



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E ENGENHARIA AMBIENTAL
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

**FITOTOXICIDADE DE EFLUENTES DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DA UFRN
EM SEMENTE DE *Lactuca Sativa*.**

Vanessa de Oliveira Borges Santiago

NATAL/RN

2022

VANESSA DE OLIVEIRA BORGES SANTIAGO

**FITOTOXICIDADE DE EFLUENTES DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DA UFRN
EM SEMENTES DE *Lactuca Sativa*.**

Projeto de Trabalho de Conclusão de Curso da
Universidade Federal do Rio Grande do Norte
como parte dos requisitos exigidos para a
conclusão do Curso de Engenharia Ambiental.

Orientadora: Prof^a. Dra. Hérika Cavalcante
Dantas da Silva

Coorientadora: Prof^a. Dra. Fabiana Oliveira de
Araújo

NATAL/RN

2022

Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN
Sistema de Bibliotecas - SISBI
Catalogação de Publicação na Fonte. UFRN - Biblioteca Central Zila Mamede

Santiago, Vanessa de Oliveira Borges.

Fitotoxicidade de efluentes da estação de tratamento da UFRN em sementes de lactuca sativa / Vanessa de Oliveira Borges Santiago. - 2022.

26f.: il.

Monografia (Graduação) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Tecnologia, Engenharia Ambiental, Natal, 2022.

Orientador: Dra. Hérica Cavalcante Dantas da Silva.

Coorientador: Dra. Fabiana Oliveira de Araújo.

1. Ecotoxicidade - Monografia. 2. Efluentes - Monografia. 3. Índice de Germinação - Monografia. 4. Índice de Crescimento Relativo - Monografia. I. Silva, Hérica Cavalcante Dantas da. II. Araújo, Fabiana Oliveira de. III. Título.

VANESSA DE OLIVEIRA BORGES SANTIAGO

**FITOTOXICIDADE DE EFLUENTES DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DA UFRN
EM SEMENTE DE *Lactuca Sativa*.**

TCC aprovado em _____

BANCA AVALIADORA

Prof^a. Dra. Hérika Cavalcante Dantas da Silva
Orientadora

Prof^a. Dra. Fabiana Oliveira de Araújo
Coorientadora
Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Prof^a. MSc. Fernanda Monicelli C. Brito
Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Prof^o. MSc. Carlos Alberto Nascimento da Rocha Júnior
Universidade Federal do Rio Grande do Norte

NATAL – RN

2022

Agradecimentos

À Deus por ter me sustentado até aqui, sem sua incomparável fidelidade e cuidados em minha vida, não teria conseguido voltar a universidade e concluir meu curso.

À Nossa Senhora por sempre interceder por meus pedidos e mostrar que o tempo e agir do seu filho é perfeito.

Aos meus pais, Elizabeth e Paulo, por terem me guiado pelos melhores caminhos, por serem sempre meu arrimo e fonte de inspiração.

Ao meu irmão, Miguel, que trouxe leveza e um amor inexplicável com seu nascimento.

À minha orientadora, Hérika, por todas as orientações, conselhos, conversas, disponibilidade e por ter acreditado que esse trabalho seria possível, apesar das circunstâncias.

À minha co-orientadora, Fabiana, por seu olhar sincero e sua contribuição fundamental.

À Marcelo Medeiros, meu chefe e melhor amigo, por todos os sábios conselhos, por me inspirar a voltar para o curso de engenharia ambiental e ter me apaixonado pela área novamente, por acreditar que sou capaz e conseguir extrair o melhor de mim.

As minhas amigas -Thaís, Rafaela e Larissa-, por serem minhas maiores e melhores companheiras nesse último ano e terem trazido leveza para minha vida.

As minhas irmãs, Stefany e Francine, que em todas as fases da minha vida estavam ao meu lado, sendo meu suporte e sinônimo dos cuidados de Deus comigo.

Aos meus tios, Edileuza e Raminho, e minhas primas, Amanda e Aline, por estarem sempre ao meu lado e da minha família, apoiando e sendo instrumentos de Deus em nossas vidas.

À minha avó, D. Elizete, por ter me ensinado os caminhos da fé e sempre ter me inspirado a ser uma mulher forte e temente à Deus.

Ao amigo, Jonathas Sales, por ter acreditado em mim, muitas vezes mais que eu mesma, e ter me ensinado com paciência e leveza tudo que sei até hoje para o exercício da minha profissão.

Aos meus amigos desde a época da escola, aquele 1%, que são fundamentais na minha vida, onde nossas conversas e trocas diárias servem como fonte de inspiração e alegria para meus dias.

RESUMO

O tratamento de efluentes visa reduzir os contaminantes que estão presentes e proteger a saúde pública e ambiental, pela remoção de contaminantes, nutrientes e patógenos para essa água tratada ser reutilizada para diversos fins. O presente trabalho procurou desenvolver uma análise da fitotoxicidade de efluentes da Estação De Tratamento De Esgoto (ETE) da Universidade Federal do Rio Grande do Norte em semente de alface (*Lactuca Sativa*), tendo em vista que o efluente tratado serve para irrigar os campos de futebol e toda área verde da universidade. Para tanto, foi realizado um teste de germinação inserindo as sementes em substrato de papel filtro embebido com esgoto tratado e esgoto bruto da ETE em concentrações de 25%, 50% e 100%. Devido ao aumento da contribuição de esgotos laboratoriais no campus, em detrimento da diminuição de esgoto doméstico, com os efluentes (bruto e tratado) da ETE era esperado que as análises apresentarem fitotoxicidade e, portanto, a inibição no crescimento da semente de alface. A fitotoxicidade foi avaliada através do Índice de Germinação (IG) e do Índice do Crescimento Relativo (ICR) da radícula do organismo teste, onde os valores do ICR foram analisados em três categorias diferentes de acordo com os efeitos de toxicidade: inibição do alongamento (I), $0 < x < 0,8$; sem efeitos significativos (SES), $0,8 \leq x \leq 1,2$; e estimulação do alongamento (E), $x > 1,2$ sendo verificado que todos os resultados tanto do efluente bruto, como no tratado, tiveram valores acima de 0,8, indo de contra a hipótese abordada. Os resultados do efluente tratado para as concentrações 50% e 100% foram menores que na concentração de 25%, o que é pressuposto que algum agente químico estivesse em excesso na amostra coletada, possivelmente o cloro, já que é utilizado para desinfecção da água de reuso, especialmente para fins de irrigação. Portanto, é necessário uma análise e estudos mais rebuscados dos efeitos tóxicos desta água no ecossistema aquático devido ao excesso do cloro, haja uma possível formação de compostos halogenados potencialmente cancerígenos que podem contaminar as fontes de água (lençol freático) após a infiltração no solo, bem com estudos empregando organismos - testes de diferentes níveis tróficos que podem apresentar uma sensibilidade maior e permitir identificar os efeitos tóxicos que não foram observados com a espécie testada neste estudo.

