

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
FACULDADE DE AGRONOMIA ELISEU MACIEL
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AGROINDUSTRIAL
CURSO DE MESTRADO PROFISSIONAL EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DE ALIMENTOS



DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Avaliação da fitotoxicidade de lodo de estação de tratamento de efluentes de indústria de pescado utilizando olerícolas como bioindicadores

FABIANE ARAÚJO CALDASSO

PELOTAS, 2018.

Fabiane Araújo Caldasso

Avaliação da fitotoxicidade de lodo de estação de tratamento de efluentes de indústria de pescado utilizando olerícolas como bioindicadores

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas, como requisito à obtenção do Título de Mestre em Ciência e Tecnologia Agroindustrial.

Comitê de orientação: Prof. Dr. Daniel Arsand
Prof. Dr. Michel Gerber

PELOTAS, 2018

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

C145a Caldasso, Fabiane Araujo

Avaliação da fitotoxicidade de lodo de estação de tratamento de efluentes de indústria de pescado utilizando olerícolas como Bioindicadores / Fabiane Araujo Caldasso ; Daniel Ricardo Arsand, orientador ; Michel David Gerber, coorientador. — Pelotas, 2018.

64 f.

Dissertação (Mestrado) — Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2018.

1. Resíduo sólido. 2. Alface. 3. Rúcula. 4. Pepino. I. Arsand, Daniel Ricardo, orient. II. Gerber, Michel David, coorient. III. Título.

CDD : 664

Fabiane Araújo Caldasso

Avaliação da fitotoxicidade de lodo de estação de tratamento de efluentes de indústria de pescado utilizando olerícolas como bioindicadores

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas, como requisito à obtenção do Título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Data da defesa: 26 de novembro de 2018

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Daniel Ricardo Arsand (Orientador)
Doutor em Química Analítica pela Universidade de Santa Maria (UFSM)

Prof. Dr. Michel David Gerber (Coorientador)
Doutor em Ciências e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Federal de Pelotas (UFPEL)

Prof. Dra. Elisabeth Regina Tempel Stumpf
Doutora em Produção Vegetal pela Universidade Federal de Pelotas (UFPEL)

Prof. Dr. Erico Kunde Corrêa
Doutor em Biotecnologia Ambiental pela Universidade Federal de Pelotas (UFPEL)

Dr. Matheus Francisco da Paz
Doutor em Ciências e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Federal de Pelotas (UFPEL)

Agradecimentos

A realização deste trabalho resulta não só do empenho individual, mas resulta também da intervenção direta e indireta de algumas pessoas que ajudaram a fazer desta etapa um marco importante na minha vida pessoal e profissional.

Em primeiro lugar agradeço aos meus pais, por todo o apoio prestado, por todo o incentivo constante no decorrer desta trajetória, nos momentos de ansiedade, insegurança, por entenderem minhas ausências. Enfim obrigado por serem meu porto seguro.

À Universidade Federal de Pelotas, em especial ao Curso de Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia de Alimentos, pela oportunidade dada em realizar o mestrado, dando oportunidade aos profissionais que trabalham, além de poder trazer solução para problemas práticos da indústria.

Ao laboratório Núcleo de Educação, Pesquisa Extensão em Resíduos e Sustentabilidade – NEPERS da UFPEL, por ter me acolhido para realização dos testes de fitotoxicidade, assim como as análises da casa de vegetação. Em especial ao Professor Érico e o Pós doutorando Matheus da Paz.

Ao Instituto Federal Sul-Rio-Grandense – IFSUL Campus Visconde da Graça, pela disponibilização da estufa para implantação do experimento de casa de vegetação.

Ao meu orientador Daniel Arsand, o meu muito obrigado por toda a paciência pelos meus sumiços, pelo incentivo constante.

Ao meu coorientador Michel Gerber, o meu obrigado por todos os ensinamentos, onde aprendi a me superar profissionalmente, com os conselhos, incentivos, por nunca ter deixado eu desistir nos meus momentos de ansiedade.

Ao meu amigo Daniel Rodrigues, com toda a paciência e atenção me ajudou, com o experimento de casa de vegetação e com as estatísticas.

Ao meu amigo Alberto, que, assim como eu, teve muitas angústias nessa caminhada, mas foi a amigo/colega com quem mais troquei figurinhas, visto que estávamos no mesmo barco. Nossas conversas foram muito boas para a sequência da caminhada.

Ao meu amigo Istefâni, pela ajuda na finalização da minha estatística, além da paciência por me aguentar nas crises de ansiedade.

“É melhor atirar-se à luta em busca de dias melhores, mesmo correndo o risco de perder tudo, do que permanecer estático, como os pobres de espírito, que não lutam, mas também não vencem, que não conhecem a dor da derrota, nem a glória de ressurgir dos escombros. Esses pobres de espírito, ao final de sua jornada na Terra não agradecem a Deus por terem vivido, mas desculpam-se perante Ele, por terem apenas passado pela vida.”

Bob Marley

RESUMO

CALDASSO, FABIANE ARAÚJO. **Avaliação da fitotoxicidade de lodo de estação de tratamento de efluentes de indústria de pescado utilizando olerícolas como Bioindicadores**. 2018. 64 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2018.

A destinação final de resíduos sólidos industriais é um dos principais problemas ambientais devido ao seu potencial de contaminação. Neste contexto, o trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar os efeitos da aplicação do lodo da Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) de pescado em culturas de olerícolas, através da determinação do índice de germinação – IG e do crescimento em casa de vegetação. No primeiro experimento, foram realizados os ensaios de fitotoxicidade, utilizando diferentes sementes de espécies vegetais: alface (*Lactuca sativa*), rúcula (*Eruca sativus*) e pepino (*Cucumis sativus*). Os resultados de IG para as sementes de alface, rúcula e pepino foram superiores ao encontrado no controle (água destilada), indicando estímulo a germinação das sementes avaliadas. Os resultados de caracterização físico-química e dos bioensaios com pepino, alface e rúcula foram correlacionados estatisticamente, visando a identificação das prováveis causas da fitotoxicidade. Todos os parâmetros físico-químicos avaliados atenderam aos padrões de emissão previstos na legislação ambiental para aplicação de resíduo no solo. Foi realizado um 2º experimento em casa de vegetação, utilizando delineamento experimental em blocos casualizados com quatro repetições, com um vaso de volume de 5 litros, em esquema fatorial de 4x3x2, totalizando 48 mudas de cada espécie. Neste experimento, foram utilizados mudas de alface (*Lactuca sativa*) e de rúcula (*Eruca sativus*). Foram avaliados altura da planta, massa verde e seca da parte aérea da planta, comprimento da raiz, massa verde e seca da raiz da planta. Não houve diferença estatística entre os 4 tratamentos para o número de folhas, comprimento da folha, massa verde e seca da parte aérea da planta de alface, mas apresentou com relação ao comprimento da raiz. Com relação a correlação de Spearman, os únicos parâmetros que apresentaram correlação negativa da alface foram a condutividade, alumínio e cádmio. Com relação ao comprimento da raiz, massa verde e seca da raiz, não houve correlação positiva. A planta rúcula apresentou diferença estatística para os quatro tratamentos em relação a parte aérea e raiz para todos os parâmetros avaliados. Com relação a correlação de Spearman o único parâmetro que apresentou correlação negativa foi o molibdênio, mas com relação a

correlação positiva foram os seguintes parâmetros fósforo, condutividade, cálcio, cobre, cromo, zinco, manganês e níquel.

Palavras – Chave: resíduo sólido, alface, rúcula, pepino.

ABSTRACT

CALDASSO, FABIANE ARAÚJO. **Phytotoxicity of sludge from a fish industry effluent treatment plant using olive oil seeds as bioindicators**. 2018. 64 f. Dissertation (Master Degree in Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2018.

The industrial solid residue destination is one of the most important environmental problems due your contamination potential. In this context, this study was realized with the objective to evaluate the effects on the application of fish industry effluent treatment's sludge in vegetable crops, through germination index – IG and the growing in a greenhouse. In the first experiment, were realized the phytotoxicity tests, using different plant species: Lettuce (*Latuca sativa*), arugula (*Eruca sativus*) and cucumber (*Cucumis sativus*). The cress seeds did not germinate in the 48 hours preconized time and do not was evaluated. The IG results for the lettuce, arugula and cucumber seeds were higher than found on the control, indicating stimulus to the germination of evaluated seeds. The physicochemical characterization and bioassays results with cucumber, lettuce and arugula were submitted to statistical correlation, aiming the identification of phytotoxicity probable causes. All the physicochemical parameters evaluated attended to the standards preconized by the environmental legislation of residue ground application. For the greenhouse, was realized an experimental outlining of randomized blocks with four repetitions, with a 5 liters vase, factorial scheme of 4x3x2. In the greenhouse test, lettuce and arugula were utilized, plant height, green and dry mass of the plant's top section, root length, green and dry mass of the plant's root. The lettuce do not showed statistical difference between the four treatments for the leafs number, leaf height, green and dry mass of the plant's top section, but presented statistical difference for root length. For the Spearman's correlation, conductivity, aluminum and cadmium were the parameters that presented a negative correlation for root length and green and dry mass. The arugula showed statistical difference between the four treatments for plant's top section and roots for all evaluated parameters. For the Spearman's correlation, molybdenum presented a negative correlation and phosphorus, conductivity, calcium, cooper, chromium, zinc, manganese and nickel presented a positive correlation.

Key – words: solid residue, industrial, fish, phytotoxicity, olives.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Delineamento experimental.....	27
Figura 2: Fluxograma processamento atum.	32
Figura 3: Fluxograma atum congelado.....	33
Figura 4: Fluxograma atum enlatado.....	34
Figura 5: Fluxograma ETE.	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Qualificação dos níveis de fitotoxicidade.....	25
Tabela 2: Resultados médios de caracterização do lodo em comparação com a Resolução CONAMA n° 420/2009.....	29
Tabela 3: Quantidade de adubo e calcário por espécie.....	30
Tabela 4: Resultados médios de caracterização do lodo em comparação com a Resolução CONAMA n° 420/2009.....	36
Tabela 5: Resultados do teste de fitotoxicidade para sementes de alface utilizando lodo de pescado (n= 200 sementes por tratamento).....	36
Tabela 6: Resultados do teste de fitotoxicidade para sementes de pepino utilizando lodo de pescado (n= 200 sementes por tratamento).....	37
Tabela 7: Resultados do teste de fitotoxicidade para sementes de rúcula utilizando lodo de pescado (n= 200 sementes por tratamento).....	38
Tabela 8: Correlação de Pearson entre os parâmetros físico-químicos do lodo de pescado de fitotoxicidade para sementes de alface ($p < 0,05$)	39
Tabela 9: Correlação de Pearson entre os parâmetros físico-químicos do lodo de pescado de fitotoxicidade para sementes de pepino ($p < 0,05$)	40
Tabela 10: Correlação de Pearson entre os parâmetros físico-químicos do lodo de pescado de fitotoxicidade para sementes de rúcula ($p < 0,05$)	41
Tabela 11: Resultados médios do substrato+lodo em cada tratamento após experimento de casa de vegetação.	42
Tabela 12: Resultados número de folhas, altura raiz, massa verde e seca raiz alface	43
Tabela 13: Correlação de Spearman da alface entre os parâmetros físico-químicos, solo e lodo	44
Tabela 14: Resultados médios do substrato+lodo em cada tratamento da rúcula após experimento de casa de vegetação.	45
Tabela 15: Resultados número de folhas, comprimento da folha, massa verde e seca folha rúcula.....	46

Tabela 16: Resultados número de folhas, comprimento da raiz, massa verde e seca raiz rúcula..... 47

Tabela 17: Correlação de Spearman da rúcula entre os parâmetros físico-químicos, solo e lodo..... 47

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT:	Associação Brasileira de Normas Técnicas
Al:	Alumínio
Ca:	Cálcio
Cd	Cádmio
Cond.	Condutividade
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CONSEMA	Conselho de Meio Ambiente do Rio Grande do Sul
CQFS/RS:	Manual de adubação e calagem da Comissão de Química e fertilidade do solo/RS
CR:	Crescimento de raízes
Cr:	Cromo
Cu:	Cobre
EPAGRI:	Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural do Estado de Santa Catarina
ETE:	Estação de Tratamento de Efluentes
FEPAM:	Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Hoeslter
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IG:	Índice de germinação
ISO:	<i>International Organization for Standardization</i>
K:	Potássio
LEE:	Lodo de Estação de Efluentes
LU	Licença única
N:	Nitrogênio
Na:	Sódio
NEPERS:	Núcleo de Educação, Pesquisa Extensão em Resíduos e Sustentabilidade
Ni:	Níquel
NTK:	Nitrogênio Total Kjeldhal
Mo	Molibdênio
Pb:	Chumbo
pH:	Potencial Hidrogeniônico
PNRS:	Política Nacional dos Resíduos Sólidos
PRNT:	Poder Relativo de Neutralização Total
SG:	Números Sementes Germinadas
SMP:	Shoemaker, Maclean e Pratt
Temp.:	Temperatura
USEPA:	<i>United States Environmental Protection Agency</i>
Zn:	Zinco

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	16
2. HIPOTESE.....	17
3. OBJETIVOS	18
3.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	18
4.1. SETOR PESQUEIRO	18
4.2. LEGISLAÇÃO AMBIENTAL	19
4.3. DISPOSIÇÃO DE LODO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES -ETE NO SOLO 21	
4.4. FITOTOXICIDADE	23
5. MATERIAIS E MÉTODOS.....	27
5.1. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	27
5.2. CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO LODO.....	27
5.3. ENSAIOS DE FITOTOXICIDADE	27
5.4. EXPERIMENTO EM CASA DE VEGETAÇÃO.....	28
5.5. ANÁLISE ESTATÍSTICA	31
5.6. PROCESSO INDUSTRIAL DA INDÚSTRIA DE PESCADO.....	31
5.7. ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES – ETE DE PESCADO	34
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
6.1. LODO DE PESCADO.....	35
6.1.1. Caraterização físico-química	35
6.1.2. Ensaios de fitotoxicidade	36
6.2. EXPERIMENTO EM CASA DE VEGETAÇÃO.....	42
6.2.1. Alface	42
6.2.2. Rúcula	45
7. CONCLUSÃO.....	49
8. REFERÊNCIAS	49

1. INTRODUÇÃO

O crescimento populacional e o cenário industrial têm aumentado a produção de resíduos sólidos e líquidos, demandando desenvolvimento de tecnologias e estudos que utilizem e transformem estes materiais a fim de reduzir a agressão ao ambiente (FIGUEIREDO & TANAMATTI, 2010). Considerando o panorama global, com mais de 7 bilhões de pessoas, crescimento desordenado e recursos naturais finitos, a busca por instrumentos que auxiliem a sustentabilidade das atividades antrópicas é de extrema importância (GODFRAY et al., 2010). A gestão eficaz dos resíduos sólidos é uma grande preocupação ambiental, observando que o respectivo quadro está a mudar. O setor de resíduos demanda uma necessidade crescente de reciclagem/reutilização/recuperação, utilizando os resíduos produzidos como matérias-primas, fechando assim o circuito da economia circular (JUUL et al., 2013).

A destinação final de resíduos sólidos industriais é um problema ambiental devido seu potencial de contaminação. Com a evolução das políticas, a destinação final adequada dos resíduos é estimulada, buscando-se assim novas tecnologias e destinos para suprir o volume de resíduos gerados. Uma das soluções para este passivo ambiental pode ser a aplicação desses resíduos no solo (ANDRADE et al., 2016). Segundo Smith (2009), a disposição de resíduos orgânicos em solos agrícolas vem sendo utilizada de forma crescente em nível mundial, sendo uma alternativa economicamente viável e, se bem conduzida, ambientalmente correta. Isso se deve ao fato do solo possuir capacidade de promover a inativação de compostos potencialmente tóxicos por meio de reações químicas ou de processos microbiológicos, oferecendo grande potencial como meio de disposição ou de reciclagem de resíduos (RODRIGUES et al., 2012). Além disso, o material orgânico pode disponibilizar nutrientes, como nitrogênio, fósforo e potássio para as plantas e microrganismos, além de melhorar os atributos químicos e físicos do solo pela adição de matéria orgânica (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006).

