

**UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE - UNESC  
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL**

**CACILDA BORGES**

**AVALIAÇÃO DA TOXICIDADE DO EFLUENTE DE LAVADOR DE GASES DE  
OLARIA, UTILIZANDO OS BIOINDICADORES: *Lactuca sativa*, *Allium cepa* L.  
*Artemia sp.* E *Eisenia foetida***

**CRICIÚMA, 2011.**

**CACILDA BORGES**

**AVALIAÇÃO DA TOXICIDADE DO EFLUENTE DE LAVADOR DE GASES DE  
OLARIA, UTILIZANDO OS BIOINDICADORES: *Lactuca sativa*, *Allium cepa* L.**

*Artemia* sp. E *Eisenia foetida*

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado para  
obtenção do grau de Engenheira Ambiental no curso de  
Engenharia Ambiental da Universidade do Extremo Sul  
Catarinense, UNESC.

Orientador: Prof. MSc. Cláudio Ricken

**CRICIÚMA, 2011.**

**CACILDA BORGES**

**AVALIAÇÃO DA TOXICIDADE DO EFLUENTE DE LAVADOR DE GASES DE  
OLARIA, UTILIZANDO OS BIOINDICADORES: *Lactuca sativa*, *Allium cepa* L.  
*Artemia sp.* E *Eisenia foetida***

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado pela Banca Examinadora para obtenção do Grau de Engenharia Ambiental, no Curso de Engenharia Ambiental da Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC, com Linha de Pesquisa em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental.

Criciúma, 30 de Junho de 2011.

**BANCA EXAMINADORA**

Prof. Cláudio Ricken - Mestre - (UNESC) - Orientador

Prof. Nadja Zim Alexandre - Mestre - (UNESC)

Claudia Peluso Martins – Engenheira Ambiental

## Aos meus Amados

### Gustavo

Puro amor de minha alma  
Estrela linda e brilhante  
De rostinho fascinante  
Razão desse meu viver  
Orgulho, carinho... Bem querer.

(João Marcelo)

### César

Além do Horizonte deve ter  
Algun lugar bonito  
Prá viver em paz  
Onde eu possa encontrar  
A natureza  
Alegria e felicidade  
Com certeza...  
Lá nesse lugar  
O amanhecer é lindo  
Com flores festejando  
Mais um dia que vem vindo...  
Onde a gente pode  
Se deitar no campo  
Se amar na relva  
Escutando o canto  
Dos pássaros...  
(Roberto Carlos)

### Izaura

E ninguém no mundo vai gostar de mim como ela gosta  
Se eu estou errado ou certo não importa  
Na alegria ou na tristeza, ela está sempre comigo.  
Na hora do prazer me lembro dela  
Mas na hora da tristeza e da saudade é meu abrigo  
Por mim ela não mede sacrifício  
Pode parecer difícil que alguém ame desse jeito  
Acontece que ela é minha mãe  
E mãe é sempre assim  
(Agnaldo Timóteo)

## AGRADECIMENTOS

Oh, DEUS! Como és bom!

Tu me guiaste por um caminho muito longo.

Sou extremamente grata por isso! Também sou grata pelas pessoas que colocaste em meu caminho, para me amarem, protegerem, encorajarem e apoiarem, com sincera gratidão gostaria de agradecer a todos.

Para me amarem, minha mãe Izaura, meu marido César e meu filho Gustavo, estando sempre presente nas horas boas e ruins.

Para me protegerem:

Ao meu pai (*in memória*) que foi o maior herói da minha vida, e tenho certeza que me protege tanto quanto em vida.

Aos anjos e guardiões da estrada enviados por Deus para me protegeram no período de minha formação, contra qualquer tipo de acidente.

Para me encorajarem:

Aos meus amigos de fé e irmãos camaradas, amigos de tantos caminhos e longas jornadas, Juliana e Ives, que me fizeram acreditar que nada na vida é impossível e que só conseguimos alcançar nossos objetivos, com muita braveza e determinação.

Aos meus irmãos que me encorajaram para chegar ao fim da graduação.

Para me apoiarem:

A todos que de uma forma ou de outra me apoiaram ao longo do meu projeto, pessoal do laboratório LADEBIMA, a todo pessoal do Instituto de Pesquisas Ambientais da UNESC-IPAT, ao meu coorientador Mário Ricardo Guadagnin e aos professores que acreditaram na minha força e dedicação aos estudos.

Ao meu extraordinário orientador Cláudio Ricken, que juntamente com minha supervisora de campo Jacira Silvano, que com paciência, motivação e orientação me mostraram o caminho certo a seguir para a conclusão do meu trabalho.

Aos meus colegas de estágio Edevaldo Tiago e Eduardo, pelos momentos de descontração, tornando o ambiente de trabalho mais agradável possível.

A todas as amizades que conquistei na Faculdade, Jadna, Maria, Karine, Lucas, Manoela, Marina, Isabela.

E para finalizar, gostaria de agradecer humildemente ao meu Eu por estar disposto a enfrentar o medo, os momentos difíceis, as angústias que foram exigidas para que eu pudesse descobrir que tinha que chegar até aqui e, conquistar este dia de vitória.

*No meio do caminho tinha uma pedra  
tinha uma pedra no meio do caminho  
tinha uma pedra  
no meio do caminho tinha uma pedra.  
Nunca me esquecerei desse acontecimento  
na vida de minhas retinas tão fatigadas.  
Nunca me esquecerei que no meio do caminho  
tinha uma pedra  
tinha uma pedra no meio do caminho  
no meio do caminho tinha uma pedra.*

Carlos Drummond de Andrade

## RESUMO

A geração de efluentes industriais tem sido uma grande preocupação para a proteção do meio ambiente, muitos não tem características definidas e, não possuem padronização para reuso e descarte. Associando os efeitos negativos que os efluentes acarretam na natureza com a carência de estudos realizados com organismos aquáticos e terrestres, foi o que motivou o desenvolver do presente trabalho, pois os bioensaios tem se mostrado uma ferramenta de grande valia na identificação da presença de substâncias tóxicas encontradas nos efluentes.

Para a realização deste trabalho foram coletadas amostras do efluente de uma olaria, gerado pelo uso do equipamento de lavador de gases o qual é utilizado para reduzir os contaminantes atmosféricos emitidos pela combustão de insumos no processo produtivo das cerâmicas.