Palavras-chave: Ecotoxicidade. Efluentes. Índice de Germinação. Índice de Crescimento Relativo

ABSTRACT

Effluent treatment aims to reduce the contaminants that are present and protect public and environmental health, by removing contaminants, nutrients and pathogens so that treated water can be reused for various purposes. The present work sought to develop an analysis of the phytotoxicity of effluents from the Sewage Treatment Station (ETE) of the Federal University of Rio Grande do Norte in lettuce seed (*Lactuca Sativa*), considering that the treated effluent serves to irrigate the fields of football and the entire green area of the university. Therefore, a germination test was carried out by inserting the seeds in a filter paper substrate soaked with treated sewage and raw sewage from the ETE in concentrations of 25%, 50% and 100%. Due to the increase in the contribution of laboratory sewage on campus, to the detriment of the decrease in domestic sewage, with the effluents (raw and treated) from the ETE it was expected that the analyzes would present phytotoxicity and, therefore, the inhibition of lettuce seed growth. Phytotoxicity was evaluated through the Germination Index (GI) and the Relative Growth Index (ICR) of the radicle of the test organism, where the ICR values were analyzed in three different categories according to the toxicity effects: elongation inhibition (I), $0 < x < 0.8$; no significant effects (SES), $0.8 \leq x \leq 1.2$; and elongation stimulation (E), $x > 1.2$, being verified that all the results of both the raw and the treated effluent had values above 0.8, going against the hypothesis addressed. The results of the treated effluent for the 50% and 100% concentrations were lower than those for the 25% concentration, which presupposes that some chemical agent was in excess in the collected sample, possibly chlorine, since it is used for disinfection of drinking water. reuse, especially for irrigation purposes. Therefore, further analysis and studies of the toxic effects of this water on the aquatic ecosystem are necessary due to excess chlorine, there is a possible formation of potentially carcinogenic halogen compounds that can contaminate water sources (water table) after infiltration into the soil, well with studies using organisms - tests of different trophic levels that can present a greater sensitivity and allow to identify the toxic effects that were not observed with the species tested in this study.

Keywords: Ecotoxicity. Effluents. Germination Index. Relative Growth Index

Lista de figuras

Figura 1: Unidade experimental, na qual sementes de *Lactuca Sativa*

Figura 2: Esquema de organização dos tratamentos nas concentrações

Figura 3: Medição do comprimento da radícula

Figura 4: Quantidade do número de sementes de alface germinadas (média e desvio padrão)

Figura 5: Média da quantidade de raízes que foram desenvolvidas (média e desvio padrão)

Figura 6: Média do crescimento das raízes

Figura 7: Índice de crescimento relativo (ICR) das sementes de *Lactuca sativa* em função da concentração de efluente bruto (%) e fluente tratado (%)

Figura 8: Índice de germinação (IG) das sementes de *Lactuca sativa* em função da concentração de efluente bruto (%) e fluente tratado (%)

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 METODOLOGIA	13
3 RESULTADOS	16
4 DISCUSSÃO	19
5 CONCLUSÕES	20
REFERÊNCIAS	22

1. Introdução

O aumento da demanda por água devido ao crescimento populacional, a industrialização e as práticas agrícolas faz com que ocorra um grande acréscimo na quantidade de água residual gerada. Essas águas residuais devem ser tratadas em Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs), antes de serem lançadas nos corpos hídricos receptores (Nour, 2001). A Estação de Tratamento de Esgoto é a unidade operacional do sistema de esgotamento sanitário que através de processos físicos, químicos e biológicos removem as cargas poluentes do esgoto devolvendo ao ambiente o produto final efluente tratado (Guimarães, 2001). O tratamento de efluentes visa reduzir os contaminantes ali presentes e proteger a saúde pública e ambiental, pela remoção de contaminantes, nutrientes e patógenos (Levine; Asano, 2004; Kirk et al., 2002).

Esses contaminantes ao entrar em contato com o organismo humano, denomina-se xenobióticos (Araújo et al., 2021). Os Xenobióticos do grego “xeno = estranho” e “bio = vida” são compostos químicos estranhos ao organismo humano. São produzidos pela indústria ou pela natureza, por vegetais e fungos e podem ser enquadrados em diversas categorias, como por exemplo, pesticidas agrícolas, inseticidas, plásticos, produtos de limpeza e fármacos (Maurice et al., 2013). Os xenobióticos geralmente geram resíduos com a toxicidade que variam de lesões celulares causadas pela produção de radicais livres, que normalmente são ocupados por hormônios ligados a sítios celulares, causando efeitos no sistema nervoso, sistema imunológico e comportamental dos seres humanos, causando ações irreversíveis (Report, 2010).

Os diferentes tipos de toxicidade promovidas pelos xenobióticos causam a desregulação endócrina nos seres humanos, que tem como consequências doenças como câncer, hipertensão, obesidade, entre outras (DCPA, 2020). A toxicidade é uma propriedade inerente a agentes tóxicos ou não, na qual reflete o potencial em causar efeitos danosos a diferentes organismos sob condições específicas de exposição, além de ser uma propriedade, a qual deve ser levada em consideração quando se procede à caracterização preliminar de algum resíduo (Rodrigues, 2005).

Para determinar a ecotoxicidade e/ou os efeitos dos poluentes no ambiente, a ecotoxicologia usa vários tipos de bioensaios, que servem para avaliação da qualidade de águas e da carga poluidora de efluentes. Esses ensaios mostram-se necessários, uma vez que as análises físico-químicas, comumente utilizadas e estabelecidas pelas legislações ambientais, não são capazes de diferenciar entre as substâncias que podem afetar os sistemas biológicos das que se encontram inertes no ambiente (Costa et al., 2008).