Segundo Ximenes et al. (2015), com o aumento da produtividade agrícola e a quantidade de nutrientes disponíveis para o desenvolvimento das plantas, o uso de fertilizantes é praticamente inevitável na agricultura moderna. O elevado custo destes insumos torna a produção rural uma atividade de risco e que precisa encontrar alternativas para minimizar os custos de produção. Uma alternativa é o uso de fertilizantes orgânicos como um meio viável para reduzir custos e aumentar a produtividade. Usando os resíduos orgânicos como fonte de nutrientes para a produção agrícola, é possível aumentar a produtividade, reduzir gastos e ainda, diminuir a contaminação de solo pela aplicação em

quantidades não recomendadas de resíduos orgânicos. Entretanto, a aplicação do lodo solo agrícola pode resultar em problemas decorrentes das altas concentrações de elementos potencialmente tóxicos (SINGH e AGRAWAL, 2008). SEGATTO et al. (2012) identificaram que a adição de lodos e/ou resíduos orgânicos contendo excesso de metais pesados pode diminuir a atividade microbiana do solo pela sua toxidez e também afetar outros organismos, como plantas e até mesmo animais.

A poluição do solo pode ter implicações na fitotoxicidade em concentrações elevadas e na transferência de metais pesados para a dieta humana a partir da cultura ou a absorção ingestão de solo por herbívoros (KABATA-PENDIAS & MUKHERJEE, 2007; KABATA-PENDIAS & PENDIAS, 2001; NICHOLSON, 2003).

A análise de fitotoxicidade é comumente utilizada para avaliar a maturação de compostos e seu efeito direto sobre as plantas, sendo ela crônica ou aguda, utilizando diferentes tipos de indicadores vegetais, que, em contato com soluções diluídas de um determinado composto, podem apresentar inibição do mecanismo germinativo ou redução do tamanho da radícula, causados principalmente por injúria celular, entre outros fatores (TIQUIA & TAM, 1998). Esse tipo de bioensaio vem sendo utilizado com sucesso para avaliação da toxicidade de resíduos, compostos orgânicos e efluentes (RAMANA et al., 2002; AVIANI et al., 2010; ÖZKARA et al., 2011; MITELUT e POPA, 2011; KHAN et al., 2014) por se tratar de método simples de execução, rápido, fiável e por sua sensibilidade a diferentes tipos de poluentes e a sua relação direta do índice de germinação com o nível de poluição (SOBRERO e RONCO, 2004, ARIENZO et al., 2009; MENDES, 2011, MAGDICH et al., 2012. TIQUIA et al., 1996).

Na região de Pelotas, a maioria das agroindústrias envia seus resíduos ou lodos de Estação de Tratamento de Efluentes - ETE para aplicação ao solo, porém a caracterização mais rigorosa desses resíduos e seus reais efeitos no solo ainda são pouco divulgados.

Diante disso, o objetivo do estudo é avaliar os efeitos da aplicação do lodo da ETE no solo e nas culturas de: alface, rúcula, pepino.

2. HIPOTESE

O uso agrônômico de lodo de estação de tratamento de efluentes da indústria de pescado pode melhorar as características do solo sem conferir toxicidade a produção de olerícolas.

3. OBJETIVOS

Avaliar os efeitos da aplicação do lodo da Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) da Indústria de pescado na germinação e desenvolvimento de algumas espécies de olerícolas em casa de vegetação;

3.1. Objetivos específicos

- ✓ Caracterizar física e quimicamente o lodo de ETE disponibilizado para aplicação ao solo;
- ✓ Avaliar a ação do lodo sobre a germinação de sementes de algumas espécies de olerícolas, por meio da metodologia do índice de germinação;
- ✓ Avaliar a produção de: massa verde e massa seca, altura total da planta e comprimento médio das raízes de algumas espécies de olerícolas.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1. Setor Pesqueiro

O novo relatório da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO, 2016), e o Estado Mundial da Pesca e Aquicultura 2016 (SOFIA) estimam que o Brasil deve registrar um crescimento de 104% na produção da pesca e aquicultura até 2025. Segundo o estudo, o aumento na produção brasileira será o maior registrado na região Sul do Rio Grande do Sul, seguido de México (54,2%) e Argentina (53,9%) durante a próxima década.

O Brasil ocupa o 18º lugar mundial, estando o Estado de Santa Catarina é o maior produtor brasileiro da pesca extrativa marinha e em 2010 foi responsável por uma produção total de 113.925 toneladas de pescado, tendo as cidades de Itajaí e Navegantes como os maiores produtores industriais (EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENÇÃO RURAL DO ESTADO DE SANTA CATARINA - EPAGRI, 2012).

Segundo dados do Ministério da Pesca e Aquicultura (2011), a produção de pescado na região Sul foi de 336.451,5 toneladas de pescado, respondendo por 23,5% da produção nacional (MAPA, 2011).

Segundo os últimos dados do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), a indústria de pescado no Brasil produziu em 2009 cerca de 1.250 mil toneladas de pescado marítimo e continental, com crescimento de mais de 40% em relação a 1999 (IBGE, 2015).

Segundo EPAGRI (2012), o segmento da pesca industrial no Brasil é de grande relevância social e econômica para muitos municípios litorâneos. Trata-se de uma atividade de base, fornecedora de matéria prima para as grandes indústrias e centros de distribuição

de alimentos em crescimento. Segundo a FAO (2014), o consumo de peixes vem aumentando nas últimas quatro décadas, tanto pela maior demanda, quanto pelas mudanças no hábito alimentar da população, que vem, cada vez mais, buscando produtos com perfil nutricional adequado. No último relatório da FAO (2018), o consumo médio por pessoa de peixe por dia é de 26g/dia na América do Sul.

A indústria de processamento de pescado gera grandes quantidades de resíduos sólidos e de águas residuárias, exibindo elevadas concentrações de matéria orgânica, amônia e fósforo. Os resíduos sólidos incluem resíduos de peixe inteiro, vísceras e miudezas, que são provenientes da filetagem (HWANG & HANSEN, 1998). A composição e a quantidade destes resíduos dependem basicamente da fonte das matérias-primas utilizadas na produção, bem como as operações e etapas do processamento, gerando um volume considerável de compostos orgânicos com valores elevados de demanda química de oxigênio (DQO) e sólidos suspensos totais (SST) (TEH, 2014).

As águas residuárias vêm principalmente de operações de limpeza e de lavagem de matérias-primas, e contêm contaminantes orgânicos na forma solúvel, coloidal e particulada. Esta água residuária necessita ser tratada antes de ser descartada. Dispostos de forma inadequada, os resíduos do processamento podem gerar sérios problemas ambientais ligados à depleção do oxigênio dissolvido, eutrofização, quantidades excessivas de nitrato em águas superficiais e subterrâneas, toxicidade por amônia a peixes, e problemas de saúde em virtude da presença de microrganismos patogênicos (FERNANDES & OLIVEIRA, 2006).

Na indústria de pescado, semelhante a outras indústrias processadoras de alimentos, os efluentes e, conseqüentemente, o lodo da estação de tratamento, apresenta-se com alta concentração de matéria orgânica (PIVELI; CAMPOS, 2013). Por não estar completamente estabilizado, este lodo apresenta características nocivas ao meio ambiente, com fitotoxicidade elevada (RENOUF & PAGAN & WEGENER, 2013).

4.2. Legislação ambiental

O problema dos resíduos sólidos é uma questão antiga no Brasil, porém a legislação específica surgiu apenas em 2010. A Lei nº 12.305/2010 criou a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), que regula diretrizes e metas para o gerenciamento dos resíduos sólidos no Brasil, e dentre estes, a redução na destinação de resíduos para aterros, incentivando as destinações ambientalmente adequadas (BRASIL, 2010).

Esta mesma lei define rejeitos como sendo: “resíduos sólidos que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos

disponíveis e economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada”. A destinação final ambientalmente adequada dos resíduos inclui a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético e outras destinações admitidas pelos órgãos competentes, de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e a minimizar os impactos ambientais adversos.

Para os solos contaminados (e remediados), a classificação é dada pela Resolução Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA nº 420/2009, em seu Anexo II, onde são definidos os diferentes usos possíveis do solo e seus indicadores limitantes. Sendo assim, alguns indicadores químicos dos solos e resíduos sólidos podem ser limitantes para seu uso posterior, mesmo após tratamento, devendo ser estes enviados para aterros como modo de destinação final (BRASIL, 2009).

A resolução CONAMA 375/2006 considera que o uso agrícola dos lodos de Estação de Tratamento de Esgotos – ETE (não considerando neste caso, efluentes industriais) é uma alternativa que apresenta vantagens ambientais quando comparado a outras práticas de destinação final, enquadrando-se nos princípios de reutilização de resíduos de forma ambientalmente adequada. Sendo o lodo de ETE uma fonte de matéria orgânica e nutriente para as plantas, sua aplicação no solo pode trazer benefícios à agricultura, desde que não cause danos à saúde e ao meio ambiente. Para a aplicação no solo, a resolução prevê que a taxa de aplicação máxima anual deve garantir que o pH final da mistura do solo-lodo de esgoto ou produto derivado não ultrapasse o limite de 7,0. (BRASIL, 2006)

De acordo com o artigo 225 da Constituição brasileira de 1988, o meio ambiente é um bem de uso comum do povo, essencial para a qualidade de vida. Dentro dos instrumentos da gestão ambiental, a política nacional de meio ambiente, instituída pela Lei Federal nº. 6.938, em 31 de agosto de 1981, delegou ao IBAMA e aos Estados da Federação as medidas preventivas e de fiscalização relacionadas à proteção ambiental, dentre elas o licenciamento ambiental de atividades ou obras potencialmente poluidoras. Esta lei baseia-se no princípio da consideração do meio ambiente na tomada de decisões e demonstra a obrigação de considerar o fator ambiental em qualquer ação ou decisão que possa sobre ele causar efeito negativo, garantindo ações de prevenção, mitigação ou recuperação de áreas degradadas e destinação dos resíduos. O licenciamento ambiental só pode ser legitimado pelo poder público, sendo considerado um procedimento administrativo entendido como “uma sucessão itinerária e encadeada de atos administrativos que tendem, todos, a um resultado final e conclusivo”, obedecendo a preceitos legais, normas administrativas e protocolos bastante claros (MILARÉ, 2004).

O licenciamento ambiental é definido pela Resolução CONAMA nº 237/97 como sendo: o órgão ambiental competente que estabelece condições, restrições e medidas de controle ambiental que deverão ser acatadas pelo empreendedor, pessoa física ou jurídica, para localizar, instalar, ampliar e realizar atividades utilizadoras de recursos ambientais e consideradas efetivamente ou potencialmente poluidoras ou que possam, de qualquer modo, provocar degradação (BRASIL, 1997).

Devido à aplicação da legislação ambiental vigente no estado do Rio Grande do Sul, os critérios técnicos para o licenciamento ambiental de novos empreendimentos devem obedecer aos critérios da Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler – FEPAM.

Para aplicarem resíduos ao solo, as empresas precisam primeiramente, fazer o licenciamento do empreendimento na FEPAM. A licença emitida é licença única – LU, com validade de 4 anos. Os principais documentos solicitados por esta Fundação são: o laudo de caracterização do resíduo segundo a NBR 10.004, a planta de situação, o termo de sessão entre o proprietário da área e o gerador do resíduo, o registro da propriedade, o levantamento pedológico, laudo de caracterização do solo [argila, pH, índice SMP, fósforo, potássio, matéria orgânica, alumínio, cálcio, magnésio, H + Al, capacidade troca catiônica -CTC], saturação de bases e saturação de alumínio e os parâmetros enxofre, zinco, cobre, boro, manganês, sódio, cádmio, níquel, chumbo, mercúrio, arsênio, molibdênio, bário, selênio, cromo (Cr³⁺ e Cr⁶⁺), laudo de caracterização do resíduo (umidade, densidade, pH, carbono orgânico, os teores de totais de nitrogênio, fósforo, potássio, zinco, cálcio, magnésio, enxofre, cobre, zinco, manganês, sódio, boro, cádmio, níquel, chumbo, mercúrio, arsênio, molibdênio, selênio, bário, cromo (Cr³⁺e CR⁶⁺) e poder de neutralização), projeto de aplicação de resíduo no solo com a taxa de aplicação, certidão da prefeitura, relatório fotográfico da área de armazenamento temporário dentro da empresa dos resíduos, relatório de transporte dos resíduos. A licença é emitida com condicionantes a serem atendidas semestralmente e anualmente que monitoram tanto o solo como o resíduo.

4.3. Disposição de lodo de Estação de Tratamento de Efluentes - ETE no solo

Resíduos sólidos industriais são todos os resíduos no estado sólido ou semi sólido, resultantes das atividades industriais, incluindo os lodos provenientes dos sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle da poluição, bem como determinados líquidos, cujas particularidades tornem inviável seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam, para isso, soluções

técnicas e economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível (ROCCA, 1993).

Estações de Tratamento de Efluentes (ETE) usam uma combinação de processos biológicos, físicos e químicos para tratar o efluente gerado no processo produtivo. Um subproduto desse tratamento é o bio sólido, que é o lodo desidratado gerado durante o tratamento primário ou secundário dos efluentes (LIANG et al., 2003). De acordo com a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA, 2016), o termo “bio sólido” é a designação para o lodo corretamente processado e tratado, com material orgânico rico em nutrientes resultante do tratamento de efluentes, podendo ser reciclado e aplicado como fertilizante para melhorar e manter a produtividade de solos, além de estimular o crescimento das plantas.

Bio sólidos são fonte de elementos fundamentais ao crescimento de plantas, como Nitrogênio (N), Fósforo (P), Enxofre (S), Magnésio (Mg) e Cálcio (Ca), além de alguns elementos traço como Cobre (Cu), Zinco (Zn) e Boro (B) (RIGBY et al., 2016).

Segundo Rodrigues et al. (2012), diversos estudos vêm sendo realizados no sentido de aproveitar ou de dispor corretamente os resíduos dos processos produtivos, de forma a reduzir os potenciais riscos ambientais.

De acordo com Amiralian et al. (2015), a gestão sustentável dos lodos de esgotos é uma questão crucial em todo o mundo, sendo que nos últimos anos tem havido uma tendência para o uso de lodos de esgoto para aplicações agrícolas.

Conforme Segatto et al. (2012), existem muitos trabalhos sobre a adição de resíduos de origem animal e urbano, como, lodo de esgoto e composto de lixo no solo, porém pouco se sabe sobre a adição de resíduos provenientes unicamente da atividade industrial e estudos são necessários para gerar informações sobre os efeitos da disposição desses resíduos nos solos.

A quantidade gerada de resíduos de origem urbana, industrial e agroindustrial, e o alto custo dos fertilizantes químicos, tornam cada vez mais atrativa a utilização dos resíduos orgânicos na agricultura. Entretanto, a presença de metais pesados pode restringir a sua utilização, uma vez que podem ser absorvidos pela planta e entrar na cadeia alimentar (SILVA et al., 2014)

A principal característica dos resíduos de atividades agroindustriais é a alta concentração de material orgânico. Esta é responsável por um dos maiores impactos causados por resíduos sólidos orgânicos, formando ácidos orgânicos através da fermentação do resíduo, causando maus odores, reduzindo o oxigênio dissolvido em águas

superficiais e contaminando o solo, quando disposto inadequadamente (GOPINATHAN & THIRUMURTHY, 2012).

O aumento na disponibilidade dos metais presentes nos resíduos ocorre à medida que o solo se acidifica, fato este decorrente da produção de ácidos orgânicos durante o processo de biodegradação da fração orgânica dos resíduos, tal como da nitrificação (BOEIRA & SOUZA, 2007). Segundo Basta et al. (2005), a solubilidade e a disponibilidade dos metais pesados provenientes da aplicação de resíduos no solo são resultado de reações químicas entre o metal e constituintes do solo. Os óxidos de Fe, Al e Mn, a matéria orgânica e a presença de ânions como fosfatos, carbonatos e sulfatos, são importantes formas de retenção dos elementos traço no sistema. Por outro lado, o aumento do pH do solo exerce influência nos metais nas reações de adsorção, precipitação, solubilidade e disponibilidade (SILVA et al., 2014). Os elementos de interesse primário são Cd, Zn, Cu, Pb e Ni que, quando aplicados ao solo em quantidade excessiva, podem diminuir o rendimento da planta ou degradar a qualidade dos alimentos ou produtos de fibra. Portanto, os lodos devem ser analisados quanto a nutrientes e oligoelementos, antes de serem aplicados no solo (SUTAPA & BHATTACHARYYA, 2007).

A eficiência agronômica dos resíduos é avaliada por meio de experimento em vasos, em casa de vegetação, onde são cultivadas plantas em substrato tratado com o resíduo e em substrato tratado com insumos tradicionais, para comparação, sendo que o desenvolvimento e a produtividade das plantas são as principais variáveis observadas. Com base na caracterização do resíduo, pode-se definir se ele apresenta potencial para ser condicionador do solo e/ou fonte de um ou mais nutrientes e, conseqüentemente, os tratamentos que serão utilizados no referido experimento. A partir dos resultados do experimento em vasos, definem-se quais doses serão testadas no campo para validar os resultados obtidos em condições controladas (PIRES & MATTIAZZO, 2008).