Como forma de caracterizar o efluente foram realizadas análises dos parâmetros físico-químicos de pH, DBO, DQO, fenóis, sólidos sedimentáveis, sólidos suspensos totais, sólidos totais, sulfatos (enxofre), sulfetos e nitratos. As análises toxicológicas foram realizadas nos efluente filtrado e não filtrado e testados em bioindicadores *Artemia salina* sp.(microcrustáceo), *Allium cepa* L.(cebola), *Eisenia foetida* (minhoca) e *Lactuca sativa* (alface),

Nas análises físico-químicas foram detectadas concentrações elevadas nos parâmetros fenóis e sulfetos, em relação aos valores orientadores definidos pelas legislações vigentes, estando os demais parâmetros em conformidade com as legislações. Não foi verificada toxicidade do efluente para os organismos bioindicadores em relação às duas amostras coletadas, salvo para o bioindicador *Allium cepa* no parâmetro de comprimento da maior raiz (mm), onde a amostra (A) do efluente (NF) e (F), demonstrou diferenças significativas nas médias comparadas, comprovando toxicidade do efluente estatisticamente pelo teste Tukey. Igualmente para os testes de fitotoxicidade com o bioindicador, *Lactuca sativa*, o efluente (NF) da amostra (A), comprovou toxicidade ao parâmetro comprimento da raiz (mm), comprovado por meio do teste Tukey. Presume-se que os resultados mostraram evidências da necessidade de contínuas pesquisas, com outros bioindicadores, com maior número de réplicas e, com números significativos de amostras, em um período de no mínimo doze meses consecutivos, para um resultado mais esclarecedor sobre a toxicidade ou não do efluente.

**Palavras-chave:** Efluentes, Toxicidade, Bioindicadores, Cerâmica Vermelha.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1:</b> Fluxograma do Processo de Fabricação de Revestimento Cerâmico.....	33
<b>Figura 2:</b> Recebimento e acondicionamento da matéria-prima em pátio aberto. ....	34
<b>Figura 3:</b> Estocagem da matéria-prima para a produção de cerâmica vermelha no município de Morro da Fumaça/SC.....	35
<b>Figura 4:</b> Caixa Alimentador.....	36
<b>Figura 5:</b> Misturador, equipamento utilizado para a homogeneização e a umidificação da massa bruta da argila. ....	37
<b>Figura 6:</b> Laminador, equipamento utilizado para uma melhor compactação e homogeneização da massa de argila.....	38
<b>Figura 7:</b> Visão frontal da maromba. ....	39
<b>Figura 8:</b> Cortador, equipamento utilizado para realizar o corte tijolos.....	40
<b>Figura 9:</b> Local onde ocorre a secagem natural dos tijolos. ....	41
<b>Figura 10:</b> A) Vista frontal do forno. B) Acondicionamentos dos tijolos no interior do forno. C) Vista frontal do forno fechado com o assentamento de tijolos e barro. D) Entrada para o combustível (lenha) na parte superior dos fornos. E) Visão frontal da queima de lenha nos fornos. ....	42
<b>Figura 11:</b> Queimas de insumos energéticos (lenha) nos fornos das olarias. ....	44
<b>Figura 12:</b> Esquema representativo da entrada da fumaça originada na etapa de queima (forno) para o equipamento denominado lavador de gases. ....	50
<b>Figura 13:</b> Tanque de recepção dos efluentes oriundos do lavador de gases. ....	51
<b>Figura 14:</b> Saída dos efluentes dos tanques. ....	52
<b>Figura 15:</b> Parâmetros necessários para um estudo ecotoxicológico. ....	62
<b>Figura 16:</b> Ilustração da minhoca espécie <i>Eisenia foetida</i> . ....	70
<b>Figura 17:</b> Sementes de <i>Lactuca sativa</i> (Alface).....	71
<b>Figura 18:</b> Ilustração da <i>Allium cepa</i> L (cebola) ....	72
<b>Figura 19:</b> Ilustração microcrustáceo <i>Artemia</i> sp. ....	73
<b>Figura 20:</b> Esquema de ilustração das coletas das amostras, realização do processo de filtração e acondicionamento do efluente no laboratório. ....	80
<b>Figura 21:</b> Esquema do teste de toxicidade aguda por meio do índice de germinação e alongamento das raízes de alface <i>Lactuca sativa</i> .....	83
<b>Figura 22:</b> Preparo do solo artificial com para realização do teste de toxicidade aguda com o bioindicador <i>Eisenia foetida</i> . ....	84

<b>Figura 23:</b> Esquema do teste de toxicidade aguda com <i>Eisenia foetida</i> expostas por 14 dias ao efluente (NF), (F) e controle negativo, realizados com a amostra (A) e amostra (B).....	85
<b>Figura 24:</b> Esquema do Ensaio de Toxicidade Aguda com Oligoqueto <i>Eisenia foetida</i> em papel de contato, realizados com ambas as amostras com efluente (NF) (F) e respectivo controle negativo. ....	87
<b>Figura 25:</b> Esquema simplificado dos bioensaios de comportamento dos oligoquetos adicionados na linha central de recipientes com um lado com solo irrigado com água destilada e o outro com efluente (NF), (F) respectivamente. ....	89
<b>Figura 26:</b> Esquema do teste de fitotoxicidade aguda com o bioindicador <i>Allium cepa</i> L, expostos por sete dias no efluente (NF), (F) e controle negativo com ambas as amostras.....	91
<b>Figura 27:</b> Esquema simplificado do teste de toxicidade aguda com microcrustáceo <i>Artemia</i> sp., expostas ao efluente (F) e controle negativo (água salina).....	93
<b>Figura 28:</b> Comparação dos resultados do teste de toxicidade aguda com <i>Eisenia foetida</i> , realizados com a amostra (A) do efluente (NF) e (F) versus amostra (B) do efluente (NF) e (F), e seus respectivos controle (água destilada). ....	102
<b>Figura 29:</b> Comparação da variação em percentual de peso dos bulbos de <i>Allium cepa</i> L., expostas nas concentrações de 100%, 75%, 50%, 25%, 12,5% e 0% (controle) para a amostra (A) do efluente (NF). Os valores foram expressos em média $\pm$ desvio padrão ( $M \pm SD$ ), para $n=6$ . Estatística conduzida com (Anova) Análise de Variância.....	107
<b>Figura 30:</b> Comparação da variação em percentual de peso dos bulbos de <i>Allium cepa</i> L., expostos nas concentrações de 100%, 75%, 50%, 25%, 12,5% e 0% (controle) para a amostra (A) do efluente (F). Os valores foram expressos em ( $M \pm SD$ ) para $n=6$ . Estatística conduzida com (Anova) Análises de Variância. ....	109
<b>Figura 31:</b> Comparação da variação em percentual de peso dos bulbos de <i>Allium cepa</i> L. expostas nas concentrações de 100%, 75%, 50%, 25%, 12,5% e 0% (controle) para a amostra (B) do efluente (NF). Os valores foram expressos em ( $M \pm SD$ ) para $n=6$ . Estatística conduzida com (Anova) Análises de Variância. ....	111
<b>Figura 32:</b> Comparação da variação em percentual de peso dos bulbos de <i>Allium cepa</i> L. expostas nas concentrações de 100%, 75%, 50%, 25%, 12,5% e 0% (controle) para a amostra (B) do efluente (F). Os valores foram expressos em ( $M \pm SD$ ) para $n=6$ . Estatística conduzida com (Anova) Análises de Variância. ....	113