Testes de toxicidade podem ser classificados como agudos e crônicos e estes diferem, sobretudo quanto ao tempo de exposição do organismo ao contaminante e a forma como os resultados finais são avaliados (Adams et al., 2002). Os testes de toxicidade aguda têm como finalidade avaliar a ocorrência de efeitos severos e rápidos sobre os organismos, como a mortalidade e/ou imobilidade de 50% dos organismos expostos, uma vez que este critério é facilmente determinado, apresenta um importante significado ecológico para o ambiente e pode ser avaliado em curto prazo (Adams et al., 2002; Yu, 2004). Já os testes de toxicidade crônica têm como objetivo avaliar os efeitos subletais a longo prazo. Ou seja, esses testes avaliam os efeitos tóxicos que uma substância química é capaz de causar a um organismo quando este é exposto por longos períodos, por uma fase considerável de sua vida ou ainda por todo o seu ciclo de vida, a concentrações que permitem sua sobrevivência (Adams et al., 2002; Yu, 2004). Entretanto, os testes de toxicidade crônica, são capazes de alterar funções como a reprodução, o crescimento, o comportamento, entre outros, em longo prazo (Adams et al., 2002; Yu, 2004).

A indicação de agentes tóxicos, por meio de testes de fitotoxicidade ou testes ecotoxicológicos objetiva determinar o efeito causado por esses agentes, uma ou mais substâncias, ou fatores ambientais, levando em consideração o tempo de exposição, a concentração e os efeitos adversos dos poluentes sobre as comunidades biológicas (Goldstein, 1988). Esses bioensaios são utilizados como técnicas para a detecção dos efeitos ocasionados pelos compostos tóxicos mediante procedimentos que quantificam as respostas biológicas e os riscos (Foti et al., 2005; González et al., 2003; Ortega et al., 2000). Na fase de germinação, as sementes passam por mudanças fisiológicas bem fortes, e ficam muito sensíveis a qualquer fator de estresse ambiental, por isso, sementes de plantas são largamente utilizadas em diversos tipos de

bioensaios de toxicidade (Tavares et al., 2019). Plantas sensíveis às substâncias tóxicas podem ser utilizadas como indicadores da qualidade do meio, constituindo-se bioensaios de fitotoxicidade (Cunha, 2011).

A *Lactuca sativa*, devido a sua sensibilidade, tem sido amplamente utilizada em testes de fitotoxicidade (Ding et al., 2009). Entre os aspectos que justificam a utilização da alface em testes de toxicidade em efluentes, solos ou sedimento, destaca-se a rápida germinação, a necessidade de pouca energia para a germinação da semente, a sensibilidade a agentes químicos, crescimento linear em ampla faixa de variação de pH e baixa sensibilidade aos potenciais osmóticos, assim como o baixo custo, fácil e rapidez no cultivo, disponibilidade durante todo o ano e a possibilidade de fazer os testes em campo ou em laboratório. Tem-se ainda o fato de as cipselas da hortaliça permitirem a inspeção dos efeitos da fitotoxicidade de acordo com diferentes variantes, como germinação, biomassa vegetal e alongamento da raiz (Simões et al., 2013; Bolonhesi; Lopes, 2018). A *Lactuca sativa* é um bioindicador confiável, devido a simplicidade, viável economicamente e não precisa de uma quantidade relativamente grande de amostra (Silva et al., 2020). As sementes de *Lactuca sativa* têm características ideais para a realização dos bioensaios, visto que estas apresentam um ciclo de vida curto, tem grande importância para agricultura e seu cultivo é difundido em quase todo o mundo (Ferreira, 2007).

A germinação de plantas e o comprimento da raiz têm sido um teste, do tipo agudo, bastante utilizado na determinação da toxicidade de efluentes por ser uma técnica simples, rápida, segura e reprodutível para avaliar os danos causados pelas combinações tóxicas presentes nesses materiais (Wang e Ketury, 1990). O teste de fitotoxicidade é um critério para avaliar os níveis de toxidez antes de os resíduos, como esgotos sanitários, serem reutilizados como para irrigação, por exemplo, evitando, de certa maneira, acidentes ambientais indesejáveis que possam a vir ocorrer, como poluição do solo, água e até mesmo contaminação da cultura irrigada (Gryczac et al., 2018).

O reuso de esgotos nada mais é que a recuperação do efluente para utiliza-los e aplica-los em atividades que exijam uma qualidade da água inferior, diminuindo a escala do ciclo hídrico em favor do balanço energético (Metcalf; Eddy, 2003). De forma resumida, o reuso da água pode ocorrer de forma direta ou indireta, através de ações

e fins planejadas ou não (WHO, 1973). Reuso indireto se define pela reutilização da água mais de uma vez, para uso industrial ou doméstico, onde é descarregada no meio ambiente e novamente utilizada de maneira não controlada (WHO, 1973). Já reuso direto, se dá através dos esgotos tratados que necessitam de tecnologias de tratamento apropriadas para adequação das normas ambientais e que são planejados para certas finalidades, como por exemplo, recargas de aquíferos e irrigação (WHO, 1973).

Na Universidade Federal do Rio Grande do Norte, por exemplo, há uma estação de tratamento de esgoto, a qual trata o efluente para reuso na irrigação de campos e mudas para distribuição. A ETE do campus recebe um efluente com características típicas de esgoto doméstico, ou seja, de pias e vasos sanitários. Além disso, há ainda a contribuição dos diversos laboratórios existentes na universidade, estes por sua vez, possuem efluentes com características típicas industriais, devido à utilização de produtos químicos. Durante a pandemia de COVID-19 em 2020, houve paralisação das atividades estudantis e laboratoriais, retornando, em meados de 2021, somente o segundo tipo de atividade. Sendo assim, o esgoto que chega atualmente na ETE do campus é primordialmente dos laboratórios, podendo conter altas quantidade de produtos químicos e, portanto, com maior probabilidade de conter agentes tóxicos à saúde das plantas irrigadas por ele. Sendo assim, é necessário analisar os efeitos tóxicos (OLIVEIRA et al., 2019).

Nesse íterim, foi observado a ecotoxicidade, através da avaliação da fitotoxicidade das amostras de esgoto bruto através de bioensaios com *Lactuca sativa*. A hipótese deste trabalho é que, devido ao aumento da contribuição de esgotos laboratoriais no campus, em detrimento da diminuição de esgoto doméstico, os efluentes (bruto e tratado) da ETE irão apresentar fitotoxicidade e, portanto, inibição no crescimento da semente de alface.

2. Metodologia

2.1 Área de estudo

As amostras de esgoto foram coletadas na Estação de Tratamento de Esgoto da UFRN que trata diariamente em torno de 400.000 litros de efluentes sanitários

gerados no Campus Central, a qual é responsável por irrigar os campos de futebol, as próprias áreas verdes da ETE e as mudas do projeto de arborização da Universidade, como cita o próprio site da ETE.

Foram analisadas o comportamento das sementes que ficaram imersas nas mostras do esgoto bruto e do tratado.