4.4. Fitotoxicidade

Métodos biológicos utilizados para estimar o grau de maturidade dos lodos são baseados em testes fitotoxicológicos. Alguns compostos não maturados podem conter determinados tipos de ácidos orgânicos ou outras substâncias solúveis que afetam a germinação de sementes e o desenvolvimento de raízes nas plantas, sendo extremamente necessário que os compostos utilizados estejam maturados ou livres de substâncias potencialmente fitotóxicas (BERNAL et al., 2009).

A aplicação de testes de fitotoxicidade, portanto, permite não só avaliar a aplicabilidade de lodos de esgoto para fins de recuperação agrícola ou de solo, mas

também identificar potenciais ameaças para o meio ambiente e para a saúde humana. (OLESZCZUK et al., 2012)

Segundo Pelegini et al. (2006), os testes de toxicidade utilizando vegetais constituem recurso prático de baixo custo e de sensibilidade razoável na indicação qualitativa da presença de substâncias tóxicas ou de inibidores biológicos presentes nos solos.

Bioindicadores de fitotoxicidade são espécies, grupos de espécies ou comunidades biológicas cuja presença, quantidade e distribuição indicam impactos ambientais em um ecossistema aquático e sua bacia de drenagem, seu uso é tido como mais eficiente que a análise de parâmetros físico-químicos, pois fornece sinais rápidos sobre problemas ambientais, permitindo, dessa forma, a identificação de causa e efeito de possíveis agentes estressores e sua resposta biológica (CORRÊA et al., 2012).

As sementes amplamente utilizadas para a análise fitotoxicológica para compostos orgânicos são as sementes de alface e pepino, no entanto, ainda é necessário mais informações relacionadas a condições de germinação destes bioindicadores, ao passo que é necessário também novas sementes para aumentar o panorama dos estudos fitotoxicológicos e ampliar horizontes relacionados a respostas biológicas e ambientais destes bioindicadores (HIMANEN et al., 2012)

Plantas sensíveis às substâncias tóxicas podem ser utilizadas como organismos testes para a avaliação e monitoramento de contaminantes ambientais. A alface (*Lactuca sativa* L.) tem sido amplamente utilizada em testes de fitotoxicidade (DING et al., 2009) e genotoxicidade (MONTEIRO et al., 2009; EOM et al., 2008) devido à sua sensibilidade e representatividade, e ainda pode ser amplamente cultivada em qualquer região do mundo.

Segundo Martines (2005), solos tratados com lodo de curtume podem adquirir características salinas, sódicas ou até mesmo salino-sódicas, em decorrência da elevada concentração de sais contidos e da dose de lodo aplicada. O grau de salinidade, que pode indiciar possíveis efeitos fitotóxicos na germinação (GAO et al., 2010; GÓMEZ-BRANDÓN et al., 2008). Os efeitos tóxicos da salinidade na germinação, ocorrem não somente por dificultar a cinética da absorção de água, mas também por facilitar a entrada de íons em quantidades tóxicas nas sementes durante a absorção, sendo constatado que os efeitos provocados pelos sais são mais prejudiciais à germinação (SANTOS, 1992).

O crescimento radicular tem se destacado entre os parâmetros com grande sensibilidade a um agente fitotóxico e é afetado por condições ambientais como o pH, temperatura, salinidade e presença de metais (CAMARGO et al., 2004; FUENTES et al., 2004). Relacionando-se os teores de metais com os testes de fitotoxicidade observa-se que alguns metais como alumínio, manganês, cálcio, níquel, cobre, cobalto e chumbo, podem

contribuir para a inibição do crescimento da radícula e germinação das sementes (SANTOS et al., 2013). Segundo Feng et al. (2016), o comprimento radicular é um parâmetro importante, pois a radícula é o primeiro órgão que entra em contato com a solução contaminada.

Entre os parâmetros mais utilizados estão taxa de germinação, índice de velocidade de germinação, comprimento radicular, produção de biomassa (fresca e seca) (MASELLI et al., 2015), taxa de plântulas normais desenvolvidas, comprimento da parte aérea, número de sementes mortas e/ou sementes não germinadas, porcentagem de emergência, além de aspectos micromorfológicos das plântulas (IQBAL, 2016).

Araújo & Monteiro (2006) relatam que a aplicação de lodo de indústria têxtil não compostado causou efeitos negativos na biomassa microbiana do solo. Já o mesmo lodo compostado teve efeitos positivos na biomassa, na atividade microbiana e no número de bactérias, melhorando a capacidade de reciclagem do carbono.

Estudo realizado por Belo (2011) apresenta diversos valores e qualificações possíveis para níveis de fitotoxicidade, demonstrando que não há unanimidade entre autores para qualificar a fitotoxicidade, como pode ser visto na Tabela 1.

Tabela 1: Qualificação dos níveis de fitotoxicidade

Classificação	IG (%)	Referência
Não inibe o crescimento da planta	80-100	Trautmann & Krasny, 2009
Inibição moderada	60-80	
Inibição forte	40-60	
Inibição severa	<40	
V- não tóxico	>85	Batista & Batista, 2007 (cit. Woods End, 2000)
IV- moderadamente tóxico	70-80	
III- tóxico	50-70	
II- muito tóxico	30-50	
I- extremamente tóxico	<30	
Bastante maturado	>90	Batista & Batista, 2007 (cit. Brinton et al., 2001)
Maturado	80-90	
Imaturo	<80	
Maturado	>50	Bernal et al., 2009 (cit. Zucconi et al., 1981)
Composto livre de fitotoxinas	>50	Wong et al., 2001 (cit. Zucconi et al., 1981)
Produto orgânico considerado fitotóxico	<60	Ortega et al., 1996 (cit. Zucconi et al., 1985)

Maturado	>60	Cabañas-Vargas et al., 2005 (cit. Zucconi & de Bertoldi, 1987)
Limite que reduz a fitotoxicidade para níveis aceitáveis para aplicação segura no solo	>60	Gómez-Brandón et al., 2008 (cit. Zucconi & de Bertoldi, 1987)
Baixo nível de fitotoxinas	≥70	Helfrich et al., 1998
Não fitotóxico	>80	Fang & Wong, 1999 (cit Rifaldi et al., 1986)
Composto livre de fitotoxinas	>80	He et al., 2009 (cit Zucconi et al., 1981)
Composto livre de fitotoxinas	>80	Tiquia et al., 2010 (cit Zucconi et al., 1981; Tiquia & Tam, 1998)
Composto livre de fitotoxinas; maturado	>80	Gao et al., 2010 (cit Zucconi et al., 1981; Tiquia & Tam, 1998)
Estimula as propriedades do solo	>100	Delgado et al., 2010

Fonte: Adaptado de Belo (2011)

Contudo, é possível, ainda assim, concluir que o valor de IG de 60% parece ser o valor mais referido para considerar que a inibição de germinação é moderada e, portanto, é segura a aplicação do composto (GÓMEZ-BRANDÓN et al., 2008 cit. ZUCCONI et al., 1981). Valores de IG superiores a 80% parecem indicar que o composto está livre de fitotoxinas e que o composto se encontra maturado (TIQUIA et al., 2010 cit. ZUCCONI et al., 1981; TIQUIA et al., 1998).

No Brasil, não há normativa específica para a análise de fitotoxicidade, ficando apenas a classificação do composto mediante o material de origem e a resposta físico-química e microbiológica (BRASIL, 2009). A FEPAM ainda não possui nenhum procedimento preconizado para avaliação de fitotoxicidade da aplicação de lodo na produção de olerícolas.

5. MATERIAIS E MÉTODOS

5.1. Delineamento experimental

O resumo do delineamento experimental pode ser observado na **Figura 1**:

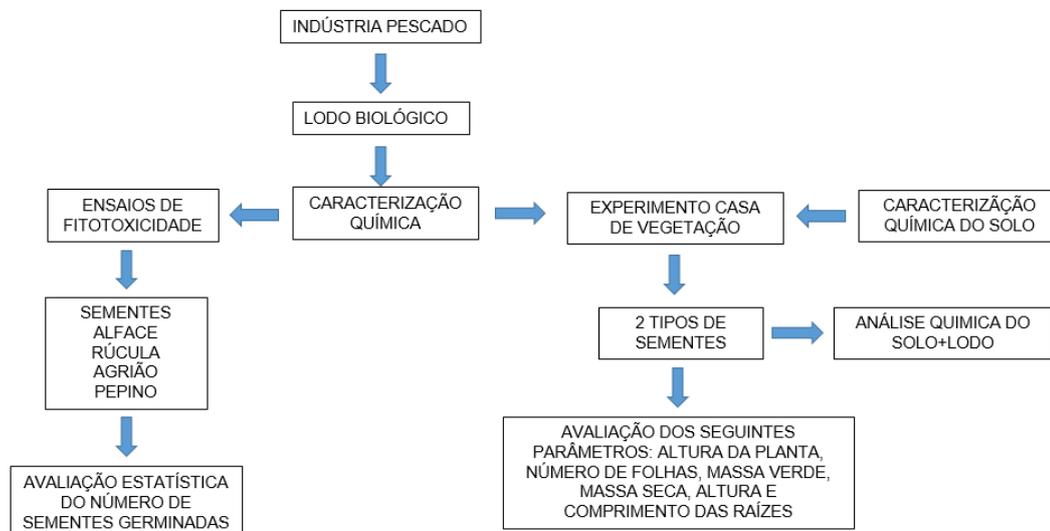


Figura 1: Delineamento experimental

5.2. Caracterização físico-química do lodo

As amostras de lodo da indústria de processamento de atum foram fornecidas na Estação de Tratamento de Efluentes – (ETE) de uma indústria de pescados, localizada na cidade Rio Grande – RS. O lodo da ETE foi coletado após o desaguamento em filtro-prensa.

Foram coletadas 20 amostras de lodo desaguado da ETE da indústria de pescados referente a um período de quatro meses. Essas amostras foram homogeneizadas e, partir dessas, foram retiradas quatro amostras de um quilo que foram enviadas para caracterização dos parâmetros: matéria orgânica, nitrogênio, fósforo total, potássio, pH, alumínio, cádmio, chumbo, cobre, cromo, ferro, manganês, zinco, sódio, cálcio, condutividade elétrica, magnésio e níquel. Os procedimentos de amostragem foram realizados conforme NBR 10007 (ABNT, 2004) e ROLAS (Rede Oficial de Laboratórios de Análise de Solo e de Tecido Vegetal dos Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina) (SBCS, 2016). A caracterização físico-química das mesmas foi segundo a metodologia recomendada em APHA (2012). Todas as análises foram realizadas em triplicata, totalizando 12 análises por parâmetro.

5.3. Ensaios de fitotoxicidade

Com as mesmas amostras do lodo da ETE, foram realizados os ensaios de fitotoxicidade em blocos casualizados, utilizando sementes comerciais da marca ISLA –

PAK, com validade até 2018: sementes de alface (*Lactuca sativa*), rúcula (*Eruca sativus*) e pepino (*Cucumis sativus*). A metodologia utilizada para a condução do bioensaio foi a preconizada por Zucconi et al. (1981), utilizando 10 sementes de cada espécie distribuídas uniformemente em placa de Petri de 9 mm, sobre papel filtro qualitativo com diâmetro de 11 mm e 14 µm de porosidade. Após a montagem das placas com as sementes, foram adicionados 5 mL do extrato aquoso da amostra de lodo.

O extrato aquoso foi preparado através de uma solução de 1:10 (lodo de ETE: água destilada) homogeneizado por uma hora com agitador mecânico e filtrado em papel filtro qualitativo, após período de 48 horas de incubação em estufa à 25°C. Paralelamente, foram feitas placas com outras sementes das mesmas espécies em presença de água destilada, servindo como controle. Transcorrido o tempo, foram analisados o número de sementes germinadas, o crescimento da radícula. Foram consideradas sementes germinadas aquelas que apresentaram radícula com comprimento superior ou igual a 1 mm (HINAMEN et al., 2012). Para determinação do comprimento das radículas foi utilizado paquímetro digital. Os ensaios foram realizados em triplicata, totalizando 40 análises e 400 sementes.

O índice de germinação (IG) foi calculado através das fórmulas propostas por TIQUIA et al. (1996):

$$IG (\%) = (\%SG \times \% CR) / 100$$

Onde: GS = percentual de sementes germinadas nas amostras em relação ao controle; e CR o percentual de crescimento de radicular nas amostras em relação ao controle.

Germinação de sementes (%)

$$GS = \frac{\text{Número de sementes germinadas no extrato} \times 100}{\text{Número de sementes germinadas no controle}}$$

Crescimento Radicular (%)

$$CR = \frac{\text{Média do comprimento radicular no extrato} \times 100}{\text{Média do comprimento radicular no controle}}$$

Os bioensaios de fitotoxicidade foram realizados no laboratório Núcleo de Educação, Pesquisa Extensão em Resíduos e Sustentabilidade – NEPERS da UFPEL.

5.4. Experimento em casa de vegetação

O experimento de casa de vegetação foi conduzido no período de 27 de junho a 3 de setembro de 2017, no *campus* Visconde da Graça, Instituto Federal Sul-rio-grandense

– IFSUL em vasos com capacidade de cinco litros preenchidos com o solo classificado como Planossolo Háplico eutrófico arênico – SXe, coletado na camada de 0-20 cm na Estação Experimental Terras Baixas da Embrapa Clima Temperado, no município do Capão do Leão, RS.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados com quatro repetições, com vasos com capacidade de volume de 5 litros (20 cm x 20 cm), em esquema fatorial de 4x3x2, conforme preconizado por VIEIRA et. al. (2011)

O solo utilizado foi caracterizado segundo os parâmetros matéria orgânica, nitrogênio, índice SMP, H+AL, fósforo total, potássio, pH, alumínio, cádmio, chumbo, cobre, cromo, ferro, manganês, zinco, sódio, cálcio, condutividade, magnésio e níquel. Os procedimentos de amostragem foram realizados conforme (SBCS, 2016) e a caracterização foram realizadas segundo a metodologia recomendada em APHA (2012). Os resultados médios são apresentados na Tabela 2, conforme pode ser observado nenhum dos parâmetros ultrapassa a Resolução CONAMA 420/2009.

Tabela 2: Resultados médios de caracterização do lodo em comparação com a Resolução CONAMA n° 420/2009

Parâmetro	Unidade	Amostra	Limites*
pH	-	5,0	-
Fósforo total	mg/Kg P	0,5	-
NTK	mg/Kg N	4,8	-
Condutividade	µS/cm	22,8	-
Matéria orgânica	mg/Kg KMnO ₄	35,0	-
Alumínio	mg/Kg Al	616,7	-
Cádmio	mg/Kg Cd	4,2	3,0
Cálcio	mg/Kg Ca	0,3	-
Chumbo	mg/Kg Pb	-	180,0
Cobre total	mg/Kg Cu	-	200,0
Cromo total	mg/Kg Cr	-	150,0,0
Zinco	mg/Kg Zn	70,3	450,0
Ferro total	mg/Kg Fe	373,3	-
Manganês	mg/Kg Mn	13,3	-
Níquel	mg/Kg Ni	22,6	70,0
Magnésio	mg/Kg Mg	0,2	-
Sódio	mg/Kg Na	11,3	-
Potássio	mg/Kg K	0,9	-

No experimento foram utilizados duas mudas de espécies. As espécies foram, selecionadas a partir dos resultados obtidos nos ensaios de fitotoxicidade, considerando as duas culturas folhosas, alface (*Lactuca sativa*) e rúcula (*Eruca sativus*). As mudas de cada espécie foram adquiridas em agropecuária de Pelotas. As plantas foram irrigadas com jarro a cada dois dias.

Foram realizados 4 tratamentos: T1 – Controle com calagem com calcário dolomítico (CD); T2 – CD + Lodo; T3 – CD + ureia (N) + superfosfato triplo (P) + KCl, T4 – lodo, totalizando 24 unidades (12 vasos por cada espécie). Os vasos foram dispostos em linhas triplas dentro da estufa com espaçamento de 0,30 m x 0,30 m entre vasos e 0,30 m entre linhas triplas.

As doses para suprir os macronutrientes N, P e K foram calculadas de acordo com a necessidade do planossolo e das culturas, utilizando as recomendações do Manual de adubação e calagem da Comissão de Química e Fertilidade do Solo/NRS (CQFS/NRS, 2016). As doses de calcário aplicadas foram baseadas no Índice SMP, buscando elevar o pH do solo para 6,0. A dose do lodo do tratamento T2 foi calculada após a determinação de N do resíduo, de acordo com a necessidade do planossolo e das culturas, utilizando as recomendações do Manual de Adubação e Calagem da Comissão de Química e Fertilidade do Solo/NRS (CQFS/NRS, 2016).