- Figura 33:** Comprimento da maior raiz de *Allium cepa* L. expostas nas concentrações de 100%, 75%, 50%, 25%, 12,5% e 0% (controle) para a amostra (A) do efluente (NF). Os valores foram expressos em (M±SD), para n=6. Estatística conduzida com (Anova) Análise de Variância. .... 115
- Figura 34:** Comprimento da maior raiz de *Allium cepa* L., expostas nas concentrações de 100%, 75%, 50%, 25%, 12,5% e 0% (controle) para a amostra (A) do efluente (F). Os valores foram expressos em (M±SD), para n=6. Estatística conduzida com (Anova) Análise de Variância. .... 117
- Figura 35:** Comprimento da maior raiz de *Allium cepa* L. expostas nas concentrações de 100%, 75%, 50%, 25%, 12,5% e 0% (controle) para a amostra (B) do efluente (NF). Os valores foram expressos em (M±SD), para n=6. Estatística conduzida com (Anova) Análises de Variância. .... 120
- Figura 36:** Comprimento da maior raiz de *Allium cepa* L., expostas nas concentrações de 100%, 75%, 50%, 25%, 12,5% e 0% (controle) para a amostra (B) do efluente (F). Os valores foram expressos em (M±SD), para n=6. Estatística conduzida com (Anova) Análises de Variância. .... 122
- Figura 37:** Relação massa seca massa úmida de *Allium cepa* L. expostas nas concentrações de 100%, 75%, 50%, 25%, 12,5% e 0% (controle) para a amostra (A) do efluente (NF). Os valores foram expressos em (M±SD), para n=6. Estatística conduzida com (Anova) Análises de Variância. .... 124
- Figura 38:** Relação massa seca massa úmida de *Allium cepa* L. expostas nas concentrações de 100%, 75%, 50%, 25%, 12,5% e 0% (controle) para a amostra (A) do efluente (F). Os valores foram expressos em (M±SD), para n=6. Estatística conduzida com (Anova) Análises de Variância. .... 126
- Figura 39:** Relação massa seca massa úmida de *Allium cepa* L. expostas nas concentrações de 100%, 75%, 50%, 25%, 12,5% e 0% (controle) para a amostra (B) do efluente (NF). Os valores foram expressos em (M±SD), para n=6. Estatística conduzida com (Anova) Análises de Variância. .... 127
- Figura 40:** Relação massa seca massa úmida de *Allium cepa* L. expostas nas concentrações de 100%, 75%, 50%, 25%, 12,5% e 0% (controle) para a amostra (B) do efluente (F). Os valores foram expressos em (M±SD), para n=6. Estatística conduzida com (Anova) Análise de Variância. .... 129

<b>Figura 41:</b> Número de germinações das sementes da alface <i>Lactuca sativa</i> , durante 120 h de exposição nas concentrações 0% (controle), 50%, 66,7%, 83,3% e 100%. Sendo os resultados obtidos pela (M±SD) de cada réplica. ....	130
<b>Figura 42:</b> Número de germinações das sementes da alface <i>Lactuca sativa</i> , durante 120 h de exposição nas concentrações 0% (controle), 50%, 66,7%, 83,3% e 100%. Sendo os resultados obtidos pela (M±SD) de cada concentração. ....	132
<b>Figura 43:</b> Número de germinações das sementes da alface <i>Lactuca sativa</i> , durante 120 h de exposição nas concentrações 0% (controle), 50%, 66,7%, 83,3% e 100%. Sendo os resultados obtidos pela (M±SD) de cada concentração. ....	133
<b>Figura 44:</b> Número de germinações das sementes da alface <i>Lactuca sativa</i> , durante 120 h de exposição nas concentrações 0% (controle), 50%, 66,7%, 83,3% e 100%. Sendo os resultados obtidos pela (M±SD) de cada concentração. ....	134
<b>Figura 45:</b> Comprimento das raízes da alface <i>Lactuca sativa</i> (mm) durante 120 h de exposição nas concentrações 0% (controle), 50%, 66,7%, 83,3% e 100%. Sendo os resultados obtidos pela (M±SD) de cada concentração. ....	136
<b>Figura 46:</b> Comprimento das raízes da alface <i>Lactuca sativa</i> (mm) durante 120 h de exposição nas concentrações 0% (controle), 50%, 66,7%, 83,3% e 100%. Sendo os resultados obtidos pela (M±SD) de cada concentração. ....	138
<b>Figura 47:</b> Comprimento das raízes da alface <i>Lactuca sativa</i> (mm) durante 120 h de exposição nas concentrações 0% (controle), 50%, 66,7%, 83,3% e 100%. Sendo os resultados obtidos pela (M±SD) de cada concentração. ....	140
<b>Figura 48:</b> Comprimento das raízes da alface <i>Lactuca sativa</i> (mm) durante 120 h de exposição nas concentrações 0% (controle), 50%, 66,7%, 83,3% e 100%. Sendo os resultados obtidos pela (M±SD) de cada concentração. ....	141
<b>Figura 49:</b> Gráfico com dados do percentual de mortalidade das réplicas dos testes de <i>Artemia</i> sp. , expostas ao efluente (F) da amostra (A). ....	143

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1:** Fator de emissão de poluentes atmosféricos para queima de carvão e lenha. 45
- Tabela 2:** Resultados dos parâmetros físicos e químicos das amostras coletadas para o efluente (NF) das duas amostras coletadas no dia 16 de março de 2011, denominada nos experimentos como amostra (A) e da amostra coleta no dia 14 de abril de 2011, denominada no experimento de amostra (B). 98
- Tabela 3:** Peso inicial e final dos grupos do bioindicador *Eisenia foetida*, expostas por 14 dias ao efluente (NF), (F) e controle (água destilada) da amostra (A) coletada no dia 16/03/2011. 101
- Tabela 4:** Peso inicial e final dos grupos do bioindicador *Eisenia foetida*, expostas por 14 dias ao efluente (NF), (F) e controle (água destilada) da amostra (B) coletada no dia 14/04/2011. 101
- Tabela 5:** Resultado do primeiro teste de evitação realizado no dia 29/03/2011 com o a amostra (A) do efluente (NF), após 48h de exposição. 104
- Tabela 6:** Resultado do primeiro teste de evitação realizado no dia 29/03/2011 com o a amostra (A) do efluente (F), após 48h de exposição. 104
- Tabela 7:** Resultado do primeiro teste de evitação realizado no dia 26/04/2011 com o a amostra (B) do efluente (NF), após 48h de exposição. 105
- Tabela 8:** Resultados do primeiro teste de evitação realizado no dia 26/04/2011 com a amostra (B) do efluente (F), após 48h de exposição. 105
- Tabela 9:** Percentual de variação de peso dos bulbos, expostos as concentrações de 100%, 75%, 50%, 25%, 12,5 e 0% (controle negativo) expressos por média  $\pm$  desvio padrão ( $M \pm SD$ ), para  $n=6$ , referentes à amostra (A) do efluente (NF). 106
- Tabela 10:** Resultado de significância por meio do teste de Análise de Variância (Anova) do percentual de variação de peso dos bulbos expostos na amostra (A) do efluente (NF). 107
- Tabela 11:** Percentual de variação de peso dos bulbos, expostos as concentrações de 100%, 75%, 50%, 25%, 12,5 e 0% (controle negativo) expressos ( $M \pm SD$ ), para  $n=6$ , referentes à amostra (A) do efluente(F). 108
- Tabela 12:** Resultado de significância por meio do teste de Análise de Variância (Anova) do percentual de variação de peso dos bulbos expostos na amostra (A) do efluente (F). 108