2.2 Coleta

Para fazer a amostragem do ensaio de toxicidade foram coletadas amostras do efluente bruto e após as etapas de tratamento. As amostras foram acondicionadas em recipientes de polietileno e mantidas em temperatura ambiente no transporte para o laboratório para a realização do experimento.

2.3 Ensaio de fitotoxicidade com *Lactuca sativa*

O ensaio de toxicidade utilizado como parâmetro à germinação em sementes foi baseado na normativa 850 da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA,1996), e, entre as espécies a serem utilizadas, as sementes de alface *Lactuca sativa* é uma das espécies na qual a norma recomenda.

Foram colocadas em uma placa de Petri dez sementes de alface sobre papel-filtro embebido com 4 ml das amostras-teste (figura 1). Os tratamentos realizados foram:

- Esgoto bruto nas concentrações 25%, 50% e 100%, em triplicatas. As amostras de 25% e 50% foram diluídas com água deionizada (figura 2);
- Esgoto tratado nas concentrações 25%, 50% e 100%, em triplicatas. As amostras de 25% e 50% foram diluídas com água deionizada (figura 2);
- Controle: somente com água deionizada.

As placas foram envolvidas em filme plástico para evitar evaporação das soluções e incubadas a 23°C por 5 dias no escuro. Foram escolhidos esses gradientes de concentrações, bem como temperatura e luminosidade, seguindo recomendações do que diz a norma supracitada.



Figura 1: Unidade experimental, na qual sementes de *Lactuca Sativa* (alface) foram inseridas em placa de petri, acima de papel-filtro embebido com amostra-teste (água deionizada, esgoto bruto ou esgoto trabalho).

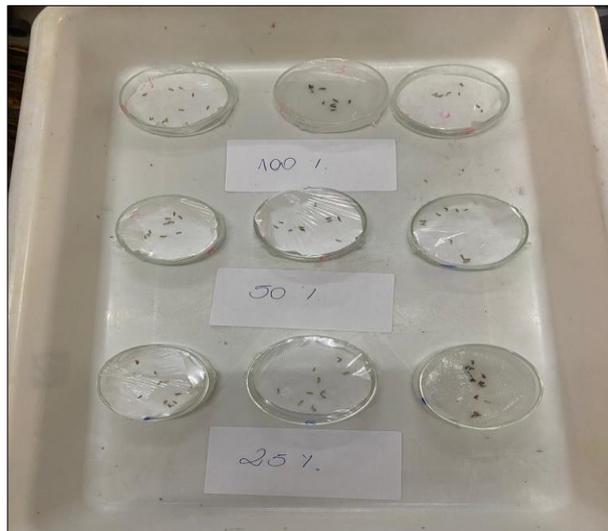


Figura 2: Esquema de organização dos tratamentos nas concentrações de 25%, 50% e 100% de solução-teste, em triplicatas.

Após o período de incubação de 5 dias, foram quantificadas as sementes germinadas. No dia desta contagem foi inserida mais 4 ml de amostra-teste em cada uma das unidades experimentais, devido a evaporação da solução, as quais foram encubadas novamente por mais 5 dias. Após esse período, ou seja, 10 dias desde a montagem do experimento, foi realizada medição do comprimento das radículas com auxílio de uma régua (Figura 3).



Figura 3: Medição do comprimento da radícula

A partir dos dados de germinação e comprimento de radícula foram analisados o número da quantidade de raízes, pelo fato de que nem todas as sementes que foram germinadas, conseguiram desenvolver raízes. Foi calculado também, o Índice de Germinação (IG) e o Índice de Crescimento Relativo (ICR) para uma melhor e mais clara visualização da influência dos efluentes (YOUNG et al., 2012). Nessas análises, a redução do índice de germinação (IG) e do Índice de Crescimento Relativo (ICR) das sementes é a resposta biológica negativa esperada para determinar o efeito fitotóxico ocasionado por diferentes agentes nos bioensaios de germinação. O cálculo desses valores foi feito seguindo as equações (1) e (2) a seguir:

$$1. \text{ICR} = \text{CRA} / \text{CRC}$$
$$2. \text{IG} = \text{ICR} \times (\text{SGA} / \text{SGC}) \times 100$$

Onde, CRA é o Comprimento da Radícula na Amostra, CRC é o Comprimento da Radícula no Controle, SGA é o número de Sementes Germinadas da Amostra e SGC é o número de Sementes Germinadas no Controle. Os valores obtidos para as amostras de efluente bruto e tratado para o ICR foram analisados em três categorias diferentes de acordo com os efeitos de toxicidade: inibição do alongamento (I),

$0 < x < 0,8$; sem efeitos significativos (SES), $0,8 \leq x \leq 1,2$; e estimulação do alongamento (E), $x > 1,2$. Onde x é o valor obtido para ICR (Recio et al., 2019).

3. Resultados

A média da quantidade de sementes germinadas no controle foi de 2,33 (DP \pm 2,38) (Figura 4). O tratamento esgoto bruto apresentou uma média de 6,33 nas concentrações 25% e 50%, e na concentração 100% todas as sementes foram germinadas. Já no tratamento de esgoto tratado houve um decaimento da média de sementes germinadas à medida que as concentrações foram aumentando. Na concentração 25% a média foi de 7,68, na concentração 50% a média foi de 5,68 e na concentração de 100% a média de 4,68.

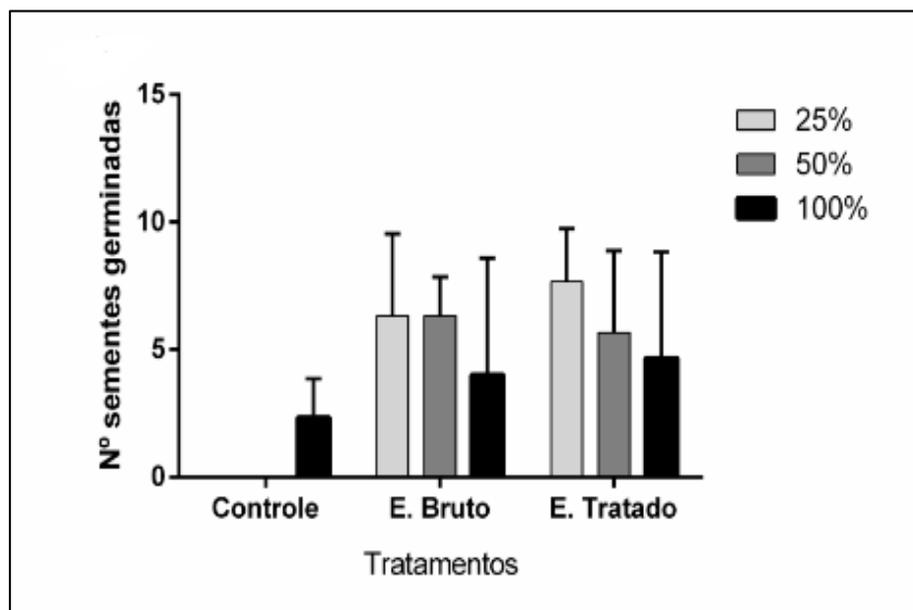


Figura 4: Quantidade do número de sementes de alface germinadas (média e desvio padrão)