Na Tabela 3 estão apresentadas as quantidades de adubo e calcário utilizados nos experimentos para a alface e a rúcula:

Tabela 3: Quantidade de adubo e calcário por espécie.

	Rúcula	Alface
Ureia	1,0 g.L ⁻¹	1,0 g.L ⁻¹
Superfosfato triplo	1,3 g.L ⁻¹	1,3 g.L ⁻¹
Cloreto de potássio (KCl)	1,0 g.L ⁻¹	1,0 g.L ⁻¹
Calcário (PRNT= 60,39)	31,85 g.L ⁻¹	43,05 g.L ⁻¹

Para medir a temperatura e a umidade foi colocado junto ao experimento um termohigrômetro digital, a leitura foi realizada a cada dois dias e os dados foram colocados em planilha.

No dia da colheita das plantas, foram analisados os parâmetros comprimento da folha, número de folhas e comprimento das raízes, os outros parâmetros (massa verde da parte aérea da planta, massa seca da parte aérea da planta, massa seca da parte aérea da planta, massa verde da raiz da planta, massa seca da raiz da planta) foram realizados no laboratório NEPERS.

Comprimento da folha: avaliada em centímetros, mediante a tomada da medida entre o colo da planta e o ápice da folha de maior comprimento. A medição foi realizada individualmente no momento da colheita, com o auxílio de uma fita métrica.

Número médio de folhas: obtido mediante a contagem do número de folhas das plantas amostradas.

Massa verde da parte aérea da planta: a parte aérea foi cortada na região do colo, embalada em saco plástico e armazenada sob refrigeração até chegar ao laboratório para fazer a pesagem em balança analítica das amostras individuais.

Massa seca da parte aérea da planta: após chegar no laboratório a parte aérea foi cortada em pequenos pedaços e colocadas em béquer de 250 mL e submetida à secagem em estufa a 70°C, até peso constante, seguida por pesagem em balança analítica (0,001g).

Comprimento da raiz: avaliada em centímetros, mediante a tomada da medida entre o colo da planta e o ápice da raiz maior comprimento. A medição foi realizada individualmente no momento da colheita, com o auxílio de uma fita métrica.

Massa verde do sistema radicular/raiz da planta: a parte da raiz após separação da parte aérea foi embalada em saco plástico e armazenada sob refrigeração até chegar ao laboratório para fazer a pesagem das amostras.

Massa seca da parte aérea da planta: após chegar no laboratório a raiz foi colocada em placas de petri e submetida à secagem em estufa a 70°C, até peso constante, seguida por pesagem em balança analítica (0,001g).

Após a colheita, os solos foram analisados quimicamente conforme EMBRAPA (2009).

5.5. Análise estatística

Os dados foram avaliados quanto a normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk. Os dados não paramétricos (cádmio, cromo) foram transformados e analisados conjuntamente com os dados paramétricos. Para a análise da variância foi utilizado o teste de comparação de médias pelo teste de Tukey. Para todas as análises foi adotado o nível de significância de 95% ($p < 0,05$).

5.6. Processo industrial da indústria de pescado

O fluxograma do processo produtivo da indústria de pescado com os pontos de geração de efluentes é apresentado nas Figuras 2, 3 e 4.

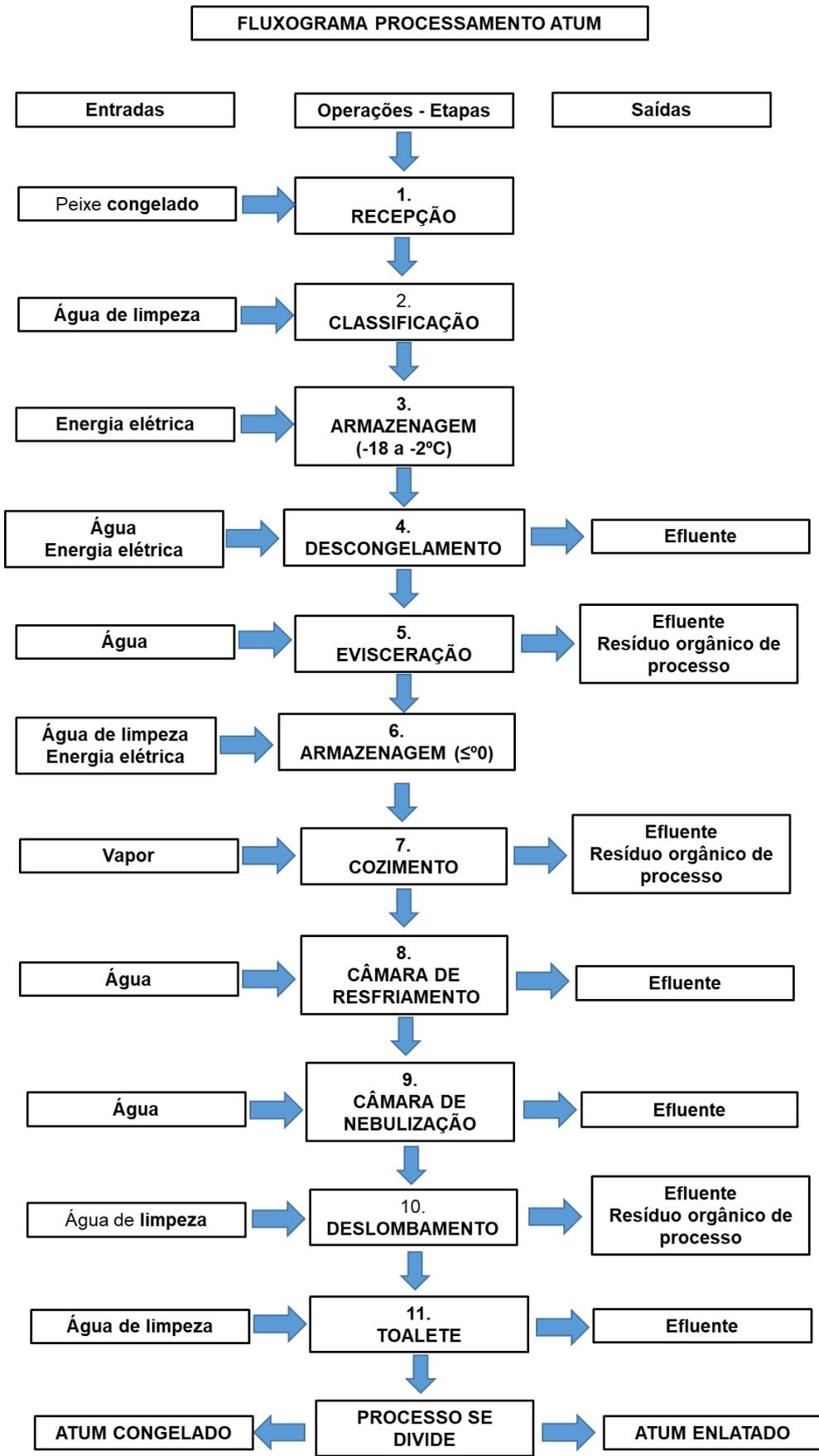


Figura 2: Fluxograma processamento atum.

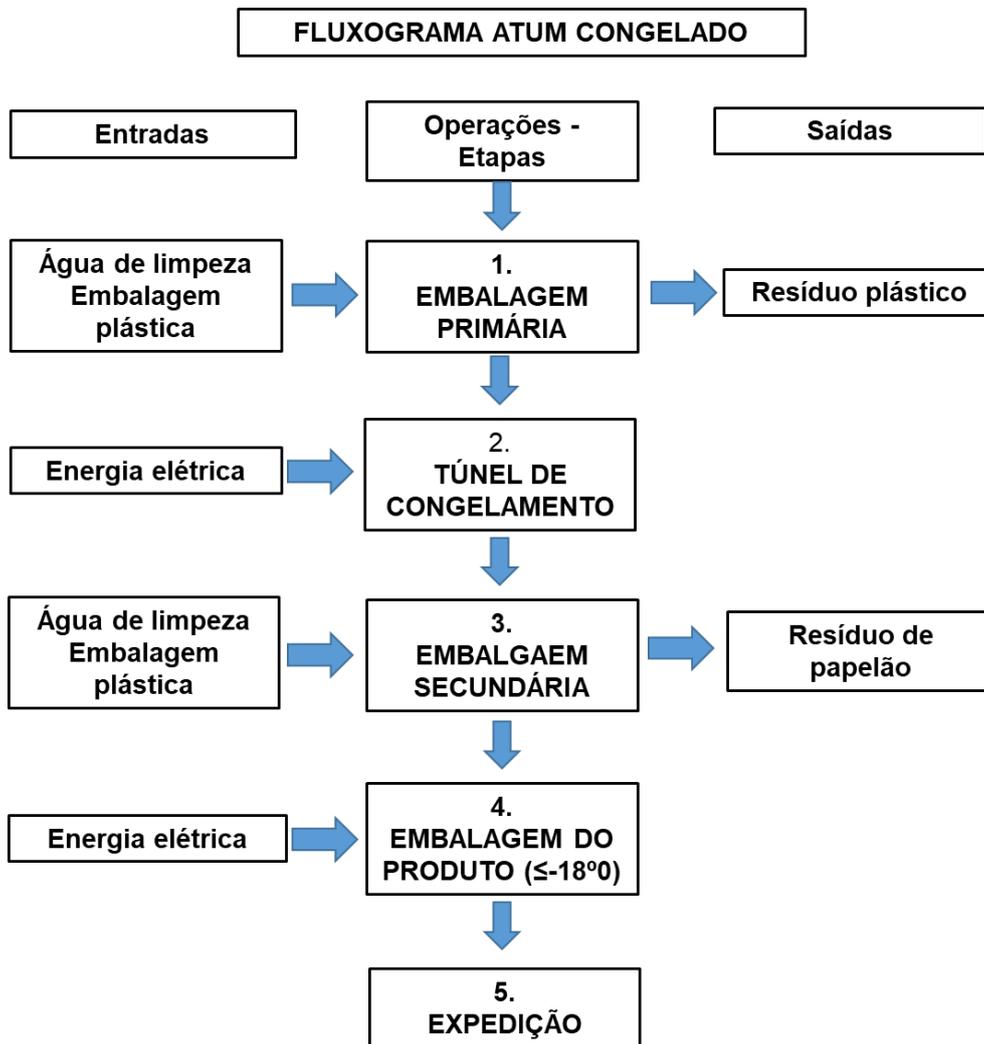


Figura 3: Fluxograma atum congelado.

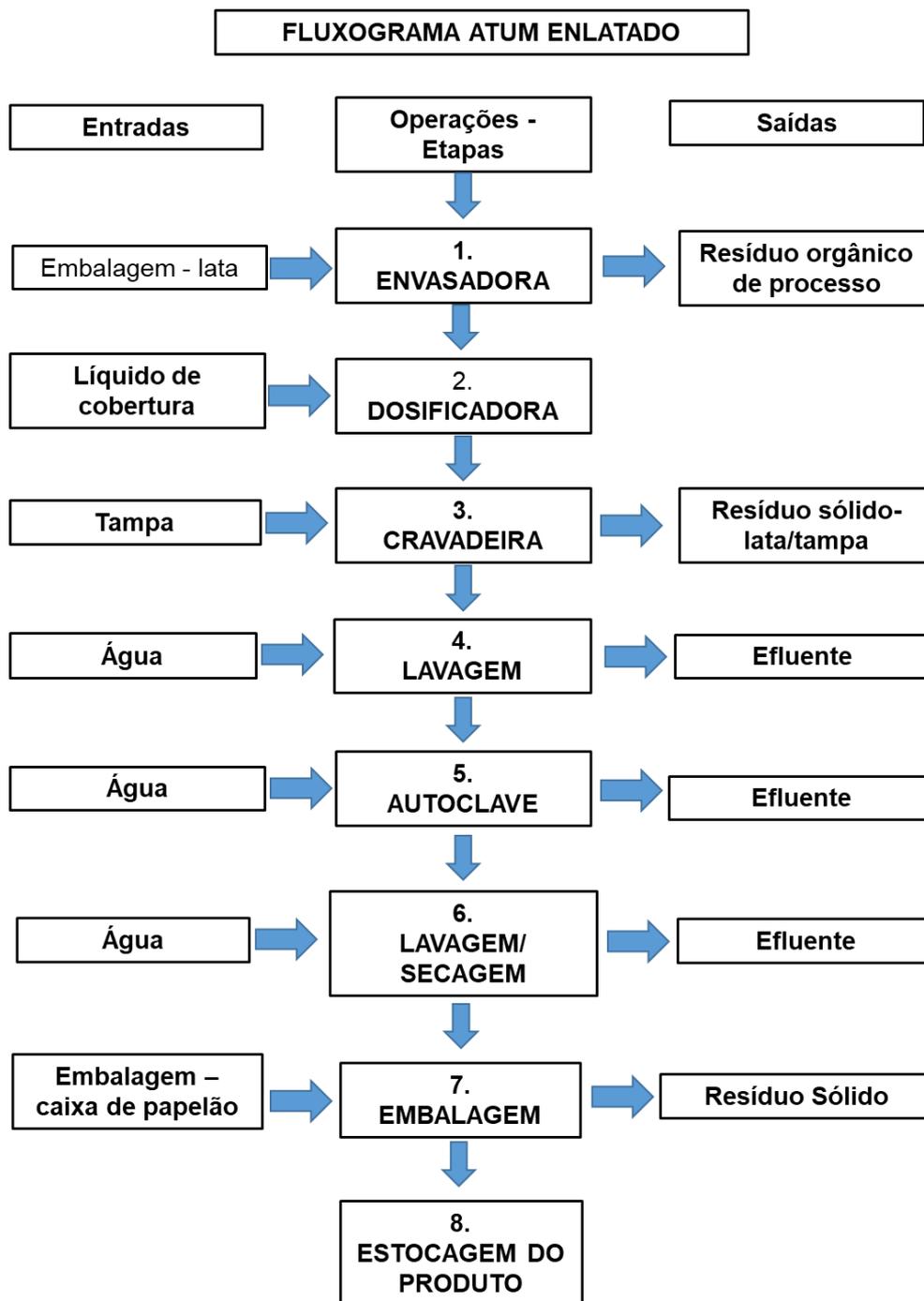


Figura 4: Fluxograma atum enlatado.

5.7. Estação de tratamento de efluentes – ETE de pescado

O sistema de tratamento de efluentes existente na agroindústria de pescado é constituído por tanque de bombeamento, peneira estática, tanque de resíduo, tanque de equalização, flotador por ar dissolvido, reator aeróbio, flotodecantador e calha Parshall. O fluxograma da Estação de Tratamento de Efluentes é apresentado na **Figura 5**.

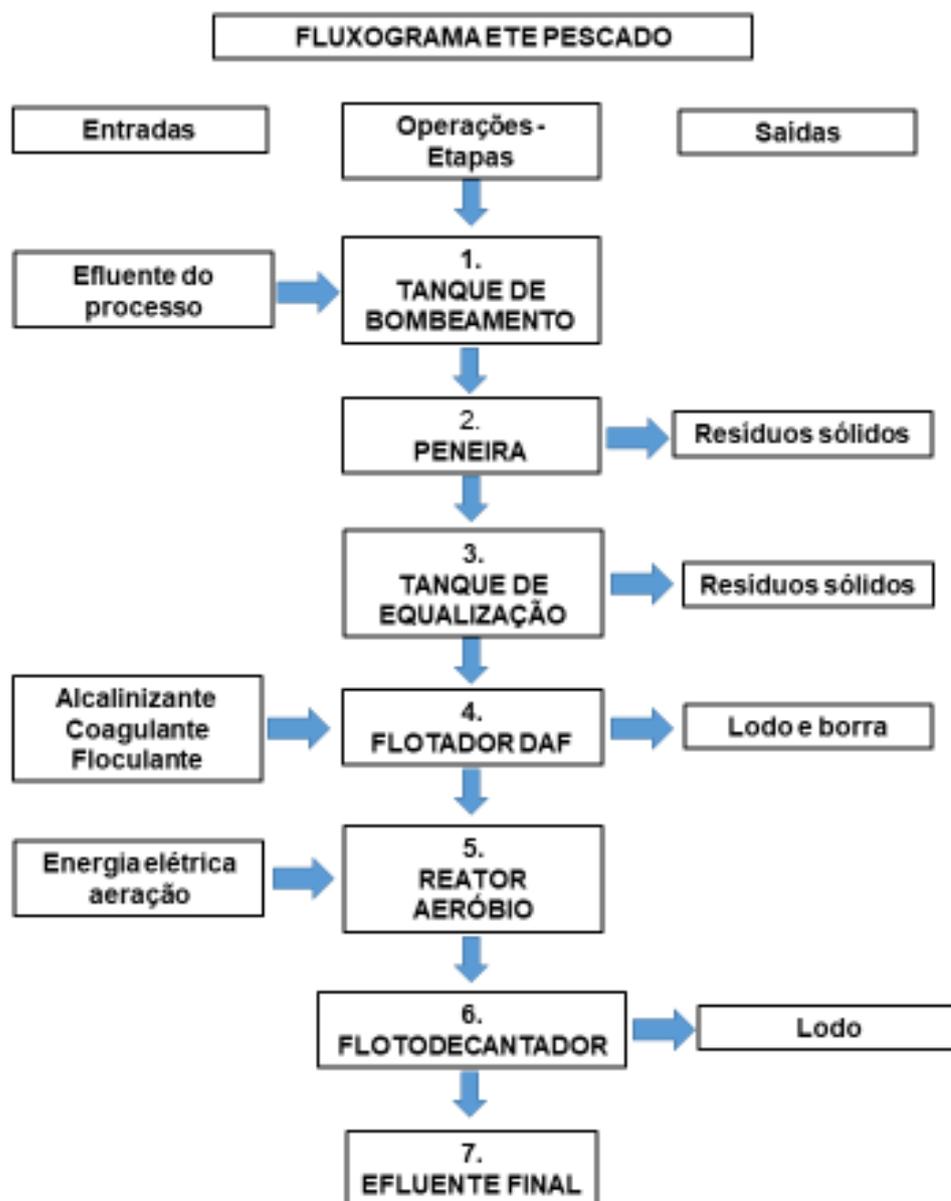


Figura 5: Fluxograma ETE.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1. Lodo de pescado

6.1.1. Caracterização físico-química

Na Tabela 4 estão apresentados os resultados médios obtidos na caracterização do lodo gerado na indústria de pescado, em comparação com a Resolução CONAMA 420/2009 referente aos limites máximos estabelecidos para aplicação ao solo.