**Tabela 13:** Percentual de variação de peso dos bulbos, expostos as concentrações de 100%, 75%, 50%, 25%, 12,5 e 0% (controle negativo) expressos ( $M \pm SD$ ), para  $n=6$ , referentes à amostra (B) do efluente (NF). 110

**Tabela 14:** Resultado de significância por meio do teste de Análise de Variância (Anova) do percentual de variação de peso dos bulbos expostos na amostra (B) do efluente (NF). 110

**Tabela 15:** Percentual de variação de peso dos bulbos, expostos as concentrações de 100%, 75%, 50%, 25%, 12,5 e 0% (controle negativo) expressos por ( $M \pm SD$ ), para  $n=6$ , referentes à amostra (B) do efluente (F). 112

**Tabela 16:** Resultado de significância por meio do teste de Análise de Variância (Anova) do percentual de variação de peso dos bulbos expostos na amostra (B) do efluente (F). 112

**Tabela 17:** Comprimento da maior raiz dos bulbos, expostos as concentrações de 100%, 75%, 50%, 25%, 12,5 e 0% (controle negativo) expressos por ( $M \pm SD$ ), para  $n=6$ , referentes à amostra (A) do efluente (NF). 114

**Tabela 18:** Resultados de significância por meio do teste de Análise de Variância (Anova) para o comprimento da maior raiz exposta ao efluente (NF) da amostra (A). 114

**Tabela 19:** Resultado do teste de Tukey para o comprimento da maior raiz dos bulbos expostos ao efluente (NF) da amostra (A). 114

**Tabela 20:** Comprimento da maior raiz dos bulbos, expostos as concentrações de 100%, 75%, 50%, 25%, 12,5 e 0% (controle negativo) expressos por ( $M \pm SD$ ), para  $n=6$ , referentes à amostra (A) do efluente (F). 116

**Tabela 21:** Resultados de significância por meio do teste de Análise de Variância (Anova) para o comprimento da maior raiz da amostra (A) do efluente (F). 116

**Tabela 22:** Resultado do teste de Tukey para o comprimento da maior raiz dos bulbos expostos ao efluente (F) da amostra (A). 116

**Tabela 23:** Comprimento da maior raiz dos bulbos, expostos as concentrações de 100%, 75%, 50%, 25%, 12,5 e 0% (controle negativo) expressos ( $M \pm SD$ ), para  $n=6$ , referentes à amostra (B) do efluente (NF). 119

**Tabela 24:** Resultados de significância por meio do teste de Análise de Variância (Anova) para o comprimento da maior raiz exposta a amostra (B) do efluente (NF). 119



**Tabela 25:** Comprimento da maior raiz dos bulbos, expostos as concentrações de 100%, 75%, 50%, 25%, 12,5 e 0% (controle negativo) expressos por ( $M \pm SD$ ), para  $n=6$ , referentes à amostra (B) do efluente (F). 121

**Tabela 26:** Resultados de significância por meio do teste de Análise de Variância (Anova) para o comprimento da maior raiz exposta a amostra (B) do efluente (F). 121

**Tabela 27:** Resultado do teste de Tukey para o comprimento da maior raiz dos bulbos expostos ao efluente (F) da amostra (B). 121

**Tabela 28:** Relação da massa seca e massa úmida das raízes expostas por sete dias ao efluente da nas concentrações de 100%, 75%, 50%, 25%, 12,5 e 0% (controle negativo) expressos ( $M \pm SD$ ), para  $n=6$ , referentes à amostra (A) do efluente (NF). 123

**Tabela 29:** Resultado de significância por meio do teste de Análise de Variação (Anova) da relação da massa seca e massa úmida das raízes da amostra (A) do efluente (NF). 123

**Tabela 30:** Relação da massa seca e massa úmida das raízes expostas por sete dias ao efluente nas concentrações de 100%, 75%, 50%, 25%, 12,5 e 0% (controle negativo) expressos por ( $M \pm SD$ ), para  $n=6$ , referentes à amostra (A) do efluente (F). 125

**Tabela 31:** Resultado de significância por meio do teste de Análise de Variância (Anova) da relação da massa seca e massa úmida das raízes da amostra (A) do efluente (F). 125

**Tabela 32:** Relação da massa seca e massa úmida das raízes expostas por sete dias ao efluente da nas concentrações de 100%, 75%, 50%, 25%, 12,5 e 0% (controle negativo) expressos por ( $M \pm SD$ ), para  $n=6$ , referentes à amostra (B) do efluente (NF). 126

**Tabela 33:** Resultado de significância por meio do teste de Análise de Variância (Anova) do percentual de massa seca das raízes da amostra (B) do efluente (NF). 127

**Tabela 34:** Relação da massa seca e massa úmida das raízes expostas por sete dias ao efluente da nas concentrações de 100%, 75%, 50%, 25%, 12,5 e 0% (controle negativo) expressos por ( $M \pm SD$ ), para  $n=6$ , referentes à amostra (B) do efluente (F). 128

**Tabela 35:** Resultado de significância por meio do teste de Análise de Variância (Anova) do percentual da massa seca das raízes da amostra (B) do efluente (F). 128

- Tabela 36:** Números de germinações das sementes *Lactuca sativa* (alface), analisadas pela média  $\pm$  desvio padrão ( $M \pm SD$ ) das diferentes concentrações a que foram expostas, na amostra (A) efluente (NF). 130
- Tabela 37:** Resultados de significância por meio do teste de Análise de Variância (Anova) do número de sementes germinadas para a amostra (A) do efluente (NF). 130
- Tabela 38:** Números de germinações das sementes *Lactuca sativa* (alface), analisadas pela ( $M \pm SD$ ) das diferentes concentrações a que foram expostas, amostra (A) do efluente (F). 131
- Tabela 39:** Resultados de significância por meio do teste de Análise de Variância (Anova) do número de sementes germinadas para a amostra (A) do efluente (F). 131
- Tabela 40:** Números de germinações das sementes *Lactuca sativa* (alface), analisadas pela ( $M \pm SD$ ) das diferentes concentrações a que foram expostas, na amostra (B) do efluente (NF). 132
- Tabela 41:** Resultados de significância por meio do teste de Análise de Variância (Anova) do número de sementes germinadas para a amostra (B) do efluente (NF). 132
- Tabela 42:** Números de germinações das sementes *Lactuca sativa* (alface), analisadas pela ( $M \pm SD$ ) das diferentes concentrações, a que foram expostas amostra (B) efluente (F). 133
- Tabela 43:** Resultados de significância por meio do teste de Análise de Variância (Anova) do número de sementes germinadas para a amostra (B) do efluente (F). 134
- Tabela 44:** Comprimento das raízes das sementes germinadas da *Lactuca sativa* (alface), resultados obtidos pela ( $M \pm SD$ ) das diferentes concentrações, a que foram expostas amostra (A) do efluente (NF). 135
- Tabela 45:** Resultados de significância por meio do teste de Análise de Variância (Anova) para a média do comprimento das raízes das sementes da *Lactuca sativa* (alface), na amostra (A) do efluente (NF). 136
- Tabela 46:** Resultado do teste de Tukey para as médias do comprimento das raízes das sementes germinadas na amostra (A) no efluente (NF). 136
- Tabela 47:** Comprimento das raízes das sementes germinadas da *Lactuca sativa* (alface), resultados obtidos pela ( $M \pm SD$ ) das diferentes concentrações, a que foram expostas amostra (A) do efluente (F). 137