A quantidade de raízes no controle teve uma média de 4,67, já no ensaio com o esgoto bruto, na concentração de 25% a média foi 6, na concentração 50% a média foi de 4,33 e por fim, na concentração 100% a média foi 7. No esgoto tratado foi possível observar que a maior quantidade das raízes foi na concentração 25% com média 5,33, decaindo para uma média de 4,66 na concentração 50% e na 100% tendo como média 3,33 (Figura 5).

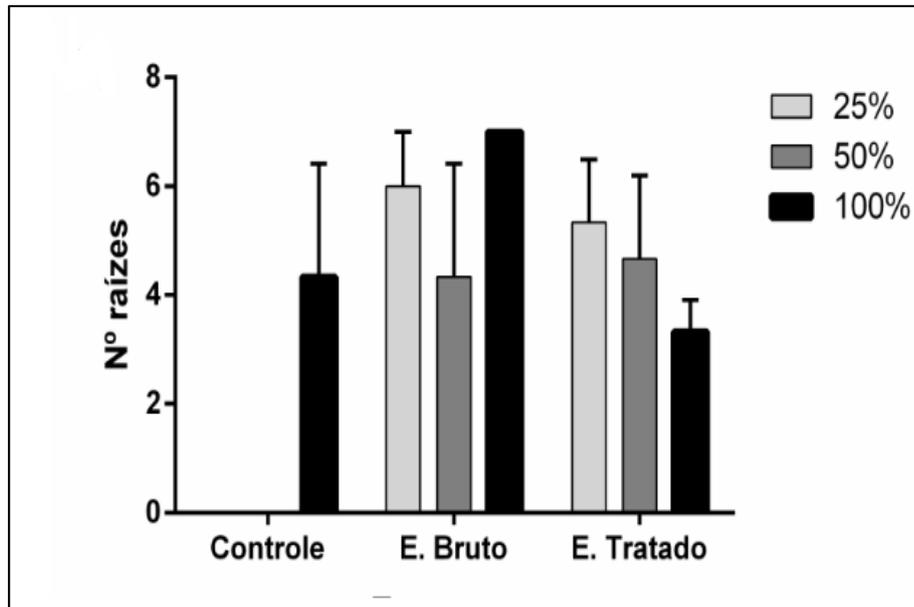


Figura 5: Média da quantidade de raízes que foram desenvolvidas (média e desvio padrão)

Na figura 6 é possível inferir que o crescimento médio das raízes das sementes de alface no controle teve uma média de 0,5 cm. No efluente bruto manteve um média padrão de 0,5 cm de desenvolvimento independente da concentração. Já no esgoto tratado foi possível observar um salto de crescimento das raízes imersas na menor concentração, com média de 1,0 cm, já nas concentrações de 50% e 100%, a média foi de 0,4 cm.

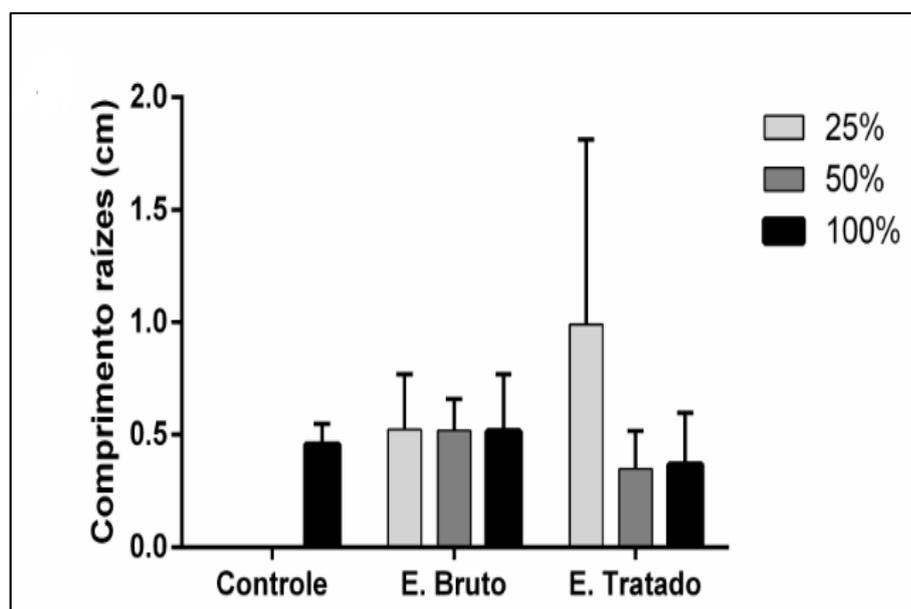


Figura 6: Média do crescimento das raízes de sementes de alface

A fitotoxicidade foi avaliada através da germinação e do crescimento da radícula do organismo teste, onde pelo gráfico foi possível observar através do Índice de crescimento relativo (ICR) e índice de germinação (IG). No efluente bruto, o ICR para as concentrações 25% e 100% teve uma média de 1,13 e na concentração 50%, a média decaiu para 1,10. Já no efluente tratado, o ICR apresentou valores elevados na concentração 25% que chegou a uma média 2,2, e nas concentrações 50% e 100% ambas ficaram com a média de 0,8 (Figura 7).