Tabela 4: Resultados médios de caracterização do lodo em comparação com a Resolução CONAMA nº 420/2009

Parâmetro	Unidade	Amostra	Limites*
pH	-	7,15	-
Fósforo total	mg/Kg P	2,06	-
NTK	mg/Kg N	51,48	-
Condutividade	µS/cm	1.255,92	-
Matéria orgânica	mg/Kg KMnO ₄	540,99	-
Alumínio	mg/Kg Al	1,63	-
Cádmio	mg/Kg Cd	0,01	3,0
Cálcio	mg/Kg Ca	28,75	-
Chumbo	mg/Kg Pb	0,00	180,0
Cobre total	mg/Kg Cu	0,28	200,0
Cromo total	mg/Kg Cr	40,93	150,0,0
Zinco	mg/Kg Zn	0,89	450,0
Ferro total	mg/Kg Fr	0,38	-
Manganês	mg/Kg Mn	0,02	-
Níquel	mg/Kg Ni	0,06	70,0
Magnésio	mg/Kg Mg	18,42	-
Sódio	mg/Kg Na	0,12	-
Potássio	mg/Kg K	22,13	-

- Limites baseados na Resolução CONAMA nº 420/2009, para a classe Agrícola

Conforme pode ser verificado nos resultados médios, nenhum dos parâmetros estão acima no preconizado na Resolução CONAMA 420/2009 para aplicação ao solo, para a Classe Agrícola.

6.1.2. Ensaio de fitotoxicidade

Simultaneamente com a caracterização físico-química, foram realizados os ensaios de fitotoxicidade com a mesma amostra de lodo, cujos resultados do comprimento médio das raízes (CR), número de sementes germinadas (SG) e o índice de germinação (IG) das sementes de alface são apresentados na **Tabela 5**.

Tabela 5: Resultados do teste de fitotoxicidade para sementes de alface utilizando lodo de pescado (n= 200 sementes por tratamento)

Tratamento	Resultados (%)		
	CR	GS	IG
Controle (água destilada)	100,0 ^B	100,0 ^A	100,0 ^B

Lodo 335,42± 32,55^A 111,68± 15,31^A 302,34± 69,28^A

* resultados expressos em média ± erro padrão; ** Letras diferentes nas colunas indicam diferença significativa entre os tratamentos (p <0,05); *** CR crescimento de raízes, GS: número de sementes germinadas, IG: índice de germinação de alface

Segundo o critério sugerido por Tiquia e Tam (1998), as amostras que apresentarem IG menor que 80% podem ser consideradas como fitotóxicas às sementes avaliadas. Pode-se verificar na **Tabela 5** que o lodo não apresentou toxicidade às sementes de alface.

Com relação ao número de sementes germinadas e o crescimento das raízes, houve diferença estatística, o lodo apresentou melhores resultados em relação ao controle.

Valores de IG superiores a 100% indicam a presença de nutrientes ou de substâncias promotoras da germinação (DOCEAN et al., 2013; GALLEGOS et al., 2015).

Mesmo que o lodo de pescado não tenha sido processado por compostagem antes do teste de fitotoxicidade, ele não apresentou toxicidade. Resultado contrário ao encontrado por Delgado et al. (2010), que estudaram a fitotoxicidade de chorume de aves processado e não processado por compostagem, e concluíram que a compostagem reduz a fitotoxicidade do chorume, uma vez que o chorume não processado apresentou elevados níveis de fitotoxicidade, resultado que sugerem estar relacionado com concentrações elevadas de íons amônio e sais solúveis.

Segundo Spiassi et al. (2015), a utilização de biofertilizantes com alta condutividade elétrica influencia negativamente a porcentagem de germinação das sementes de alface.

Rosa et al (2007a e 2007b) observaram que o extrato de lodo têxtil a partir da concentração de 50%, inibiu a germinação de sementes de *Eruca sativa* L. e *Brassica oleraceae* L, respectivamente, os autores atribuíram o efeito observado à presença de compostos orgânicos tóxicos e altas concentrações de Al e Fe.

Na Tabela 6 são apresentados os resultados obtidos com semente de pepino, considerando o crescimento de raízes (CR), números de sementes germinadas (GS) e o índice de germinação (IG):

Tabela 6: Resultados do teste de fitotoxicidade para sementes de pepino utilizando lodo de pescado (n= 200 sementes por tratamento)

Tratamento	Resultados (%)		
	CR	GS	IG
Controle (água destilada)	100,0 ^B	100,0 ^A	100,0 ^B
Lodo	199,42± 20,36 ^A	91,313±1,63 ^B	208,31± 24,28 ^A

* resultados expressos em média ± erro padrão; ** Letras diferentes entre colunas indicam diferença significativa entre os tratamentos (p <0,05); *** CR: crescimento de raízes; GS: número de sementes germinadas; IG: índice de germinação de pepino;

Pode-se verificar na Tabela 6 que o lodo não apresentou toxicidade as sementes de pepino considerando o IG ($p > 0,05$), e estimulou o desenvolvimento das sementes.

Com relação ao número de sementes germinadas, houve diferença estatística entre o controle e o lodo. O controle apresentou melhores resultados que o lodo. Com relação ao crescimento das raízes, houve diferença estatística, sendo que o lodo mostrou melhores resultados em relação ao controle. Com relação ao IG, houve diferença estatística, sendo que o lodo apresentou melhores resultados que o controle.

Mendes et al. (2016) encontraram fitotoxicidade para a alface e o pepino. O índice de germinação foi reduzido com o aumento da cama de aviário, considerando ($p < 0,05$).

Fonseca (2017) avaliou o lodo de pescado e todas as amostras analisadas apresentaram índice de germinação abaixo de 60%, caracterizando o composto como fitotóxico e, conseqüentemente, com maturação incompleta, impossibilitando sua aplicação ao solo. Ao contrário do que encontrado por Gerber (2017), que encontrou fitotoxicidade tanto no efluente bruto como no tratado de parboilização de arroz para os parâmetros CR e IG.

Na Tabela 7 são apresentados os resultados obtidos com semente de rúcula, considerando o crescimento de raízes (CR), números de sementes germinadas (GS) e o índice de germinação (IG):

Tabela 7: Resultados do teste de fitotoxicidade para sementes de rúcula utilizando lodo de pescado (n= 200 sementes por tratamento)

Tratamento	Resultados (%)		
	CR	GS	IG
Controle (água destilada)	100,0 ^B	100,0 ^A	100,0 ^B
Lodo	151,17± 8,49 ^A	100,83±3,33 ^A	172,50± 11,62 ^A

* resultados expressos em média ± erro padrão; ** Letras diferentes entre colunas indicam diferença significativa entre os tratamentos ($p < 0,05$); *** CR: crescimento de raízes; GS: número de sementes germinadas; IG: índice de germinação de pepino;

Pode-se verificar na Tabela 7 que o lodo não apresentou toxicidade para as sementes de rúcula considerando o IG ($p > 0,05$), mas houve diferença estatística. O lodo apresentou melhor resultado que em relação ao controle. Em relação ao número de sementes germinadas, não houve diferença estatística entre o controle e o lodo. Já em relação ao crescimento das raízes o lodo apresentou melhores resultados que em relação ao controle.

Os resultados obtidos por Oleszczuk et al. (2015) mostraram que as sementes de *Sinapsis alba* (mostarda-branca) apresentaram inibição da germinação de 60% em solo arenoso tratado com lodo de esgoto.

Gerra (2009) avaliou a toxicidade do extrato do lodo ou chorume gerado em um reator biológico pelo tratamento da água de produção do petróleo, utilizou como organismos teste sementes de *Cucumis sativus* (pepino), *Lepidium sativum* (agrião), *Brassica oleracea* (couve) e *Eruca sativa* (rúcula) e foi observado efeito tóxico nas amostras para todos os organismos e as espécies *C. sativus* e *B. verna* apresentaram uma maior sensibilidade a qual foi atribuída ao baixo potencial osmótico e toxicidade de íons presentes em alta concentração.

Objetivando detectar os prováveis causadores de toxicidade ou promotores de crescimento, foi realizada a análise de correlação por Pearson. Na **Tabela 8** são apresentadas as correlações entre os parâmetros físico-químicos do lodo e de fitotoxicidade para as sementes de alface.

Tabela 8: Correlação de Pearson entre os parâmetros físico-químicos do lodo de pescado de fitotoxicidade para sementes de alface ($p < 0,05$)

Parâmetros	Lodo		
	CR	GS	IG
pH			0,8022
Alumínio		-0,7823	
Cálcio		-0,6109	
Cromo	-0,5860		
Sódio	0,0428		
Potássio	0,6268		

* CR: crescimento de raízes; GS: número de sementes germinada IG; índice de germinação de alface

O lodo, apesar de não ter conferido fitotoxicidade às sementes de alface (Tabela 4), apresentou correlação negativa ($p < 0,05$) entre a concentração de cromo e o crescimento das raízes e entre o alumínio e o cálcio com o número de sementes germinadas. Foi encontrada correlação positiva ($p < 0,05$) entre o IG com o pH e do sódio e potássio com o crescimento das raízes. A faixa ideal de pH para a germinação de sementes de alface é de 6,0 , segundo a Environmental Canada (2005), e o pH do lodo foi em média de 7,15.

Segundo Panda e Choudhury (2005), o Cr é tóxico para as plantas (sendo Cr^{6+} mais fitotóxico) e não desempenha qualquer papel em seu metabolismo, além disso a fitotoxicidade do Cr pode resultar em inibição da germinação de sementes, balanço nutricional, enzimas antioxidantes, induzir estresse oxidativo, reduzir a taxa de crescimento das plantas, causar danos celulares e redução de crescimento nas raízes.

No caso de aplicação de resíduos sódicos em solo, as alterações ocorrerem principalmente na camada superficial, podendo ocorrer selamento e consequentes

processos erosivos, reduzindo a infiltração de água e aeração (RAIJ, 1991; ALBURQUEQUE et al., 2012; FREIRE et al., 2003; MEDEIROS et al., 2009). A desestruturação do solo pode afetar o desenvolvimento radicular, além de dificultar ou impedir a emergência das plântulas (período crítico de desenvolvimento) pela superfície do solo (BISSANI et al., 2008).

Além disso, a redução do desenvolvimento das plantas também é influenciada por toxicidade e pressão osmótica, podendo causar desordem nutricional, modificações morfológicas, redução na disponibilidade hídrica (seca fisiológica) evapotranspiração (VIANA et al. 2004; BISSANI et al., 2008).

O acúmulo de Al^{3+} em plantas sensíveis é mais intenso nas raízes. Lesões radiculares provocadas pela toxicidade desse elemento podem causar desorganização das estruturas e das funções das membranas, paralisação da síntese de DNA e das mitoses, enrijecimento das paredes celulares, redução no alongamento celular e distúrbios na assimilação e no metabolismo mineral nos ápices das raízes (TICE et al., 1992).

Segundo Kochian et al. (2004), o principal e primeiro efeito do Al nos vegetais é na diminuição do crescimento radicular, inibindo o alongamento e a expansão celular e posteriormente à divisão celular. Tal consequência do Al pode ser causado pelo acúmulo de lignina nas raízes, enrijecendo as paredes celulares e impedindo o alongamento da raiz (PEIXOTO et al., 2007).

Segundo Bansal et al. (1980), a presença de sais na germinação, principalmente no início da embebição, influenciam a absorção de água, podendo inviabilizar a sequência de eventos relacionado ao processo germinativo das sementes. Para Adegbuyi et al. (1981), os sais provocam estresse hídrico, o qual geralmente atua diminuindo a velocidade e a porcentagem de germinação das sementes.

Porém, convém salientar que a concentração desses parâmetros no lodo é inferior ao limite estabelecido para aplicação ao solo pela CONAMA n°420/2009.

Na Tabela 9 são apresentadas as correlações entre os parâmetros físico-químicos do lodo e de fitotoxicidade para as sementes de pepino.

Tabela 9: Correlação de Pearson entre os parâmetros físico-químicos do lodo de pescado de fitotoxicidade para sementes de pepino ($p < 0,05$)

Parâmetros	Lodo		
	CR	GS	IG
pH		-0,6714	
NTK		-0,7003	
Níquel		-0,6082	

* CR: crescimento de raízes; SG: número de sementes germinadas; IG: índice de germinação de pepino

Conforme pode ser observado na Tabela 8, foi encontrada correlação negativa ($p < 0,05$) entre o GS e os parâmetros pH, NTK e níquel.

A análise de NTK mensura duas formas de nitrogênio, orgânico e amoniacal, e que a análise de nitrogênio orgânico não está disponível imediatamente para absorção, a ação fitotóxica observada pode estar associada à concentração de N-amoniacal, mais facilmente absorvível, conforme já registrado por Tiquia e Tam (2000) e Bueno et al. (2008).

Tabela 10: Correlação de Pearson entre os parâmetros físico-químicos do lodo de pescado de fitotoxicidade para sementes de rúcula ($p < 0,05$)

Parâmetros	Lodo		
	CR	GS	IG
pH		0,5844	
Fósforo	-0,5702	-0,7191	
NTK		0,6102	
Condutividade	-0,6200		-0,6084

* CR: crescimento de raízes; GS: número de sementes germinada; IG: índice de germinação de rúcula;

Em relação a rúcula, foi encontrada correlação negativa ($p < 0,05$) entre fósforo, condutividade para o crescimento das sementes e fósforo para sementes germinadas e condutividade para o índice de germinação. A condutividade elétrica reflete o grau de salinidade, que pode indicar possíveis efeitos fitotóxicos na germinação e crescimento das plantas (GAO et al., 2010; GÓMES-BRANDÓN et al., 2008), tendo um efeito determinante principalmente no estágio de germinação (HOEKSTRA et al., 2002).

Foi encontrada correlação positiva ($p < 0,05$) entre o pH e o NTK para sementes germinadas.

Segundo Steiner et al. (2011), a rúcula é uma hortaliça folhosa, o suprimento de nitrogênio é extremamente importante para o sucesso da cultura, devendo-se ter informações específicas e claras sobre a melhor dose de nitrogênio a ser utilizada, em função do seu ciclo curto (GRANGEIRO et al., 2011). Ainda, segundo Grangeiro et al. (2011), o nitrogênio é o segundo nutriente mais acumulado pela rúcula.

Barbosa (2011) utilizou a cama de frango na produção de rúcula e rabanete utilizando cinco doses de cama de frango (0, 10, 20, 30 e 40 ton.ha⁻¹) com auxílio de adubo químico. Com os resultados foi considerado que à medida que foi aumentando as doses de cama de frango aumentou a produtividade comercial, não havendo diferença significativa entre usar ou não o adubo químico. O autor conclui que a cama de frango é uma excelente

fonte de nutrientes, especialmente N, e quando manejado adequadamente, pode suprir parcialmente ou totalmente o fertilizante químico na produção de rúcula e rabanete.

6.2. Experimento em casa de vegetação

A colheita da alface e da rúcula foi realizada em um único dia, mas em datas diferentes, as plantas foram cortadas ao nível do solo, abaixo das folhas basais, e procedendo-se as avaliações de altura das plantas, número médio de folhas, matéria fresca, matéria seca, a metodologia de coleta foi realizada segundo Tedesco et al. (1995).