- Tabela 48:** Resultados de significância por meio do teste de Análise de Variância (Anova) para a média do comprimento das raízes das sementes da *Lactuca sativa* (alface), na amostra (A) do efluente (F). 138
- Tabela 49:** Comprimento das raízes das sementes germinadas da *Lactuca sativa* (alface), resultados obtidos pela ( $M \pm SD$ ) das diferentes concentrações, a que foram expostas amostra (B) do efluente (NF). 139
- Tabela 50:** Resultados de significância por meio do teste de Análise de Variância (Anova) para a média do comprimento das raízes das sementes da *Lactuca sativa* (alface), na amostra (B) do efluente (NF). 139
- Tabela 51:** Comprimento da maior raiz das sementes germinadas da *Lactuca sativa* (alface), resultados obtidos pela ( $M \pm SD$ ) das diferentes concentrações, a que foram expostas, na amostra (B) efluente (F). 140
- Tabela 52:** Resultados de significância por meio do teste de Análise de Variância (Anova) para a média do comprimento das raízes das sementes da *Lactuca sativa* (alface), na amostra (B) do efluente (F). 141
- Tabela 53:** Percentual de mortalidade das réplicas dos testes de *Artemias* sp expostas ao efluente (F) da amostra (A). 143

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACP	Ação Civil Pública
ANFACER	Associação Nacional dos Fabricantes de Cerâmica para
Revestimento	
Anova	Analyses de Variances
ASMT	American Society for Testing and Materials
CA	Califórnia
CaCO <sub>3</sub>	Carbonato de Cálcio
CAE	Concentrações Ambientais Esperadas
CDC	Código Defesa do Consumidor
CE50	Concentração de Evitação Média
CE50	Concentração Efetiva 50
CENO	Concentração de Efeito Não Observado
CEO	Concentração de Efeito Observado
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CH <sub>4</sub>	Metano
CL50	Concentração Letal
CO	Monóxido de Carbono
CO <sub>2</sub>	Dióxido de Carbono
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CONSEMA	Conselho Estadual do Meio Ambiente
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DE50	Dose Efetiva
DIN	Deutschers Institut für Normung
DL50	Dose Letal
DQO	Demanda Química de Oxigênio
ECA	Estatuto da Criança e do Adolescente
ECP	Engenheiros Consultores e Projetistas
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
F	Filtrado
FATMA	Fundação do Meio Ambiente de Santa Catarina
FD	Fator de Diluição

FD	Frequência de Dano
GTZ	Agencia Alemã de Cooperação Técnica
H <sub>1</sub>	Hipótese Alternativa
HC	Hidrocarbonetos
H <sub>0</sub>	Hipótese de Nulidade
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos
Renováveis	
ID	Índice de Dano
IPAT	Instituto de Pesquisas Ambientais e Tecnológicas
ISO	International Organization for Standardization
LADEBIMA	Laboratório de Desenvolvimento de Biomateriais e Materiais
Antimicrobianos	
LME	Limite Máximo de Emissão
M±SD	Média ± Desvio Padrão
MMA	Ministério de Minas e Energia
MP	Material Particulado
MPSC	Ministério Público de Santa Catarina
MS	Ministério da Saúde
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
Nd	Não Detectável
NF	Não Filtrado
NH <sub>3</sub>	Amônia
NO <sub>x</sub>	Oxido de Nitrogênio
Np	Não Previsto
OECD	Organization for Economic Co-operation and Development
pH	Potencial de Hidrogênio
PNMA	Política Nacional do Meio Ambiente
PROGESC	Programa de Informações Básicas para Gestão Territorial de
Santa Catarina.	
RL	Resposta Líquida
SC	Santa Catarina
SINDCER	Sindicato da Indústria Cerâmica Vermelha de Morro da Fumaça
SISNAMA	Sistema Nacional do Meio Ambiente
SO <sub>2</sub>	Dióxido de Enxofre

SO <sub>x</sub>	Oxido de Enxofre
TAC	Termo de Ajustamento de Conduta
TCC	Trabalho de Conclusão de Curso
USA	Estados Unidos da América

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>25</b>
<b>1.1 Justificativa</b> .....	<b>26</b>
<b>1.2 Objetivo Geral</b> .....	<b>28</b>
<b>1.3 Objetivos Específicos</b> .....	<b>28</b>
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>29</b>
<b>2.1 Questões Ambientais e Geração de Resíduos</b> .....	<b>29</b>
<b>2.2 Olarias “Cerâmica Vermelha (estrutural)”</b> .....	<b>31</b>
<b>2.3 Produções da Cerâmica estrutural-processo produtivo</b> .....	<b>32</b>
2.3.1 Fluxograma do Processo Produtivo de Cerâmica Vermelha .....	32
2.3.1.1 Entrada da matéria prima .....	34
2.3.1.2 Estoque da mistura .....	34
2.3.1.3 Caixa de alimentação .....	35
2.3.1.4 Misturador .....	36
2.3.1.5 Laminador .....	37
2.3.1.6 Extrusão (Maromba) .....	38
2.3.1.7 Corte .....	39
2.3.1.8 Secagem .....	40
2.3.1.9 Queima (forno) .....	41
2.3.1.10 A Inspeção, Estocagem e Expedição. ....	43
<b>2.4 Questões ambientais da cerâmica vermelha (estrutural)</b> .....	<b>43</b>
<b>2.5 Adequações as Legislações Ambientais</b> .....	<b>45</b>
2.5.1 Lavadores de Gases e Coletores Úmidos .....	49
2.5.2 Efluentes Líquidos .....	52
<b>2.6 Toxicologia</b> .....	<b>54</b>
2.6.1 Toxicologia Ambiental (Ecotoxicologia) .....	55
<b>2.7 Agentes Tóxicos</b> .....	<b>57</b>
2.7.1 Técnica para Identificação de Agentes Tóxicos em Amostras Líquidas .....	58
2.7.2 Avaliação da Toxicidade .....	59
2.7.3 Testes Ecotoxicológicos .....	61
2.7.4 Tipologia dos Testes Ecotoxicológicos .....	63
2.7.4.1 Testes de Toxicidade Aguda .....	65
2.7.4.2 Teste de Toxicidade Crônica .....	66