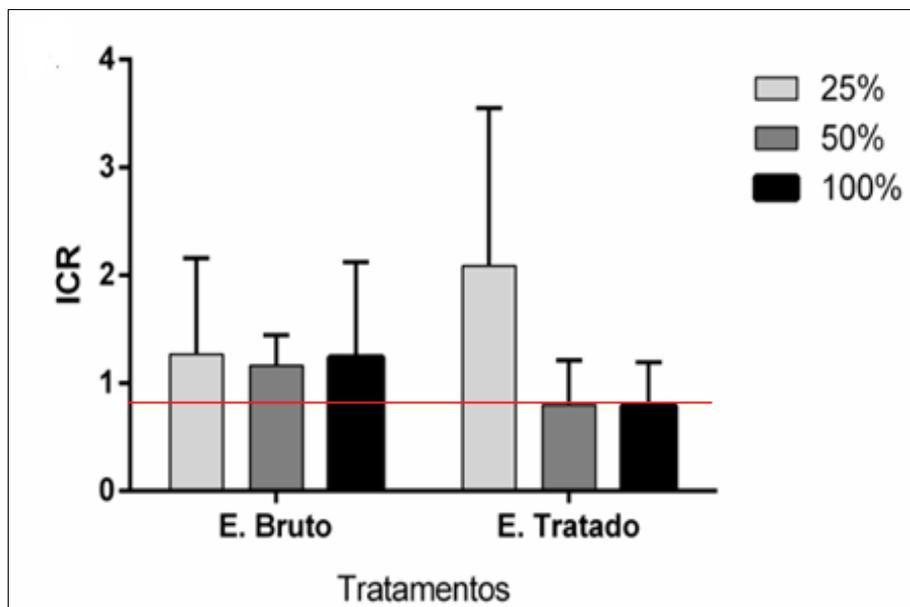


Figura 7: Índice de crescimento relativo (ICR) das sementes de *Lactuca sativa* em função da concentração de efluente bruto (%) e tratado (%), onde a linha vermelha indica o limite para estimulação do crescimento das raízes, ICR > 0,8.

O índice de germinação no efluente tratado foi decaindo à medida que as concentrações foram aumentando. Já no esgoto bruto, houve valor médio de 307,1% nas concentrações de 25% e 100% e uma queda no IG no efluente de concentração de 50% (Figura 8).

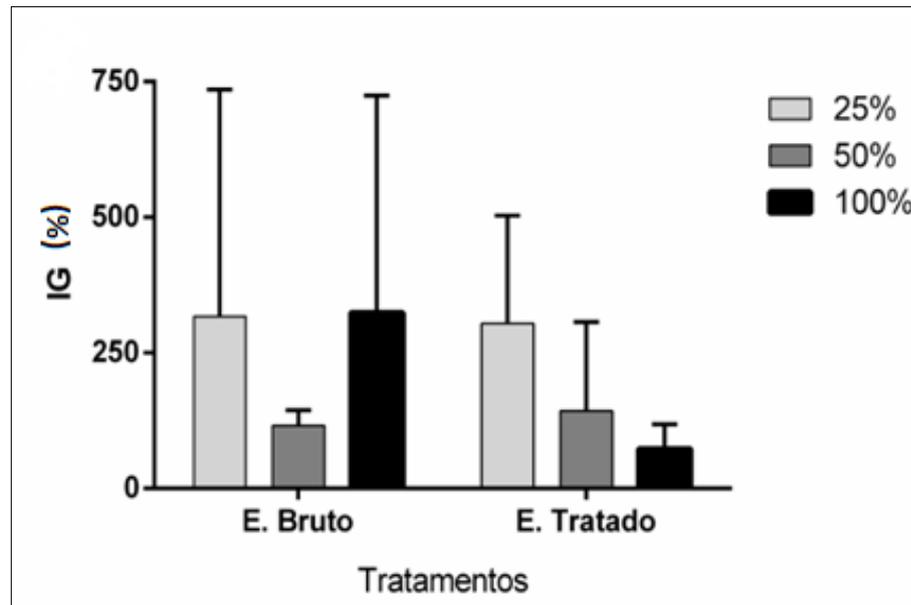


Figura 8: Índice de germinação (IG) das sementes de *Lactuca sativa* em função da concentração de efluente bruto (%) e tratado (%).

4. Discussão

De acordo com as análises realizadas no estudo, não foi constatado um potencial fitotóxico do efluente bruto e nem o efluente tratado para as sementes de alface, devido a estudos similares a estes que verificaram que ICR e IG para sementes de alface mantidos acima de 80% indicam que a amostra-teste, no caso esgoto bruto e tratado, não possui efeito fitotóxico (Gerber et al., 2017; Mendes et al., 2016). Além disso, foi observado a germinação e crescimento de raiz maior nas amostras-teste do que no tratamento controle, que utilizou apenas água deionizada. Uma possível explicação para esse resultado foi o fato da diminuição drástica de geração de esgotos domésticos na UFRN desde 2020, devido a pandemia do covid-19. Com a paralisação das atividades estudantis e conseqüentemente ocorrendo pouca circulação de estudantes, professores, funcionários e público em geral, a utilização de sanitários e pias foram quase que extintas, em contrapartida, a maior vazão recebida na estação é a dos efluentes dos laboratórios da universidade, onde as atividades foram retomadas há uns cinco meses.

Mesmo com a contribuição dos laboratórios da universidade na geração de efluentes, há indícios de possíveis cuidados nas boas práticas no descarte dos resíduos gerados, pois muitos desses centros de pesquisa utilizam resíduos químicos

derivados de metais pesados, para o desenvolvimento de experimentos didáticos como exemplo: determinação do grupo de cátions, determinação de cloretos pelo método de Morh, determinação de ferro com permanganato de potássio, determinação de níquel com dimetilglioxima (Lira, 2014).

No que diz respeito aos dados do esgoto tratado, nas concentrações 50% e 100% o ICR não teve efeitos significativos. Para a concentração 25% foi observado a estimulação do alongamento da radícula e seu IG, notando assim um crescimento muito maior que o esperado. Para os resultados das concentrações 50% e 100% terem sido menores, é pressuposto que algum agente químico estivesse em excesso na amostra coletada, possivelmente o cloro, já que é amplamente utilizado como desinfectante, principalmente para desinfecção da água de reuso, especialmente para fins de irrigação (Verma et al., 2017). Portanto, é preciso cuidados na quantidade e na aplicação ao usar o cloro, devido aos efeitos tóxicos que pode ocasionar nas águas de reuso pela formação de compostos halogenados potencialmente cancerígenos, que podem penetrar nos solos e contaminar as águas subterrâneas (Lightfoot & Maier, 1998; Verma et al., 2017), já que uma das principais finalidades desse efluente tratado da ETE é a irrigação das áreas verdes da universidade.