A temperatura média da estufa durante o experimento foi de 23,9°C e a umidade ficou em média de 46,2% com um termo-higrômetro digital.

6.2.1. Alface

A colheita da alface foi realizada aos 67 dias após o transplante as mudas, durante o período do máximo desenvolvimento vegetativo.

Após a colheita, os substratos foram analisados quimicamente conforme EMBRAPA (2009).

Os resultados encontrados foram comparados com o limite permitido da Resolução CONAMA n° 420/09, que estabeleceu padrões para aplicação ao solo, para a Classe para fins agrícolas.

Tabela 11: Resultados médios do substrato+lodo em cada tratamento após experimento de casa de vegetação.

Parâmetro	Unidade	Tratamento	Tratamento	Tratamento	Tratamento	Limites*
		1	2	3	4	
pH	-	7,18	6,69	7,09	6,47	-
Fósforo total	mg/Kg P	0,34	0,44	0,39	0,38	-
NTK	mg/Kg N	34,85	46,53	36,67	45,00	-
Condutividade	µS/cm	115,03	152,82	225,43	288,30	-
Matéria orgânica	mg/Kg KMnO ₄	58,52	40,68	28,23	59,10	-
Alumínio	mg/Kg Al	0,00	0,00	0,00	0,00	-
Cádmio	mg/Kg Cd	0,00	0,00	0,00	0,00	3,0
Cálcio	mg/Kg Ca	38,50	57,15	31,50	46,00	-
Cobre total	mg/Kg Cu	0,00	0,00	0,00	0,00	200,0
Cromo total	mg/Kg Cr	0,07	0,13	0,03	0,14	150,0,0
Zinco	mg/Kg Zn	0,00	0,00	0,00	0,00	450,0
Ferro total	mg/Kg Fe	0,00	0,00	0,00	0,00	-
Manganês	mg/Kg Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	-
Níquel	mg/Kg Ni	0,00	0,00	0,00	0,00	70,0
Magnésio	mg/Kg Mg	27,32	30,50	17,17	31,00	-

Sódio	mg/Kg Na	12,48	12,50	12,83	10,00	-
Potássio	mg/Kg K	1,46	1,20	1,28	1,00	-

- Limites baseados na Resolução CONAMA n° 420/2009, para a classe Agrícola

Conforme pode ser verificado nos resultados médios, nenhum dos parâmetros estão acima no preconizado na Resolução CONAMA 420/2009 para aplicação ao solo, para a Classe Agrícola.

No experimento da casa de vegetação, ocorreu a morte de duas plantas em vasos diferentes logo após o transplante das mudas no tratamento 3 (CD + ureia (N) + superfosfato triplo (P) + KCl), e foi considerado somente uma planta para fazer a estatística.

Os resultados obtidos quanto ao número de folhas, comprimento da folha, massa verde e massa seca da folha, da alface em relação aos quatro tratamentos, não houve diferença estatísticas entre eles, considerando ($p < 0,05$).

Houve diferença estatísticas somente na altura da raiz, onde o tratamento 1 difere estatisticamente do 4, mas não dos tratamentos 2 e 3, considerando ($p < 0,05$), conforme pode ser observado na **Tabela 12**.

Segundo Oliveira et al. (2010), as hortaliças folhosas respondem muito bem à adubação orgânica e a utilização de adubos minerais promove uma redução na atividade biológica do solo podendo afetar o desempenho produtivo das culturas.

Os nutrientes presentes em adubos orgânicos, principalmente o nitrogênio e o fósforo, possuem uma liberação mais lenta quando comparados com adubos minerais, pois depende da mineralização da matéria orgânica, proporcionando disponibilidade ao longo do tempo, o que muitas vezes favorece um melhor aproveitamento (RAIJ et al., 1997).

A nutrição equilibrada das plantas, inclusive as olerícolas, pode influenciar no desenvolvimento vegetal e na qualidade da produção obtida (MOTA et al., 2008; CAVALCANTE et al., 2010).

Tabela 12: Resultados número de folhas, altura raiz, massa verde e seca raiz alface

Tratamento	Nº folhas	Comprimento raiz	Massa verde	Massa seca
1	49,33 ± 5,47 A	25,83 ± 6,05 A	24,05 ± 5,69 A	6,02 ± 1,93 A
2	38,83 ± 9,15 A	18,00 ± 7,09 AB	19,59 ± 8,75 A	4,11 ± 2,68 A
3	48,00 ± 12,36 A	20,50 ± 11,73 AB	17,74 ± 14,03A	3,85 ± 4,04 A
4	40,17 ± 5,15 A	11,00 ± 2,90 B	14,73 ± 3,75 A	2,71 ± 0,97 A

* resultados expressos em média ± erro padrão; ** Letras diferentes entre colunas indicam diferença significativa entre os tratamentos ($p < 0,05$); *** Nº de folhas, altura da raiz, massa verde, massa seca.

Na **Tabela 13** são apresentados os resultados da comparação de Spearman da Alface com os parâmetros físico-químicos, solo e lodo:

Tabela 13: Correlação de Spearman da alface entre os parâmetros físico-químicos, solo e lodo

Parâmetro	Comprimento raiz	Massa verde raiz	Massa seca raiz
Condutividade	-0,4582	-0,5293	-0,5502
Alumínio	-0,5989		
Cádmio	-0,6259		

Foi encontrada correlação negativa da condutividade para comprimento da raiz, massa verde e massa seca da raiz. Os tratamentos 1, 2 e 3, não apresentaram diferença significativa para este parâmetro, diferindo apenas no tratamento 4, considerando ($p > 0,05$). A condutividade elétrica reflete o grau de salinidade, que pode indiciar possíveis efeitos fitotóxicos na germinação e crescimento das plantas (GAO et al., 2010^a; GÓMES-BRANDÓN et al., 2008).

O alumínio apresentou correlação negativa em relação ao comprimento da raiz. Os tratamentos 1, 2 e 3, não apresentaram diferença significativa para este parâmetro, diferindo do tratamento 4, considerando ($p > 0,05$). O acúmulo de Al^{3+} em plantas sensíveis é mais intenso nas raízes. Lesões radiculares provocadas pela toxicidade desse elemento podem causar desorganização das estruturas e das funções das membranas, paralisação da síntese de DNA e das mitoses, enrijecimento das paredes celulares, redução no alongamento celular e distúrbios na assimilação e no metabolismo mineral nos ápices das raízes (TICE et al., 1992).

Conforme Kochian et al. (2004), o principal e primeiro efeito do Al nos vegetais é na diminuição do crescimento radicular, inibindo o alongamento e a expansão celular e posteriormente a divisão celular. Tal consequência do Al pode ser causado pelo acúmulo de lignina nas raízes, enrijecendo as paredes celulares e impedindo o alongamento da raiz (PEIXOTO et al., 2007).

O cádmio, apresentou correlação negativa com relação à altura da raiz. Os tratamentos não apresentaram diferença de estatística entre si, considerando ($p > 0,05$). De acordo com Gratão et al. (2005), o cádmio não é um elemento essencial ao metabolismo das plantas, sendo assim, é tóxico até mesmo em concentrações diminutas. É facilmente absorvido pelas plantas, tanto pelas raízes como sistema foliar, resultando em sintomas de toxicidade, como clorose, murchamento, redução de crescimento e morte celular (GILL et. al., 2013 e GUIMARÃES et al., 2008). Segundo Pinto (2011), o cádmio, um dos metais mais

perigosos, apresenta um elevado potencial de bioacumulação devido à sua semelhança com elementos zinco, cálcio, magnésio e potássio (PINTO, 2011).

6.2.2. Rúcula

A colheita da rúcula foi realizada aos 54 dias após o transplante as mudas, durante o período do máximo desenvolvimento vegetativo.

Após a colheita, os substratos foram analisados quimicamente conforme EMBRAPA (2009).

Os resultados encontrados foram comparados com o limite permitido da Resolução CONAMA n° 420/09, que estabeleceu padrões para aplicação ao solo, para a Classe para fins agrícolas.

Tabela 14: Resultados médios do substrato+lodo em cada tratamento da rúcula após experimento de casa de vegetação.

Parâmetro	Unidade	Tratamento	Tratamento	Tratamento	Tratamento	Limites*
		1	2	3	4	
pH	-	7,83	7,62	7,09	6,54	-
Fósforo total	mg/Kg P	0,067	0,49	0,13	0,36	-
NTK	mg/Kg N	3,77	5,53	2,70	21,50	-
Condutividade	µS/cm	150,47	445,50	393,33	153,53	-
Matéria orgânica	mg/Kg KMnO ₄	38,58	22,40	31,50	62,33	-
Alumínio	mg/Kg Al	0,00	0,00	0,00	0,00	-
Cádmio	mg/Kg Cd	0,00	0,00	-	-	3,0
Cálcio	mg/Kg Ca	11,02	73,0	50,00	98,67	-
Cobre total	mg/Kg Cu	-	0,00	-	0,00	200,0
Cromo total	mg/Kg Cr	0,006	0,01	0,01	0,01	150,0,0
Zinco	mg/Kg Zn	0,044	0,00	0,00	0,00	450,0
Ferro total	mg/Kg Fe	0,120	0,00	0,00	0,00	-
Manganês	mg/Kg Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	-
Níquel	mg/Kg Ni	0,00	0,00	0,00	0,00	70,0
Magnésio	mg/Kg Mg	17,82	3,89	7,51	27,33	-
Sódio	mg/Kg Na	10,67	11,00	11,50	11,17	-
Potássio	mg/Kg K	1,03	1,18	1,23	1,08	-

- Limites baseados na Resolução CONAMA n° 420/2009, para a classe Agrícola

Conforme pode ser verificado nos resultados médios, nenhum dos parâmetros estão acima no preconizado na Resolução CONAMA 420/2009 para aplicação ao solo, para a Classe Agrícola.

No experimento da casa de vegetação ocorreu a morte de 1 planta ao decorrer do crescimento no tratamento 3 (CD + ureia (N) + superfosfato triplo (P) + KCl), e foi considerado somente uma planta para fazer a estatística.

Nos resultados obtidos quanto ao número de folhas, altura, massa verde e massa seca da folha da rúcula com relação aos quatro tratamentos, houve diferença estatísticas entre eles, considerando ($p < 0,05$).

No tratamento 1, a rúcula apresentou folhas menores, massa verde e massa seca, destacando a baixa fertilidade do solo em relação aos outros tratamentos 2 e 4. Já em relação ao tratamento 3 não houve diferença estatística, sugerindo que houve falta de nutrientes no tratamento. Além disso, foi observado nos tratamentos 1 e 3, a coloração avermelhada das folhas, segundo MALAVOLTA et al. (1997), é indicativo de deficiência de três minerais: magnésio, enxofre e boro.

Em relação ao comprimento da folha e massa verde, ambos apresentaram melhores resultados nos tratamentos 2 e 4 onde possuía lodo.

Em relação a massa seca, o que apresentou melhor resultado foi o tratamento 2, seguido do tratamento 4, que pode ser justificado pelo uso do lodo.

Segundo Souza et al. (2011), a baixa disponibilidade de N no solo pode casar uma desordem nutricional causando nas plantas um tamanho reduzido, pecíolos curtos e com cor púrpura.

Segundo Nascimento et al. (2017), o N quando mantido em teores adequados estimula o crescimento vegetativo e expande a área fotossinteticamente ativa, além de proporcionar folhas com coloração mais atrativas e suculentas.

Tabela 15: Resultados número de folhas, comprimento da folha, massa verde e seca folha rúcula

Tratamento	Nº folhas	Comprimento folha	Massa verde	Massa seca
1	5,33 ± 1,75 B	9,93 ± 1,60 B	3,49 ± 1,50 B	0,64 ± ,019 C
2	28,83 ± 9,50 A	22,92 ± 1,96 A	61,67 ± 8,58 A	6,35 ± 1,18 A
3	24,80 ± 12,93 A	11,62 ± 2,12 B	13,94 ± 6,59 B	1,49 ± 1,18 BC
4	21,50 ± 10,71 A	18,32 ± 4,79 A	40,58 ± 27,17 A	3,25 ± 2,13 B

*resultados expressos em média ± erro padrão; ** Letras diferentes entre colunas indicam diferença significativa entre os tratamentos ($p < 0,05$); *** Nº de folhas, comprimento da folha, massa verde, massa seca.

Nos resultados obtidos quanto ao número de folhas, comprimento da folha, massa verde e massa seca da raiz, da rúcula em relação aos quatro tratamentos, houve diferença estatísticas entre eles, considerando ($p < 0,05$).

Em relação ao número de folhas, os tratamentos 2, 3 e 4 não apresentaram diferença estatística, diferindo do tratamento 1, considerando ($p < 0,05$). O que pode ter ocorrido pela falta de nutrientes por ser o tratamento branco.

Em relação ao comprimento da raiz, os tratamentos 1 e 3 não apresentaram diferença estatística, diferindo estatisticamente dos tratamentos 2 e 4, considerando ($p < 0,05$).

Em relação a massa verde, não houve diferença estatísticas entre os tratamentos.

Na massa seca, os tratamentos 1, 3 e 4 não apresentaram diferença estatística, diferindo estatisticamente dos tratamentos 2, considerando ($p < 0,05$).

Tabela 16: Resultados número de folhas, comprimento da raiz, massa verde e seca raiz rúcula

Tratamento	Nº folhas	Comprimento raiz	Massa verde	Massa seca
1	5,33 ± 1,75 B	7,90 ± 1,60 C	2,26 ± 3,00 A	0,30 ± 0,25 B
2	28,83 ± 9,50 A	40,17 ± 12,51 A	8,76 ± 2,20 A	3,02 ± 1,15 A
3	24,80 ± 12,93 A	10,82 ± 3,89 C	17,25 ± 36,30 A	0,25 ± 0,10 B
4	21,50 ± 10,71 A	26,50 ± 8,02 B	5,99 ± 5,60 A	0,82 ± 0,43 B

*resultados expressos em média ± erro padrão; ** Letras diferentes entre colunas indicam diferença significativa entre os tratamentos ($p < 0,05$); *** Nº de folhas, comprimento da raiz, massa verde, massa seca.

Na **Tabela 17** são apresentados os resultados da comparação de Spearman da rúcula com os parâmetros físico-químicos, solo e lodo:

Tabela 17: Correlação de Spearman da rúcula entre os parâmetros físico-químicos, solo e lodo.

Parâmetro	Nº de folhas	Comprimento folha	Massa verde folha	Massa seca folha	Comprimento raiz	Massa verde raiz	Massa seca raiz
Fósforo		0,7145	0,7451	0,7099	0,8306	0,5900	0,6751
Molibdênio	-0,4857			-0,4172			-0,4711
Cálcio	0,5001	0,6749	0,6824	0,6256	0,7386	0,5276	0,6178
Cobre	0,5384	0,7112	0,6696	0,7106	0,7821	0,5607	0,7185
Cromo	0,5648	0,5495	0,5718	0,6122	0,5445		0,4654
Zinco		0,7252	0,7104	0,6581	0,8170	0,6729	0,7639
Manganês		0,6344	0,5709	0,6323	0,7102	0,4569	0,7117
Níquel	0,5577		0,4357	0,4357			

O fósforo apresentou correlação positiva para comprimento da folha e raiz, massa verde da folha e raiz e massa seca da folha e raiz. Os tratamentos 1 e 3 não apresentaram diferença estatística para este parâmetro, diferindo dos tratamentos 2 e 4 que não apresentaram diferença estatística entre si, considerando ($p > 0,05$). Os nutrientes presentes em adubos orgânicos, principalmente o nitrogênio e o fósforo, possuem uma liberação mais lenta quando comparados com adubos minerais, pois depende da mineralização da matéria orgânica, proporcionando disponibilidade ao longo do tempo, o que muitas vezes favorece um melhor aproveitamento (RAIJ et al., 1997). O fósforo tem

grande importância no crescimento inicial das plantas por atuar no processo de armazenamento e transferência de energia, estando diretamente envolvido na absorção ativa de nutrientes (NASCIMENTO et al., 2010).

O molibdênio, apresentou correlação negativa com o número de folhas, massa seca folha e massa seca da raiz. Os tratamentos 1, 2 e 3 não apresentaram diferença estatística para este parâmetro, diferindo do tratamento 4. O tratamento 4 não apresenta diferença estatística com o tratamento 1, considerando ($p > 0,05$). A deficiência de molibdênio afeta as folhas, que mesmo mantendo a cor verde, deformam-se devido à morte de alguma das células parenquimáticas, apresentam folhas tamanho reduzido, clorose e mosqueados de cor marrom em toda a folha ou parte dela (TORQUATO, 2009).