2.7.5 Organismos-Teste.....	67
2.7.5.1 <i>Eisenia foetida</i> (minhoca-vermelha-da-Califórnia).....	68
2.7.5.2 <i>Lactuca sativa</i> (alface).....	70
2.7.5.3 <i>Allium cepa</i> L. (Cebola).....	71
2.7.5.4 <i>Artemia</i> sp. (microcrustáceo).....	72
<b>2.8 Legislações Referentes à Toxicidade.....</b>	<b>73</b>
<b>2.9 Modelos e Validação da Aplicação de Bioteste.....</b>	<b>75</b>
<b>3 METODOLOGIA.....</b>	<b>78</b>
<b>3.1 Análises Físico – Químicas.....</b>	<b>81</b>
<b>3.2 Testes de Fitotoxicidade (não estático) com Bioindicador <i>Lactuca sativa</i> (alface), expostos ao Efluente (NF) e Efluente filtrado (F) das amostras (A) e (B). 81</b>	
3.2.1 Testes Preliminares.....	81
3.2.2 Testes Definitivos.....	82
<b>3.3 Testes de Toxicidade com Oligoquetos da Espécie <i>Eisenia foetida</i> (minhoca-vermelha-da-Califórnia)......</b>	<b>84</b>
3.3.1 Preparo do Solo Artificial.....	84
<b>3.4 Testes de Toxicidade Aguda com Papel de Contato com oligoquetos da espécie <i>Eisenia foetida</i> (minhoca-vermelha-da-Califórnia).....</b>	<b>86</b>
<b>3.5 Testes de Fuga ou Ensaio de Comportamento com Oligoquetos da espécie <i>Eisenia foetida</i> (minhoca-vermelha-da-Califórnia), exposta ao efluente (NF) e (F).88</b>	
<b>3.6 Testes de Toxicidade Subaguda (fitotoxicidade) com <i>Allium cepa</i> L., expostas por sete dias no efluente (NF), (F) das amostras (A) e (B), e controle negativo.....</b>	<b>90</b>
<b>3.7 Testes de Toxicidade Aguda em microcrustáceo <i>Artemia</i> sp., expostos ao efluente (F) e controle negativo (água salina)......</b>	<b>92</b>
<b>3.8 Análises Estatísticas.....</b>	<b>94</b>
3.8.1 Variância.....	95
3.8.2 Tratamento.....	95
3.8.3 Unidade Experimental.....	96
3.8.4 Análise de Variância.....	96
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>98</b>
<b>4.1 Resultados dos Parâmetros Físico e Químicos do Efluente.....</b>	<b>98</b>

<b>4.2 Resultados dos Testes de Toxicidade Aguda com <i>Eisenia foetida</i> expostas por 14 dias ao efluente (NF), (F) e controle negativo, realizados com a amostra (A) e amostra (B).</b> .....	<b>100</b>
<b>4.3 Resultados dos Testes de Toxicidade Aguda com Papel Contato com organismos <i>Eisenia foetida</i>.</b> .....	<b>103</b>
<b>4.4 Resultados dos Testes de Fuga ou Ensaio de Comportamento com Oligoquetos da espécie <i>Eisenia foetida</i> (minhoca-vermelha-da-Califórnia), exposta ao efluente (NF) e (F) das amostras (A) E (B).</b> .....	<b>103</b>
<b>4.5 Resultados dos Testes de Toxicidade Subaguda (fitotoxicidade) com <i>Allium cepa</i> L., expostas por sete dias no efluente (NF), (F) e controle negativo com as amostras (A) e (B).</b> .....	<b>106</b>
4.5.1 Ganho de Peso dos Bulbos (%), expostos a Amostra (A) do Efluente (NF)....	106
4.5.2 Ganho de Peso dos Bulbos (%), expostos a Amostra (A) do Efluente (F). ....	108
4.5.3 Ganho de Peso dos Bulbos (%), expostos a Amostra (B) do Efluente (NF)....	110
4.5.4 Ganho de Peso dos Bulbos (%), expostos a Amostra (B) do Efluente (F). ....	111
4.5.5 Comprimento da Maior Raiz (mm), dos Bulbos expostos na Amostra (A) do Efluente (NF).....	113
4.5.6. Comprimento da Maior Raiz (mm), dos Bulbos expostos na Amostra (A) do Efluente (F).....	116
4.5.7 Comprimento da Maior Raiz (mm), dos Bulbos expostos na Amostra (B) do Efluente (NF).....	119
4.5.8 Comprimento da Maior Raiz (mm), dos Bulbos expostos na Amostra (B) do Efluente (F).....	120
4.5.9 Percentual de Massa Seca da Raiz (g) dos bulbos expostos na amostra (A) do efluente (NF) .....	123
4.5.10 Percentual de massa seca da raiz (g) dos bulbos expostos na amostra (A) do efluente (F).....	124
4.5.11 Percentual de Massa Seca da Raiz (g) dos Bulbos Expostos na Amostra (B) do Efluente (NF).....	126
4.5.12 Percentual de Massa Seca da Raiz (g) dos Bulbos Expostos na Amostra (B) do Efluente (F).....	128
<b>4.6 Testes Fitotoxicidade (não estático), com o Bioindicador, <i>Lactuca sativa</i> (alface), expostos ao Efluente (NF) e (F) das Amostras (A) e (B), analisando o</b>	

<b>número de germinações e o comprimento da maior raiz em (mm) das sementes.....</b>	<b>129</b>
4.6.1 Resultados dos Testes do Comprimento das Raízes (mm) das sementes germinadas da <i>Lactuca sativa</i> (alface), expostas ao Efluente (NF) (F) e, respectivo controle negativo com as Amostras (A) e (B).....	135
<b>4.7 Resultados dos Testes de Toxicidade Aguda com o Microcrustáceo <i>Artemia</i> sp., expostos ao Efluente (F) das Amostras (A) e (B). .....</b>	<b>142</b>
<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>144</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>146</b>



## INTRODUÇÃO

Entre as diversas formas de poluição ambiental está a poluição por resíduos industriais, ocasionando graves problemas sociais, econômicos e ambientais.

Para que o resíduo industrial tenha disposição final, transporte ou processamento correto é de extrema importância que o gerador do resíduo forneça informações a respeito das características dos contaminantes presentes, mas estas referências não devem ser os únicos parâmetros considerados para que seja possível optar pelo tratamento final adequado dos resíduos (DIAS, 2007).

As empresas do setor cerâmico, caracterizadas como Cerâmica Vermelha, Estrutural ou popularmente conhecida como Olarias, desempenham um importante papel na economia da região Sul, apesar de ainda cultivarem técnicas antigas e ineficientes, assim como equipamentos ultrapassados, levando a precariedade do setor (SILVA, 2007).

Igualmente como qualquer outra atividade, as Olarias também são geradoras de quantidades consideráveis de resíduos sólidos, líquidos e gasosos durante as etapas do processo produtivo que podem ser considerados como contaminantes ambientais.

Hoje as Olarias dispõem de um equipamento do tipo lavador de gases, utilizado para minimizar as emissões de contaminantes atmosféricos, gerados no processo de atomização da massa cerâmica a partir da queima do combustível usado para o aquecimento dos fornos.