O tratamento de esgoto que é feito no Brasil é desenvolvido por processos biológicos, combinados a operações físicas de separação de sólidos. Embora demonstrem eficiência na remoção de carga orgânica e nutrientes, a eliminação de micropoluentes orgânicos e inorgânicos ainda é deficitária. Muitos estudos têm identificado a presença de contaminantes emergentes em amostras de efluentes tratados (Montagner; Vidal; Acayaba, 2017), evidenciando a importância de um monitoramento integrado de efluentes de modo a avaliar os reais impactos de efluentes nos ecossistemas aquáticos (Grosseli, 2016)

Apesar dos resultados terem apontado que o esgoto da ETE do campus pode ser utilizado para irrigação sem risco de toxicidade e mesmo fazendo a desinfecção microbiológica da água de reuso da ETE/UFRN, se faz necessário a análise dos efeitos tóxicos desta água no ecossistema aquático devido a possível formação de compostos halogenados potencialmente cancerígenos que podem contaminar as fontes de água (lençol freático) após a infiltração no solo (Oliveira et al., 2019). Estudos empregando organismos-teste de diferentes níveis tróficos, bem como testes de toxicidade crônicos, por exemplo, que levam mais tempo de estudos, podem

apresentar maior sensibilidade e permitir identificar efeitos tóxicos não observados com a espécie testada no presente estudo.

5. Conclusão

O presente estudo foi feito através da hipótese que devido ao aumento da contribuição de esgotos laboratoriais na Universidade, em detrimento da diminuição de esgoto doméstico, os efluentes (bruto e tratado) da ETE iriam apresentar fitotoxicidade e, portanto, inibição no crescimento da semente de alface. Entretanto os efluentes coletados não apresentaram risco para as sementes de alface, uma vez que os parâmetros de índice de crescimento das raízes (ICR), germinação das sementes e índice de germinação (IG) permaneceram acima do 80%, o que classifica como não fitotóxica.

Referências

ADAMS, W.J.; ROWLAND, C.D. Aquatic Toxicology Test Methods. In HOFFMAN, D.J.; RATTNER, B.A.; BURTON Jr, G.A.; CAIRNS Jr, J. (Editores) **Handbook of Ecotoxicology**, Washington, D.C.: Lewis Publishers. 2.ed. p. 32 – 58, 2002.

AMORIM, M. C. e LUCAS, E. F. **Uso de polímeros na remoção de metais pesados**. Revista de Química industrial, n. 715, p. 32 – 37, 1999.

ARAÚJO, Lidia *et al.* **Xenobióticos**: Confira os principais xenobióticos relacionados à alimentação e nutrição. RIO DE JANEIRO, 2021. Disponível em: <http://www.unirio.br/prae/nutricao-prae-1/quarentena/carregamento-boletins-setan-2021/boletim-no-10-2021>. Acesso em: 5 fev. 2022.

BAIRD, C. **Química Ambiental**. 2 ed. Porto Alegre: Bookman, 2004. 622p

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE (CONAMA). (2005) Resolução nº 357 de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Diário Oficial da União, n. 53, de 18 de março de 2005, p. 58-63. Disponível em: Acesso em: 15 dez. 2021.

CONHEÇA A ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS DA UFRN. [S. l.], 2012. Disponível em: <https://www.ct.ufrn.br/conheca-a-estacao-de-tratamento-de-esgotos-da-ufrn/>. Acesso em: 30 dez. 2021.

COSTA, C. R. et al. A toxicidade em ambientes aquáticos: discussão e métodos de avaliação. **Química Nova**, v. 31, n. 7, p. 1820- 1830, 2008.

CUNHA, B. M. **Avaliação ecotoxicológica de distintos tipos de efluentes mediante testes de toxicidade aguda utilizando Artemia salina e Lactuca sativa**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2011.

DEPARTAMENTO CIENTÍFICO DE PEDIATRIA AMBULATORIAL. **Xenobióticos: o que são?**. [S. l.], 2020. Disponível em:

https://www.sbp.com.br/fileadmin/user_upload/22376c-DocCientifico_Xenobioticos_o_que_sao.pdf. Acesso em: 30 dez. 2021.

DING, L., JING, H., QIN, B., QI, L., LI, J., WANG, T., LIU, G. Regulation of cell division and growth in roots of *Lactuca sativa* L. seedlings by the ent-kaurene diterpenoid rabdosin B. **Journal of Chemical Ecology**, v.36, n.5, p.553-563, 2009.

FERREIRA, A. L. N. **Exposição de Crómio em alface: acumulação e efeitos na fisiologia e genotoxicidade**. Dissertação (Mestrado). Departamento de Biologia Universidade de Aveiro, 2007.

FOTI, N. M.; BILLARD, C.; LALLANA, V. H. Bioensayos de germinación con semillas de rucula y lechuga para monitoreo de calidad de agua. **Revista Científica Agropecuaria**, v. 9, n. 1, p. 47-53, 2005.

GERBER, M. D. et al. **Phytotoxicity of effluents from swine slaughterhouses using lettuce and cucumber seeds as bioindicators**. *Science of the Total Environment*, v. 592, p. 86-90, 2017.

FORNAZZARI, Isis Mariane e STIIRMER, Júlio César. **Implantação do programa de gerenciamento de resíduos químicos nos laboratórios de química da UTFPR-PG**. *Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial* - v. 02, n. 02: p. 82-86, 2008.

Gerber, M. D.; Lucia Jr, T.; Correa, L.; Pereira Neto, J. E.; Correa, E. K. (2017), **"Phytotoxicity of effluents from swine slaughterhouses using lettuce and cucumber seeds as bioindicators"**. *Science of the Total Environment*, v. 592, p. 86-90. DOI: [http:// dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.03.075](http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.03.075).

GIORGETTI, L.; TALOUIZTE, H.; MERZOUKI, M.; CALTAVUTURO, L.; GERI, C.; FRASSINETTI, S. Genotoxicity evaluation of effluents from textile industries of the region Fez-Boulmane, Morocco: A case study. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, n.74, p. 2275–2283, 2011.

GOLDSTEIN, E. G. **Testes de toxicidade de efluentes industriais**. *Revista Ambiente*, v.2, n. 2, p. 33-38, 1988.

GRYCZAK, Marcelo; KILIPPER, Julia Tomaz; COSTA, Patricia Darolt; MACCARI, Alice. **SEMENTES DE LACTUCA SATIVA COMO BIOINDICADOR DE TOXICIDADE EM RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL.** [S. l.], 2018. Disponível em: <http://periodicos.unesc.net/tecnoambiente/article/view/4406/4038>. Acesso em: 28 dez. 2021.

GUIMARÃES, José Roberto; NOUR, Edson Aparecido Abdul. **Tratando nossos esgotos: Processos que imitam a natureza.** Disponível em: <http://qnesc.sbg.org.br/online/cadernos/01/esgotos.pdf> acesso em: 28 dez. 2021.

KIRK, L. A. et al. Changes in estrogenic and androgenic activities at different stages of treatment in wastewater treatment Works. **Environmental Toxicology and Chemistry: An International Journal**, v. 21, n. 5, p. 972-979, 2002.