O cálcio apresentou correlação positiva para número de folhas, comprimento da folha, massa verde da folha, massa seca folha, comprimento da raiz, massa verde da raiz, massa seca da raiz. Os tratamentos 2 e 4 não apresentaram diferença estatística para este parâmetro, diferindo dos tratamentos 1 e 3. O tratamento 3 não apresenta diferença estatística com o tratamento 2, considerando ($p > 0,05$). O cálcio desempenha um papel muito importante no alongamento das células e na divisão celular, além de manter a integridade da parede celular, ativador enzimático (VIECELLI, 2017).

O cobre apresentou correlação positiva para número de folhas, comprimento da folha, massa verde da folha, massa seca folha, comprimento da raiz, massa verde da raiz, massa seca da raiz. Os tratamentos 3 e 4 não apresentaram diferença estatística para este parâmetro, diferindo do tratamento 2, considerando ($p > 0,05$). O tratamento 1 não apresentou resultados, diante disso não foi possível realizar o teste de Tukey. O cobre participa na fotossíntese (respiração), na fixação de nitrogênio, em proteínas no metabolismo do nitrogênio e carboidratos, atividades antioxidantes, no metabolismo da parede celular, e assimilação hormonal (YRUELA, 2009).

O cromo apresentou correlação positiva para número de folhas, comprimento da folha, massa verde da folha, massa seca folha, comprimento da raiz e massa seca da raiz. O cromo é um elemento estável e não é considerado um elemento essencial à nutrição das plantas (MONTEMÓR et al., 2009). Os tratamentos 1 e 4 não apresentaram diferença estatística para este parâmetro, diferindo dos tratamentos 2 e 3. O tratamento 4 não apresenta diferença estatística com o tratamento 3. O tratamento 3 não apresenta diferença estatística com o tratamento 2, considerando ($p > 0,05$).

O zinco apresentou correlação positiva para comprimento da folha, massa verde da folha, massa seca folha, comprimento da raiz e massa seca da raiz. Os tratamentos 1 e 3 não apresentaram diferença estatística para este parâmetro, diferindo dos tratamentos 2 e

4 que não apresentaram diferença estatística entre si, considerando ($p > 0,05$). O zinco é fundamental para a síntese das proteínas, desenvolvimento das partes florais, produção de grãos e sementes e maturação precoce da planta, mas em altas concentrações pode ser altamente tóxico (MARTINS, 2014). Segundo Queiroz (2012), as principais funções do zinco estão relacionadas com o acoplamento de enzimas aos substratos e formação de quelatos com diferentes compostos orgânicos, incluindo polipeptídeos.

O manganês apresentou correlação positiva para comprimento da folha, massa verde da folha, massa seca folha, comprimento da raiz e massa seca da raiz. Os tratamentos 1, 3 e 4 não apresentaram diferença estatística para este parâmetro, diferindo do tratamento 2, considerando ($p > 0,05$). O manganês é responsável pela ativação das enzimas de descarboxilação e desidrogenase no ciclo do ácido tricarbóxico, além de ser responsável por reações redox dentro do sistema de transporte de elétrons fotossintéticos em plantas (VIECELLI, 2017).

O níquel apresentou correlação positiva para número de folhas, massa verde da folha, massa seca da folha. Os tratamentos 1, 2 e 3 não apresentaram diferença estatística para este parâmetro, diferindo do tratamento 4. Tratamento 4 não apresentou diferença entre os tratamentos 2 e 3, diferindo do tratamento 1, considerando ($p > 0,05$). Os sintomas causados pela toxidez do níquel incluem clorose, devido à menor absorção de Fe, crescimento reduzido das raízes e da parte aérea, em casos mais severos, deformação de várias partes da planta e manchas peculiares nas folhas (CHEN et al., 2009).

7. CONCLUSÃO

O lodo desaguado da indústria de pescado não apresentou fitotoxicidade aos organismos-testes utilizados, tanto no ensaio de bancada (ensaio agudo) como no ensaio em casa de vegetação (ensaio crônico). Para os ensaios de bancada, foi registrado aumento no índice de germinação em todas as espécies utilizadas alface, pepino e rúcula. Nos ensaios em casa de vegetação, não foi observada diferença estatísticas na utilização do lodo da ETE com a adubação comercial. Os resultados indicaram que o uso agrícola do lodo da ETE pode ser utilizado na produção das espécies avaliadas.

8. REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.007**: Amostragem de resíduos. Rio de Janeiro, 2004.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.004**: Resíduos sólidos. Rio de Janeiro, 2004.

ADEGBUYI, E.; COOPER, S. R.; DON, R. Osmotic priming of some herbage grass seed using polyethyleneglycol (PEG). **Seed Science & Technology**, v. 09, n. 03, p. 867-878, 1981.

ALBUQUERQUE, J. A. et al. propriedades físicas e químicas de solos incubados com resíduo alcalino e indústria de celulose. **Revista Brasileira de Ciência e Solo**, Campinas, v. 26, p. 1065-1073, 2002.

AMIRALIAN, S.; BUDIHARDJO, M. A.; CHEGENIZADEH A. et al. Study os scale effect on strenght characteristic of stabilised composite with sewage sludge – Part A: Preliminary study. **Construction and Building Materials**, v. 80, p. 339-345, 2015.

ANDRADE, C. L. A, R. C, O, A, F. Atividade microbiana em solos sob doses de lodo de estação de tratamento de efluentes de um aterro industrial. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v.46, n. 2, p. 267-272, 2016.

APHA - American Public Health Association. **Standard Methods for the Examination the Waterand WasteWater**. APHA, AWWA, WEF, 22nd ed., Washington DC, USA, 2012.

ARAÚJO, A.S.F. & MONTEIRO, R.T.R. Microbial biomass and activity in a Brazilian soil plus untreated and composted textile sludge. **Chemosphere**, 64. p. 1043-1046, 2006.

ARIENZO, M.; CHRISTEN, E. W.; QUAYLE, W. C. Phytotoxicity testing of winery waste water for constructed wetland treatment. **Journal Hazardous Materials**, v. 169, p. 94–99, 2009.

AVIANI, I.; LAOR, Y.; MEDINA, SH.; KRASSNOVSKY, A.; Raviv, M. Co-composting of solid and liquid live mill wastes: Management aspects and the horticultura lvalue of the resulting composts. **Bioresource Technology**, v. 101, p. 6699-6706, 2010.

BANSAL, R. P.; BHATI, P. R.; SEN, D. N. Differential specificity in water inhibition of Indian arid zone. **Biologia Plantarum**, v. 22, n. 05, p. 327-331, 1980.

BARBOSA, F.A. **Utilização de cama de frango na produção de rúcula e rabanete**. 28f. Monografia de Conclusão do Curso de (Pós Graduação em Agronomia) - Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá – MT, Cuiabá, 2011.

BASTA, N. T.; RYAN, J. A.; CHANEY, R. L. Trace Element Chemistry in Residual-Treated Soil: Key Concepts and Metal Bioavailability. **Journal of Environmental Quality**, v.34, p. 49–63, 2005.

BELO, S. R. S. **Avaliação de fitotoxicidade através de *Lepidium sativum* no âmbito de processos de compostagem**. 2011. 79p. Dissertação. Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra. Departamento de Engenharia Mecânica.

BERNAL, M., ALBURQUERQUE, J., MORAL, R. Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. A review. **Bioresource Technology**. 100, p. 5444-5453, 2009.

BISSANI, C., A. GIANELO, C., CAMARGO, F. A., O. TEDESCO, M., J. **Fertilidade dos solos e manejo da adubação de culturas**. 2. Ed. Porto Alegre: Gênese, p. 344, 2008.

BOEIRA, R. C.; SOUZA, M. D. de Estoques de carbono orgânico e de nitrogênio, pH, densidade de um Latossolo após três aplicações de lodos de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 543-555, 2007.

BRASIL. Lei n.12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei n.9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília**, DF, 3 ago. 2010.

BRASIL. Resolução CONAMA Nº 237, de 19 de dezembro de 1997. Define critérios e procedimentos para uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento

de esgoto sanitário e seus produtos derivados. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, DF, 30 ago 2006.

BRASIL. MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução normativa** nº 25 de 23 de julho 2009.

BRASIL. Resolução CONAMA Nº 375, de 30 de agosto de 2006. Define critérios e procedimentos para uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 30 ago 2006.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 420, de 28 de dezembro de 2009. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 28 dez 2009.

BUENO, P, TAPIAS, R., LÓPEZ, F. DIAZ, M.J. Optimizing composting parameters for nitrogen conservation in composting. **Bioresource Technology**, 99 (11), p. 5069–5077, 2008.

CAMARGO, C. E. O.; FILHO, A. W. P. F.; SALOMON, M. V. Temperature and pH of the nutrient solution on wheat primary root growth. **Agricultural Science**, v. 61, n. 3, p. 313-318, 2004.

CAVALCANTE, L. F.; DINIZ, A. A.; SANTOS, L. C. F; REBEQUI, A. M.; NUNES, J. C.; BREHM, M. A. S. **Teores foliares de macronutrientes em quiabeiro cultivado sob diferentes fontes e níveis de matéria orgânica**. Semina: *Ciências Agrárias*, Londrina, v. 31, n. 1, p. 19-28. 2010.

CHEN, C.; HUANG, D.; LIU, J. Functions and toxicity of nickel in plants: recent advances and future prospects. **CLEAN-Soil, Air, Water**, Weinheim, v. 37, n. 4-5, p. 304-313, 2009.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – CQFS. **Manual de adubação e de calagem para os Estados do RS e SC**. 11.ed. Porto Alegre, Sociedade Brasileira de Ciência do solo – Núcleo Regional Sul. p. 162- 163, 2016.

CORRÊA, E. K.; MENDES, P. M.; CORRÊA, L. B. Destinação da cama aviária. In: DAI PRÁ, M. A.; ROLL, V. F. B. (Org.). **Cama de aviário: utilização, reutilização e destino**. I. ed. Porto Alegre: Editora Manas/ Evangraf. 2012.

CZERNIAWSKA-KUSZA, I., CIESIELCZUK, T., KUSZA, G., CICHON', A. Comparison of the phytotoxkit microbiotest and chemical variables for toxicity evaluation of sediments. **Environmental. Toxicology**. 21, p. 367–372, 2006.

DELGADO, M.M., MARTIN, J.V., IMPERIAL, R.M.D., LEÓN-CÓFRECES, C., GARCÍA, M. C. Phytotoxicity of uncomposted and composted poultry manure. **African Journal of Plant Science**. 4. p. 154-162, 2010.

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 rabsosin B. **Journal of Chemical Ecology**, v. 36, n.5, p 553-563, 2009.

DONCEAN. A; ŞUMĂLAN, R.; BEINŞAN, C. & ŞUMĂLAN, R.; **Seed germination and seedling growth of tomato as affected by different types of compost water extracts**. Journal of Horticulture, Forestry and Biotechnology, 17: p.155-160, 2013.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. p.627, 2009.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, **Manual de Métodos Análise de Solo**, Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2ª ed., p. 83 -158, Rio de Janeiro, 2000.

EOM, I. C. RAST, C.VEBER, A. M.; VASSEUR, P. Ecotoxicity of a polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH)- contaminated soil. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 67, n.2, p. 190-205, 2007.

ENVIRONMENTAL CANADA – **Biological Test Method: Test for Measuring Emergence and Growth of Terrestrial Plants Exposed to Contaminants in Soil**. Environmental Protection series, EPS 1/RM/45, 2005.

Environmental Protection Agency US – **EPA**. Biosolids. Disponível em <<https://www.epa.gov/biosolids>> Acesso em: maio 2017.

EPAGRI, Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina. **Síntese Anual da Agricultura de Santa Catarina de 2014**, v. 1, p. 125, 2014.

FAO, Food And Agriculture Organization. **Utilization and trade Fish**. Fisheries and Aquaculture Department, e-Bulletin, 2018.

FAO, Food And Agriculture Organization. **Utilization and trade Fish**. Fisheries and Aquaculture Department, e-Bulletin, 2016.

FAO, Food And Agriculture Organization. **Utilization and trade Fish**. Fisheries and Aquaculture Department, e-Bulletin, 2014.

FENG, R. et al. Responses of root growth and antioxidative systems of paddy rice exposed to antimony and selenium. **Environmental and Experimental Botany**, v. 122, p. 29-38, 2016.

FERNANDES, G.F.R.; OLIVEIRA, R.A. de. **Desempenho de processo anaeróbio em dois estágios (reator compartimentado seguido de reator UASB) para tratamento de águas residuárias de suinocultura**. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.26, n.1, p.243-256, 2006.

FIGUEIREDO, G., P, TANAMATI, Y., F. Adubação orgânica e contaminação ambiental. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável Grupo Verde de Agricultura Alternativa (GVAA)**. Mossoró, RN. v.5, n.3, p. 01-04, 2010.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura**: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2003. 412 p.

FONSECA, C. B. **Compostagem de lodo de industrialização de pescado com casca de arroz em diferentes volumes**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Pelotas, 2017.

FREIRE, M. B. G. S. et al, Condutividade hidráulica de solos de Pernambuco em resposta à condutividade elétrica e RAS da água de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 1, p. 45-52, 2003.

FUENTES, A. et al. Phytotoxicity and heavy metals speciation of stabilized sewage sludges. **Journal of Hazardous Materials**, v. 108, p. 161-169, 2004.

GALLEGOS E. G.; ZENDEJAS H. S. L & CAMPOS E. Z. **Indicadores físicos, químicos y biológicos de la vermiestabilización de residuos orgánicos**. Revista Iberoamericana de Ciencias, 2: 1-13, ISSN 2334-2501, 2015.

GAO, M., LIANG F., Yu, A., Li, B., YANG, L. Evaluation of stability and maturity during forced-aeration composting of chicken manure and sawdust at different C/N ratios. **Chemosphere**. 78, p. 614-619, 2010.

GERBER, M. D. JUNIOR, T. L. CORREA, L. NETO, J. E. P. CORREA, E. K. Phytotoxicity of effluents from swine slaughterhouses using lettuce and cucumber seeds as Bioindicators. **Science of the Total Environment**, 592, p. 86-90, 2017.

GILL, SARVAJEET SING. HASANUZZAMANN, MIRZA. NAHAR, KAMRUN. MACOVEI, ANCA. TUTEJA, NARENDRA. Importance of nitric oxide in cadmium stress tolerance in crop plants. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 63, p. 254-261, 2013.

GODFRAY, H. C. J.; BEDDINGTON, J. R.; CRUTE, I. R.; HADDAD, L.; LAWRENCE, D.; MUIR, J. F.; ROBINSON, S.; THOMAS, S. M.; TOULMIN, C. Food Security: The challenge of Feeding 9 billion people. **Science**. v. 327, p. 812-818, 2010.

GÓMEZ-BRANDÓN, M., LAZCANO, C., DOMÍNGUEZ, J. The evaluation of stability and maturity during the composting of cattle manure. **Chemosphere**. 70, p. 436-444, 2008.

GOPINATHAN M, THIRUMURTHY M. Feasibility Studies on Static Pile Co Composting of Organic Fraction of Municipal Solid Waste With Dairy Waste Water. **Aplinkostyrimai, inžinerijairvadyba**, Nº. 2 (60), p. 34-39, 2012.

GERRA, R.C., **Estudo do lodo gerado em reator biológico, pelo tratamento da água de produção do petróleo, no Terminal Marítimo Almirante Barroso, município de São Sebastião, SP. Visando sua disposição final**. Tese (doutorado). Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2009.

GRANGEIRO, L. C.; OLIVEIRA, F.; NEGREIROS, M.; MARROCOS, S.; LUCENA, R.; OLIVEIRA, R. Crescimento e acúmulo de nutrientes em coentro e rúcula. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 6, n. 1, p.11–16, 2011.

GRATÃO, P.L. et al. **Phytoremediation: green technology for the clean up of toxic metals in the environment**. Brazilian Journal of Plant Physiology, v. 17, n. 1, p. 53-64, 2005.

GUIMARÃES, M. de A.; SANTANA, T. A. de; SILVA, E. V. et al. **Toxicidade e tolerância ao cádmio em plantas**. Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas. n.3, v.1, p. 58, 2008.

HWANG, S., HANSEN, C.L. **Formation of organic acids and ammonia during acidogenesis of trout precessing wasterwater**. Trans. Am. Soc. Agric. Eng., 41:151, 1998.

HIMANEN, M.; PROCHAZKA, P.; HANNINEN, K.; OIKARI, A. Phytotoxicity of low-weight carboxylic acids. **Chemosphere**, v. 88, p. 426-431, 2012.