Segundo Clezar; Nogueira (1999), o lavador de gases é um dos poucos equipamentos disponíveis na remoção de gases contaminantes emitidos pelo processo produtivo das olarias.

A instalação desses equipamentos surgiu para que as olarias se adequassem às legislações ambientais.

O uso do lavador de gases nas olarias da região Sul, foi exigência estabelecida por lei, mediante acordo firmado no ano de 2004, através do (TAC) Termo de Ajustamento de Conduta, celebrado pelo (MPSC) Ministério Público de Santa Catarina e posterior aditivo, firmado no ano de 2006, estabelecendo a

utilização de um sistema de contenção atmosférica nos setores (SANTA CATARINA 2006).

Entretanto o uso deste equipamento acaba por gerar um efluente contendo sólidos em suspensão e elevada turbidez, sendo este, de características desconhecidas, contudo não possuindo nenhuma forma de tratamento, pois o efluente é utilizado em ciclo fechado, retornando ao lavador, fechando o circuito hidráulico.

Segundo informações extraoficiais, este efluente estaria sendo utilizado por agricultores em plantações, como fertilizante.

A relação do uso inadequado e o fato real de que o efluente gerado pelos lavadores de gases usados na maioria das olarias da região, não possuem nenhuma forma de tratamento e, que não existe legislação prevista para uso e descarte do mesmo, foi à condicionante maior para a realização desse trabalho, considerando também a questão preocupante do uso inadequado, aliado ao uso de um efluente desconhecido, sendo que até os dias atuais são poucos os estudos realizados sobre as características desse efluente.

Dessa maneira surgiram questionamentos em relação à toxicidade do efluente, suas características físico-químicas e seu enquadramento perante a legislação ambiental.

Em meio esta preocupação o presente trabalho atribui como objetivo geral caracterizar, avaliar e analisar amostras de efluentes gerados por lavador de gases instalados em chaminés de olaria (subsetor da indústria cerâmica), por meio de testes físico-químicos e bioensaios que auxiliam na avaliação da toxicidade do efluente, fornecendo um parâmetro somatório para sua caracterização.

## **1.1 Justificativa**

A degradação causada pelo homem ao meio ambiente tornou-se uma grande preocupação ambiental. O ser humano interfere na vida do planeta poluindo e degradando ar, solo e água, com severa magnitude. A poluição gerada no planeta torna-se maior a cada dia, fugindo até mesmo da alta capacidade de regeneração da natureza.

As atividades industriais são consideradas uma das maiores geradoras de resíduos, com grande diversidade de característica física, química e biológica,

necessitando de gerenciamento e disposição adequada desses resíduos (CETESB, 1996). Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental.

As atividades do setor da Cerâmica Estrutural (vermelha) popularmente denominadas de olarias têm uma grande contribuição para a geração de resíduos e efluentes, dentre os quais, destaca-se o efluente gerado pelo uso do lavador de gases, equipamento utilizado para reduzir a emissão de gases poluentes, provenientes do processo produtivo.

Os estudos a fim de minimizar o descarte inadequado ou destinar este efluente para outros fins são poucos difundidos até o presente momento, visto isso através de incessantes buscas na literatura e artigos publicados sobre o assunto.

Hoje com as pressões e exigências feitas por órgãos ambientais e sociedade em geral, o homem obrigou-se a se adequar ao quadro imposto pelas legislações ambientais, e vem tomando medidas para reverter este cenário degradado e poluído.

A preocupação com esse fato obrigou o homem a buscar alternativas de preservação do meio ambiente, desenvolvendo novas ferramentas, sendo que os testes ecotoxicológicos estão sendo de grande valia para tal, por serem capazes de detectar integralmente todas as interferências causadas por agentes nocivos ao meio ambiente (KNIE; LOPES, 2004).

Testes de toxicidade são ferramentas desejáveis para avaliar a qualidade das águas e a carga poluidora de efluentes, uma vez que somente as análises físico-químicas tradicionalmente realizadas, cujos limites encontram-se estabelecidos nas legislações ambientais, não são capazes de distinguir entre as substâncias que afetam os sistemas biológicos e as que são inertes no ambiente. Sendo assim, isso ainda não é suficiente para avaliar o potencial de risco ambiental dos contaminantes (OGA; SIQUEIRA, 2003).

Em face da grande importância dos biotestes na resolução dos problemas que envolvam substâncias nocivas, o presente trabalho tem como objetivo principal caracterizar, avaliar e analisar amostras de efluentes, gerados por lavador de gases instalados em chaminés de olaria, com a perspectiva de deparar com novas soluções para avaliar os meios contaminados prejudiciais ao homem e ao meio ambiente.

A contribuição teórica, prática e resultante do presente trabalho, terão como intuito principal aliar-se a outras pesquisas, em busca de novos resultados e

apontar soluções preponderantes para aliviar o efeito tóxico de contaminantes para o meio ambiente.

## 1.2 Objetivo Geral

Caracterizar, avaliar e analisar a toxicidade das amostras de efluentes gerados por lavador de gases instalados em chaminés de olaria (subsetor da indústria cerâmica), por meio de testes físico-químicos e biotestes com *Lactuca sativa*, *Allium cepa* L., *Artemia* sp., e *Eisenia foetida*.

## 1.3 Objetivos Específicos

- I. Caracterizar as amostras não tratadas coletadas em diferentes períodos do tanque de recepção do efluente de lavador de gases de olaria, por meio de parâmetros físicos - químicos;
- II. Avaliar a fitotoxicidade em *Lactuca sativa* (alface), expostas ao efluente não filtrado (NF) e efluente filtrado (F) do lavador de gases;
- III. Avaliar a toxicidade aguda em *Eisenia foetida* (minhoca-vermelha-da-Califórnia), expostos ao efluente de lavador de gases não filtrado (NF) e efluente filtrado (F);
- IV. Avaliar a fitotoxicidade em *Allium cepa* L., exposta ao efluente não filtrado (NF) e efluente (F) do lavador de gases, através da determinação da inibição do crescimento da raiz, peso médio das raízes secas e variação percentual de peso dos bulbos;
- V. Avaliar a toxicidade aguda sobre o microcrustáceo *Artemia* sp., expostos às amostras do efluente (F), através da determinação da concentração letal (CL50).

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo tem por finalidade fornecer informações acerca dos conceitos e teorias defendidos por diversos autores, com intenção de elucidar o objetivo de pesquisa proposto e dar subsídios para realizar a apresentação e análise de dados. Considerando que a pesquisa é a forma mais segura e aperfeiçoada de busca do conhecimento e solução de problemas.

### 2.1 Questões Ambientais e Geração de Resíduos

Desde sua origem, o homem vem adaptando o meio em que vive para satisfazer seus próprios interesses. As adaptações promovem modificações que vão de pequenas a gigantescas e quando prejudicam o meio ambiente são denominadas de poluição (BRANCO, 1972).