LEVINE, A. D.; ASANO, T. Peer reviewed: recovering sustainable water from wastewater. *Environ. Sci. and Technol.*, v. 38, n. 11, p. 201A-2008A, 2004.

Lira, Thacyanne Kataryne. **3.3 Laboratório De Química Analítica, Como Gerador Majoritario De Resíduos De Metais Pesados.** In: Lira, Thacyanne Kataryne. Gerenciamento De Resíduos Em Laboratórios De Ensino De Química E Proposta De Tratamento De Efluentes Por Adsorção. 2014. Tcc (Bacharelado Em Química Ambiental) - Universidade Estadual Da Paraíba, [S. L.], 2014. Disponível em: [Http://Dspace.Bc.Uepb.Edu.Br/Jspui/Bitstream/123456789/4301/1/Pdf%20-%20thacyanne%20kataryne%20barbosa%20lira.Pdf](http://Dspace.Bc.Uepb.Edu.Br/Jspui/Bitstream/123456789/4301/1/Pdf%20-%20thacyanne%20kataryne%20barbosa%20lira.Pdf). Acesso Em: 1 Fev. 2022.

MALAVOLTA, E. **Fertilizantes e seu impacto ambiental.** São Paulo: Produquímica, 1994, 153p.

MARTINS, L. M.; SILVA, C. E.; MOITA NETO, J. M.; LIMA, A.S.; MOREIRA, R.F.P.M. Aplicação de Fenton, foto-Fenton e UV/H₂O₂ no tratamento de efluente têxtil sintético contendo o corante Preto Biozol UC. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.16, n.3, p.261-270, jul/set 2011.

MAURICE, C. F; HAISER J.H; TURNBAUGH, P.J. **Xenobiotics Shape the Physiology and Gene Expression of Active Human Gut Microbiome**; Elsevier Inc, p.39-50, 2013

MELLO, Valdicleide Silva. **Proposta de Gerenciamento de Resíduos Perigosos em Laboratórios Acadêmicos. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) – Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), Campina Grande, 2010**

MENDES, P. M. et al. **Phytotoxicity as an indicator of stability of broiler production residues**. Journal of Environmental Management, v. 167, p. 156-159, 2016.

OLIVEIRA, Iagê Terra Guedes *et al.* - **ENQUADRAMENTO DA ÁGUA DE REUSO NÃO POTÁVEL NA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE**. [S. l.], 2019. Disponível em: <https://abesnacional.com.br/XP/XP-EasyArtigos/Site/Uploads/Evento45/TrabalhosCompletoPDF/II-267.pdf>. Acesso em: 1 fev. 2022.

ORTEGA, M. C. et al. Propuesta de Bioensayos para detectar factores fitotóxicos en sustratos y enmiendas. **Actas de Horticultura**, v. 32, p. 363-376, 2000.

Pedroza, M. M., Vieira, G. E. G., de Sousa, J. F., Pickler, A. de C., Leal, E. R. M., & Milhomen, C. da C. (2013). **Produção e tratamento de lodo de esgoto – uma revisão**. *Revista Liberato*, 11(16), 147–158.

RECIO, Larissa Vareschi *et al.* Fitotoxicidade em sementes de alface na codigestão anaeróbia de lixiviado de aterro industrial e glicerina. **Fitotoxicidade em sementes de alface na codigestão anaeróbia de lixiviado de aterro industrial e glicerina**, Curitiba, ano 2019, v. 2, n. 9, ed. especial, p. 982-989, 2019. Disponível em: <file:///C:/Users/Vanessa/Downloads/1904-5354-1-PB.pdf>. Acesso em: 4 fev. 2022.

REPORT of Joint FAO/WHO Expert Meeting: **Toxicological and Health Aspects of Bisphenol A**. [S. l.], 2010. Disponível em:

https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/44624/97892141564274_eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 30 dez. 2021.

RODRIGUES, L. V. B. **Testes de toxicidade aguda através de bioensaios no extrato solubilizado dos resíduos classe II a não inertes e classe II B inertes**. 2005.123 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de recursos Hídricos e Ambiental) – Setor de tecnologia da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005. Disponível em:

<http://www.ppgerha.ufpr.br/dissertacoes/files/094Nebora_Liz_Vendramin_Brasil_Rodrigues.pdf>. Acesso em: 28 de dez 2021.

SOBRERO, M.C.; RONCO, A. Ensayo de toxicidad aguda com semillas de lechuga (*Lactuca Sativa*). In: Morales, G.C. **Ensayos toxicológicos y métodos de evaluación de calidad de aguas: Estandarización, intercalibración, resultados y aplicaciones**, IMTA, p. 63-70., 2004.

TAVARES , Rosangela Gomes *et al.* **Avaliação da toxicidade do lodo de estação de tratamento de água e esgoto, antes e após vermicompostagem, usando teste de germinação com semente de alface (*Lactuca sativa*)**. [S. l.], 2019. Disponível em: http://revistadae.com.br/artigos/artigo_edicao_218_n_1793.pdf. Acesso em: 5 fev. 2022.

TONETTI, A.L.; CORAUCCI FILHO, B.; GUIMARÃES, J.R.; CRUZ, L.M.O.; NAKAMURA, M.S. (2011) **Avaliação da partida e operação de filtros anaeróbios tendo bambu como material de recheio**. Revista Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 16, n. 1, p. 11-16.

USEPA: United States Environmental Protection Agency. Ecological Effects Test Guidelines. OPPTS 850.4200. Seed Germination/Root Elongation Toxicity Test. EPA 712-C-96-154, 1996. Disponível em: < <http://www.epa.gov>>. Acesso em dezembro de 2021.

VERMA, K., SINGH, G. A. **Optimization of chlorination process and analysis of thms to mitigate ill effects of sewage irrigation.** Journal of Environmental Chemical Engineering, 5 (4), 3540-3549, 2017.

WANG, W.; KETURI, P. H. **Comparative seed germination tests using ten plant species for toxicity assessment of a metal engraving effluent sample.** Wat. Air Soil Pollut. 1990.

YOUNG, B. J.; RIERA, N. I.; BEILY, M. E.; BRES, P. A.; CRESPO, D. C.; RONCO, A. E. Toxicity of the effluent from an anaerobic bioreactor treating cereal residues on *Lactuca sativa*. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, n.76, p.182-186, 2012.

YU, M-H. ***Environmental Toxicology: Biological and Health Effects of Pollutans.*** Boca Raton, Florida: CRC Press, 2004.