. H.; DE MELLO, F. A.; SIQUEIRA, J. B. L. **Principais questões ambientais causadas pelos efluentes de fábricas de celulose da América latina**. O papel, v. 79, n. 4, p. 70-77, 2018.

HIGASHI, E. S. **Bioensaios de toxicidade da água do efluente de biofiltros em areia como ferramenta de avaliação da qualidade da água**. 2016. Tese de Mestrado em Ciências: Engenharia Hidráulica e Saneamento. Universidade de São Paulo.

HOLANDA, J. N.; MACIEL, A. P.; SANTOS, R. L. **Avaliação ecotoxicológica da água de lavagem da purificação de biodiesel de soja metílico utilizando *Danio rerio* como organismo-teste.** Boletim do Laboratório de hidrobiologia, v. 25, n. 1, 2018.

MAGALHÃES, D. P.. **Avaliação de um sistema de análise de imagem em tempo real para monitoramento de efeito tóxico no comportamento natatório do peixe *Danio rerio* (Hamilton, 1822).** 2007. Dissertação de Mestrado em Ciências na Área de Saúde Pública. Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca.

MELLO, R. M. **Estudo de alterações no metabolismo de carboidratos do zebrafish (*Danio RERIO*) em águas contendo cromo hexavalente.** 2017. Dissertação de Mestrado em Avaliação de Impactos Ambientais. Centro Universitário La Salle – UNILASALLE.

NABINGER, D. D. **Exposição aguda e subcrônica ao níquel em peixe-zebra (*Danio rerio*): avaliação de parâmetros morfológicos e comportamentais.** 2017. Dissertação de Mestrado em Biologia Celular e Molecular. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. Faculdade de Biociências.

OTTONELLI, C. K. R. **Avaliação ecotoxicológica de efluente hospitalar utilizando ensaios embrionários com *Danio Rerio*.** 2017. Dissertação de Mestrado em Ciências e Tecnologia Ambiental. Universidade Federal da Fronteira do Sul – UFFS.

PIN, B. V. R.. **Aproveitamento energético do biogás da digestão anaeróbia da água residuária do café no Sul de Minas Gerais.** 2018. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Energia. Universidade Federal de Itajubá.

PREZOTTI, L. C.; MORELI A. P.; SOARES, A. F.; DA ROCHA, A. C. **Teores de nutrientes nas águas residuárias do café e características químicas do solo após sua aplicação.** Vitória, ES: Incaper, 2012.

SAATH, R. **Qualidade do café natural e despulpado em diferentes condições de secagem e tempos de armazenamento.** 2010. Tese de Doutorado em Agronomia (Energia na Agricultura). Faculdade de Ciências Agrônomicas da UNESP – Campus Botucatu.

SANT'ANNA, M. C. B. **Zebrafish (*Danio rerio*) como modelo para estudo da toxicidade induzida pelo ferro**. 2009. Dissertação de Mestrado em Biologia Celular e Molecular. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. Faculdade de Biociências.

SANTOS, P. I. M. **Avaliação da toxicidade aguda do inseticida metomil e o seu efeito sobre a atividade da acetilcolinesterase do peixe *Danio rerio***. 2009. Dissertação de Mestrado em Bioecologia Aquática. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

SILVA, G. B.; ROLIM, M. M.; PEDROSA, E. M. R.; BEBÉ, F. V.; SILVA, E. F. F. **Efeito da aplicação de água residuária da lavagem dos frutos de café sobre as propriedades químicas do solo**. Engenharia Agrícola, v. 31, n. 1, p. 158-166, 2011.

SILVA, S. R. **Quantificação de substâncias com atividade estrogênica e caracterização da toxicidade embriolarval em zebrafish (*Danio rerio*) nos efluentes das estações de tratamento de esgotos sul e norte e no Lago Paranoá, Brasília-DF**. 2015. Dissertação de Mestrado em Biologia Animal. Universidade de Brasília. Instituto de Ciências Biológicas.

SOARES, M. T. S.; GALVANIL, F.; FERNANDES, A. H. B. M.; FERNANDES, F. A.; OLIVIERI, F. L.; DE LIMA, I. B. T.; CRISPIM, S. M. A.; FRANDO, E.; RIEGER, K. L. **Caracterização físico-química de efluentes líquidos de granjas suínas tratados em biodigestor**. In: Embrapa Pantanal-Artigo em anais de congresso (ALICE). Simpósio sobre recursos naturais e socioeconômicos do pantanal, 5., 2010, Corumbá, MS. Anais... Corumbá: Embrapa Pantanal: UFMS; Campinas: ICS do Brasil, 2010. 1 CD-ROM SIMPAN 2010., 2010.

THOMÉ, R. G.; DA SILVA, P. M.; DOS SANTOS, H. B. **Avaliação de Genotoxicidade da Água de um Rio Urbano Utilizando Estudo de Células Sanguíneas de *Danio rerio***. Conexão Ciência (Online), v. 11, n. 2, p. 9-16, 2016.

VACCHI, F. I. **Ocorrência, genotoxicidade e risco ecotoxicológico de corantes no ambiente aquático**. Tese de Doutorado em Toxicologia e Análises Toxicológicas. Universidade de São Paulo. 2016.

ZANIN, E.; DA SILVA, I. E. C.; LOPES, T. J.; CANCELIER, A.; COSTELI, M. C.; DA SILVA, A. **Estudo da degradação de compostos fenólicos presente em águas residuárias de postos de combustíveis utilizando fungos filamentosos (*Aspergillus flavus*)**. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental, [s.l.], v. 18, n. 1, p.279-287, 7 abr. 2014. Universidade Federal de Santa Maria.