HOEKSTRA, N., BOSKER, T., LANTINGA, E. **Effects of cattle dung from farms with different feeding strategies on germination and initial root growth of cress (*Lepidium sativum* L.)**. Agriculture, Ecosystems and Environment. 93, p. 189-196, 2002.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Produção de Pescado Marítima e Continental em 2015 Disponível em: <<http://seriesestatisticas.ibge.gov.br/series.asp>>. Acessado em: 28 de maio, 2017.

IQBAL, M. *Vicia faba* bioassay for environmental toxicity monitoring: A review. **Chemosphere**, v. 144, p. 785-802, 2016.

JUUL, N., MÜNSTER, M., RAVN, H., LJUNGGREN SÖDERMAN, M. Challenges when performing economic optimization of waste treatment: a review. **Waste Manage.** 33, p. 1918–1925, 2013.

KABATA A., MUKHERJEE, A.B. Trace Elements from Soil to Human. **Springer Verlag**, Berlin. p. 550, 2007.

KABATA A., PENDIAS, H. Trace Elements in Soil sand Plants. CRS press, Boca Raton. p 365, 2001.

KHAN, N., CLARK, I., SÁNCHEZ-MONEDERO, M., SHEA, S., MEIER, S., BOLAN, N., Maturity indices in co-composting of chicken manure and sawdust with biochar. **Bioresource Technology**, v. 168, p. 245–251, 2014.

KOCHIAN, L. V.; HOCKENGA, O. A.; PINEROS, M. A. **How do crop plants tolerate acid soils? Mechanisms of aluminum tolerance and phosphorous efficiency**. Annual review of plant biology 55:459-493, 2004.

Lei Federal nº. 6.938 de 31 de agosto de 1.981. Brasília: Senado Federal, 1981.

LIANG, C.; DAS, R. C.; McCLENDON, R. W.; The influence of temperature and moisture content regimes on the aerobic microbial activity of a biosolids composting blend. **Bioresource Technology**, v. 86, n. 2, p. 131-137. 2003.

MAGDICH, S.; JARBOUI, R.; ROUINA B. B.; BOUKHRIS, M.; AMMAR, E. A yearly spraying of olive mill wastewater on agricultural soil over six successive years: Impact of different application rates on olive production, phenolic compounds, phytotoxicity and microbial counts. **The Science of the Total Environment**, v.430, p. 209–216, 2012.

MALAVOLTA, E; VITTI, G.C; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas – princípios e aplicações**. Associação brasileira para pesquisa de potássio e do fósforo. 2ª edição, 319 p. Editora Potafos. São Paulo, 1997.

MARTINS, Gabriel C. **Materiais amenizantes com potencial para revegetação de áreas de mineração de zinco**. 2014. 153 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Lavras, 2014.

MASELLI, B. S.; LUNA, L. A. V.; PALMEIRA, J. O.; TAVARES, K. P.; BARBOSA, S.; BEIJO, L. A.; UMBUZEIRO, G. A.; KUMMROW, F. Ecotoxicity of raw and treated effluents generated by a veterinary pharmaceutical company: a comparison of the sensitivities of different standardized tests. **Ecotoxicology**, v. 24, p. 795-804, 2015.

MEDEIROS, J.C. et. al. Calagem superficial com resíduo alcalino da indústria de papel em um solo altamente tamponado. *Revista brasileira de ciência do solo*. Campinas, v.33, p.1657-1665, 2009

MENDES, P. M. Avaliação da estabilização de camas usadas na avicultura através de bioindicadores vegetais. **Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia Agrícola**. Universidade Federal de Pelotas, 2011.

MENDES, P. M. BECKER, R. CORREA, L. B. BANCHI, I. DAI PRÁ, M. A. JUNIOR, T. L., CORREA, E. K. Phytotoxicity as an indicator of stability of broiler production residues. **Journal of Environmental Management**. 167. p. 156- 159, 2016.

MILARÉ, Édis. Direito do ambiente: doutrina, jurisprudência, glossário. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2004.

MITELUT, A.; POPA, M. Seed germination bioassay for toxicity evaluation of different composting biodegradable materials. **Romanian Biotechnological Letters**, v.16, nº 1, Supplement, p. 121-129, 2011.

MONTEIRO, M. S.; LOPES, T.; MANN, R. M.; PAIVA, C. SOARES, A. M. V. M.; SANTOS, C. Microsatellite instability in *Lactuca sativa* chronically exposed to cadmium. **Mutation Research: Genetic Toxicology and Environmental**, v. 672, n. 2, p. 90-94, 2009.

MONTEMÓR, C. H.; MARÇAL, W. S. Desempenho de bovinos da raça nelore suplementados com cromo orgânico. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 30, n. 3, p. 701-708, 2009.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e Bioquímica do Solo**. 2 ed. Lavras: Editora UFLA. p.729, 2006.

MOTA, W. F.; FINGER, F. L.; SILVA, D. J. H.; CORRÊA, P. C.; FIRME, L. P.; RIBEIRO, R. A. **Composição mineral de frutos de quatro cultivares de quiabeiro**. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 32, n. 3, p. 762-767, 2008.

MPA. Ministério da Pesca e Aquicultura. **Boletim Estatístico da Pesca e Aquicultura**. 60p. 2011.

NASCIMENTO, E. V. S.; BRASIL, E. C. Influência de calcário e fósforo no desenvolvimento e produção de variedades de marujazeiro – amarelo. *Revista Brasileira Fruticultura*, Jaboticabal. V. 32, n. 3, p. 892 – 902, 2010.

NASCIMENTO, M. V.; SILVA JUNIOR, R. L.; FERNANDES, L. R.; XAVIER, R. C.; BENETT, K. S. S.; SELEGUINI, A.; BENETT, C. G. S. Manejo da adubação nitrogenada nas culturas de alface, repolho e salsa. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia, v. 4, n. 1, p. 65–71, 2017.

NICHOLSON, F.A., SMITH, S.R., ALLOWAY, B.J., CARLTON-SMITH, C., CHAMBERS, B.J. An inventory of heavy metals inputs to agricultural soils in England and Wales. **Science of the Total Environment** **311**, p. 205–219, 2003.

OLESZCZUK, P., MALARA, A., JOSKO, I., LESIUK, A. The phytotoxicity changes of sewage sludge-amended soils. **Water Air Soli Pollut.** V. 223.p. 4937- 4948, 2012.

OLIVEIRA E. Q.; SOUZA, R. J.; CRUZ, M. C. M.; MARQUES, V. B.; FRANÇA, A. C. **Produtividade de alface e rúcula, em sistema consorciado, sob adubação orgânica e mineral.** Horticultura Brasileira, v.28, p.36-40, 2010.

ÖZKARA, A.; AKYIL, D.; ERDGNOMUS, A.; KONUK, M. Evaluation of germination, root grow than cytological effects of wastewater of sugar factory (Afyonkarahisar) using *Hordeum vulgare* bioassays. **Environmental monitoring and assessment**, v.183, p. 517–524, 2011.

PANDA, S.K.; CHOUDHURY, S. Chromium stress in plants. **Brasilian Journal of Plant Physiology.** Piracicaba, v.17, n.1, p. 95-102, 2005.

PEIXOTO, P. H. P.; PIMENTA, D. S.; CAMBRAIA, J. **Alterações morfológicas e acúmulo de compostos fenólicos em plantas de Sorgo sob estresse de Alumínio.** Bragantia, Campinas. V.66, n.1, p. 17 – 25, 2007.

PELEGRINI, N. N. B.; PATERNIANI, J. E. S.; CARNIATO, J. G.; SILVA, N. B. e PELEGRINI, R. T. Estudo da sensibilidade de sementes de *Eruca sativa* (Rúcula) utilizando substâncias tóxicas para agricultura. In: XXXV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola. **Anais...** João Pessoa (PB), 2006.

PIEDRAS, N., R., S., BAGER, A Caracterização da aqüicultura desenvolvida na região Sul do Rio Grande do Sul. Revista Brasileira Agrociência, v. 13, n.3, p. 403-307, 2007.

PIRES, M., M., A., MATTIAZZO, E., M. Avaliação da viabilidade do uso de resíduos na agricultura. Circular técnica, nº 19. Embrapa Meio Ambiente. 2008.

PINTO, F. R. Avaliação da Resposta ao Stresse Oxidativo Induzido por Cádmio em Plantas de Espinafre (*Spinacea oleracea* L.). Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Alimentar. Instituto Superior de Agronomia. Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa. (2011)

PIVELI, R. P.; CAMPOS, F. Poluição das águas por efluentes urbanos, industriais e agrícolas. In: TELLES, D.D. **Ciclo ambiental da água: da chuva à gestão**. São Paulo: Ed. Blucher, 2013. Cap. 8, p. 217-236.

QUEIROZ, C. S. Níquel, outros micronutrientes e silício e a ferrugem asiática (*Phakopsora pacchyrhizi*) na cultura da soja (*Glycine max*). Dissertação de mestrado ao Programa de Pós-graduação em Agronomia, da Universidade Federal de Goiás. Goiânia. (2012).

RAIJ, B.van. Fertilidade do solo e adubação. Piracicaba: ed. Agronômica Ceres, 1991, p.343.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônômico & Fundação IAC, p. 285, 1997.

RAMANA, S.; BISWAS, A.; KUNDU, S.; SAHA, J.K.; YADAVA, R.B. Effect of distillery effluent on seed germination in some vegetable crops. **Bioresource Technology**, v.82, p. 273–275, 2002.

RENOUF, M. A.; PAGAN, R. J.; WEGENER, M. K. Bio-production from Australian sugarcane: an environmental investigation of product diversification in an agro-industry. **Journal of Cleaner Production**. v. 29, p. 87-96, 2013.

RIGBY, H.; CLARKE, O. B.; PRITCHARD, D.; MEEHAN, B.; BESHAN, F.; SMITH, S.R.; PORTER, N. A. A critical review of nitrogen mineralization in biosolids-amended soil, the associated fertilizer value for crop production and potential for emissions to the environment. **Science of the Total Environment**, n. 541, p. 1310-1338, 2016.

ROCCA, A. C. C. **Resíduos Sólidos Industriais**. CETESB. São Paulo, 1993.

RODRIGUES, K. L. M.; BAVARESCO, J.; MARTINS, F.A; JR., I. V. A; NASCIMENTO, C. P; GIASSON. E. O solo como receptor de resíduos para disposição e para uso agrícola. **FEPAM em Revista**, Porto Alegre. v.6, n.2, p. 23-32, 2012.

ROSA, E. V. C.; GIURADELLI, T. M.; CORRÊA, A. X. R.; RÖRIG, L. R.; SSHWINGEL, P. R., RESGALLA-JR, C.; RADETSKI, C. M. Ecotoxicological evaluation of the short term effects of fresh and stabilized textile sludges before application in forest soil restoration. **Environmental Pollution**, v. 146, p. 463-469. 2007b.

ROSA, E. V. C.; MATERA, L.; SOUZA-SIERRA, M. M.; RÖRIG, L. R.; VIEIRA, L. M.; RADETSKI, C. M. Textile sludge application to non-productive soil: Physico-chemical and phytotoxicity aspects. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 68, pg. 91-97. doi: 10.1016/j.ecoenv.2006.06.006, 2007 a.

SANTOS, D.C.; MEDEIROS, R.M.; OLIVEIRA, V.G. Estudo da fitotoxicidade dos resíduos urbanos da cidade de Campina Grande-PB. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v. 01, n. 05, 2013, p. 36-50, 2013.

SANTOS, V. L. M.; CALIL, A. C.; RUIZ, H. A.; ALVARENGA, E. M.; SANTOS, C. M. Efeito do estresse salino e hídrico na germinação e vigor de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v.14, n. 2, p.189-194, 1992.

SEGATTO, M. P.; ANDREAZZA, R.; BORTOLON, L.; SANTOS, V. P.; GIANELLO, C.; CAMARGO, F. A. O. Decomposição de resíduos industriais no solo. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 34, p. 49–62, 2012.

SILVA, A. G. M., BULL.T. L., MIGGIOLARO, E. A., ANTONANGELO, A. J. & MUNIZ. S.A. Fitodisponibilidade de metais utilizando ácidos orgânicos após sucessiva aplicação de resíduos no solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 18, n.12.p. 1287-1295, 2014.

SINGH, R.P., A grawal, M. Potential benefitsan drisk so fland application of sewage sludge. **Waste Manag**. 28. p. 347–358, 2008.

SMITH, S.R. A critical review of the bioavailability and impacts of heavy metals in municipal solid waste composts compared to sewage sludge. **Environment International**, v.35, n.1, p.142-156, 2009.

SPIASSI, A.; SANTOS, F. T.; NOBREGA, L. H. P.; CESTONARO, T. COSTA, M. S. S. M. Toxicidade de biofertilizantes sobre sementes de alface e milho. **Revista Científica**. v. 43, n. 2, p. 156 – 164, 2015.

SOBRERO, M. C.; RONCO, A. Ensayo de toxicidad aguda consemillas de lechuga (*Lactuca sativa* L.). In: Castillos Morales, G. (org), Ensayos Toxicológicos y Métodos de Evaluación de Calidad de Agua: estandarización, intercalibración, resultados y aplicaciones. **IMTA**, Mexico, 2004.

SOUZA, L. F. G.; RODRIGUES, M. A.; SILVA, M. L. P.; SILVA, G. S.; CECILIO FILHO, A. B. Caracterização de sintomas de excesso de micronutrientes e deficiência de macronutrientes em rúcula. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 2, p. 1–8, 2011.

SUTAPA BOSE, A.K. BHATTACHARYYA. Heavy metal accumulation in wheat plant grown in soil amended with industrial sludge. **Chemosphere** 70. P. 1264–1272, 2008.

STEINER, F.; PIVETTA, L. A.; CASTOLDI, G.; PIVETTA, L. G.; FIOREZE, S. Produção de rúcula e acúmulo de nitrato em função da adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.6, n.2, p. 230-235, 2011.

TEDESCO, M, J., GIANELLO, C., BISSANI, C. A., BOHNEN, H. & VOLKWEISS, S.J. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre, Universidade do Rio Grande do Sul, p.174, 1995.

TEH, C. Y., WU, T. Y., JUAN, J. C. Optimization of agro-industrial wastewater treatment using unmodified rice starch as a natural coagulant. **Industrial Crops and Products**, 56 (2014), p. 17-26.

TICE, Kathy R.; PARKER, David R.; DeMASON, Darleen A. Operationally defined apoplastic and symplastic aluminum fractions in root tips of aluminum-intoxicated wheat. **Plant Physiology, Rockville**, v. 100, n. 1, p. 309-318, 1992.

TIQUIA, S. Reduction of compost phytotoxicity during the process of decomposition. **Chemosphere**. 79, p. 506-512. 2010.

TIQUIA S. M.; Tam N. F. & Hodgkiss, I. J. Effects of composting on phytotoxicity of spent pig-manure sawdust litter. **Environmental Pollution**, 93: p. 249–56, 1996.

TIQUIA, S. M. Tam, N. F. Y. Elimination of phytotoxicity during co-composting of spent pig-manure sawdust litter and sludge. **Biosource Technology**. v. 65, p. 43-49, 1998.

TIQUIA, S. M.; TAM, N.F. Fate of nitrogen during composting of chicken litter. **Environmental Pollution**, v. 110, p. 35-541, 2000.

TORQUATO, J. P. P. Interação de fósforo e molibdênio nas concentrações de nutrientes e na produção de Feijão- Caupi. Dissertação do Curso de Pós Graduação em Agronomia. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2009.

VIANA, S. B. A et al. Índices morfofisiológicos e de produção de alface sobre estresse salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 8, n.1. p. 23-30, 2004.

VIECELLI, C., A. Guia de deficiências nutricionais em plantas. Pós-graduação em ciência do solo. Toledo, PR, 1ª edição, p., 2017.

VIEIRA D' AVILA GIÚLIA, CASTILHOS D. DUFECH & CASTILHOS V. R. MARIA. Atributos microbianos do solo após a adição de lodo anaeróbio da estação de tratamento de efluentes de parboilização do arroz. **Revista Brasileira Ciência Solo**, 34:549-550, 2011.

XIMENES F. BRUNA, CAMPOS H. ERICK, SCHMIDT FILHO, EDISON, GASPAROTTO, FRANCIELLI. Influência da aplicação de vinhaça não diluída em água sobre o perfilhamento e a produtividade de trigo, **IV Simpósio Internacional sobre Gerenciamento de Resíduos Agropecuários e Agroindustrial**, p. 212-213, Rio de Janeiro, 2015.

YRUELA, I. Copper in plants: acquisition, transport and interactions. **Functional Plant Biology, Spain**, v.36, n.5, p.409 – 430, May 2009.

ZUCCONI, F.; PERA, A., FORTE M., BERTOLDI, M. Evaluating toxicity in immature compost. **Biocycle**, v. 22, p. 54-57, 1981.