O termo poluição denomina a degradação da qualidade do ar, resultado de atividades que direta ou indiretamente prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população, ou desfavoreçam as atividades sociais e econômicas, afetem negativamente a biota, ou afetem as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente, ou emitam matéria ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos (BRASIL, 1981).

“Poluição ambiental abrange uma série de aspectos, que vão desde a contaminação do ar, das águas e do solo, a desfiguração da paisagem, erosão de monumentos e construções até a contaminação da paisagem e a contaminação da carne de aves com hormônio” (FELLENBERG, 1980, p.1).

De acordo com Fellenberg (1980, p.1) na procura das causas da poluição ambiental, tal como observada hoje, deparamos com dois fatores básicos:

[...] como nenhum outro ser vivo, consegue o homem transformar as matérias-primas que encontra de modo a torná-las úteis para si, seja como ferramentas ou máquinas, ou como artefato de lazer e objeto de arte. Durante a confecção de todos estes artigos formam-se resíduos inúteis, que com o tempo acabam por comprometer o ambiente. Além disso, durante estes processos de fabricação há o consumo de energias provenientes de outras fontes, que também está associada a uma poluição ambiental.

O segundo fator citado pelo mesmo autor diz que:

[...] comprometimento do meio ambiente reside no contínuo aumento da população, que força uma crescente produção de alimentos. Como a área de terras cultiváveis não pode crescer no mesmo ritmo que a população, o necessário aumento da produção só pode ser atingido mediante uma intensificação da agricultura nas áreas já disponíveis. Para tanto se torna necessária uma eficiente produção de fertilizantes, seja em forma de adubos orgânicos seja em forma de fertilizantes minerais; exige-se ainda uma proteção ativa no cultivo das plantas contra pragas de origem vegetal ou animal. A necessidade de emprego de meios químicos de proteção é ocasionalmente criticada.

Os aspectos de preservação ecológica tem tido importância cada vez maior, pois a população humana é atingida diretamente por modificações que comprometem a qualidade do ar atmosférico e indiretamente pelas mudanças ecológicas que ocorrem no solo e na água. Essas alterações são denominadas poluição e são provocadas principalmente pelo aumento da radiação ionizante e alterações físicas, químicas e biológicas de cada um desses ambientes (BRANCO, 1986).

Os problemas ambientais começaram a surgir com maior intensidade após a Revolução Industrial, pois a partir desse momento o homem começou a produzir e poluir de maneira simultânea (MOREIRA, 2001).

A Revolução Industrial ocasionou um grande desenvolvimento econômico que conforme Moreira (2001) acabou impedindo que os problemas ambientais que já eram visíveis fossem considerados, pois os benefícios provenientes deste progresso tornavam um mal necessário. Em consequência deste “progresso” surgiram vários problemas ambientais, como por exemplo, consumo excessivo de recursos naturais, lançamento de resíduos, efluentes e emissões atmosféricas em quantidade excessiva, contaminando o ar, a água e o solo.

Com a industrialização a contaminação do meio ambiente pelas empresas provocou inúmeras catástrofes ambientais que tiveram grande repercussão tanto em nível local, regional quanto global. Essas repercussões foram à chamada para a conscientização ambiental que se deu a partir dos anos 70 (DIAS, 2007).

Com o crescente aumento da concorrência e das preocupações com a melhoria da qualidade do meio ambiente, as indústrias vêm buscando alternativas para diminuir os custos, visando à redução de impactos ambientais e ao aumento da credibilidade perante o mercado consumidor. Esse comportamento se insere no contexto de uma legislação mais exigente, do desenvolvimento de políticas econômicas, de outras medidas destinadas a estimular a proteção ao meio ambiente

e de uma crescente preocupação das partes interessadas em relação à questão ambiental e ao desenvolvimento sustentável (FERNANDES et al. 2003).

Whaten (1996) demonstrou que a rápida industrialização do último século vem aumentando, exponencialmente, as emissões tóxicas, gerando resíduos, extinção de espécies, alto consumo de recursos naturais, entre outros, nos obriga a buscar soluções imediatas ao conflito entre crescimento econômico e a proteção ambiental.

Pelo menos em princípio reconhece-se hoje o problema representado pelo comprometimento do meio ambiente, contudo as opiniões são diversas no que se refere às possibilidades de eliminar os perigos daí decorrentes (FELLENBERG, 1980).

## **2.2 Olarias “Cerâmica Vermelha (estrutural)”**

De acordo com Santa Catarina (1990, p.19), “cerâmica vermelha compreende matéria com coloração avermelhada empregados na construção civil (tijolos, blocos de telhas, elementos vazados, lages, tubos cerâmicos e argilas expandidas) e também utensílios de uso doméstico e de decoração. Segmento formado em geral pelas olarias e fábricas de louça de barros”.

Olaria é um sub-setor da indústria cerâmica, classificada como cerâmica vermelha, que compreende os produtos que apresentam cor vermelha, após a queima, como tijolos e telhas (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2011).

De acordo com Zandonadi; Jordão (2002), a cor característica da cerâmica estrutural, o vermelho, é o resultado da oxidação dos compostos de ferro contidos ou liberados pela argila durante a queima, sendo esta a principal matéria-prima. A cor varia de acordo com o percentual de óxido de ferro e da presença de outros minerais na argila e também de acordo com a atmosfera oxidante do forno durante a queima.

Col, 2003 apud Gluglielmi (2008), relata que a cerâmica usada para a construção só veio com a falta de madeiras, pedras e metais na Mesopotâmia, onde o recurso em abundância era a argila. Com a presença de tijolos, veio à tona a realidade da construção de grandes edifícios, mais se foi um período de mil anos para a evolução do tijolo seco até o queimado, o qual era queimado a temperaturas

de até 550°C, com isso apresentava características bem superiores aos dos tijolos apenas secos.

Conforme Rizzatti (2003), o setor da cerâmica vermelha (estrutural) tem aproximadamente o mesmo perfil em praticamente todos os estados do Brasil. Este perfil mostra um grande potencial, aliado as empresas de pequena capacidade tecnológica e de investimento e, conseqüentemente, com a fabricação de produtos (blocos) de baixa qualidade. Ao mesmo tempo encontram-se, praticamente em todas as regiões, jazidas de argila em qualidade e quantidade suficientes para justificar investimentos econômicos e científicos na área.

Em Santa Catarina, por exemplo, existem 742 olarias, com uma produção de cerca de 100 milhões de unidades por mês (RIZZATTI, 2003, p.4,5).

### **2.3 Produções da Cerâmica estrutural-processo produtivo**

Conforme Cunha; Furtado (2005), o processo produtivo básico das olarias é simples, com pouca variação de uma empresa para outra, nas suas diversas etapas: extração, estocagem em galpões no pátio, preparação da matéria-prima, com ou sem a desintegração do material com o destorrador, mistura de dois ou mais tipos de argila, laminação para refinamento da mistura, conformação do material em tijolos ou telhas, processo térmico, com secagem natural ou estufas e queima das peças produzidas em fornos, estocagem, expedição.

#### **2.3.1 Fluxograma do Processo Produtivo de Cerâmica Vermelha**

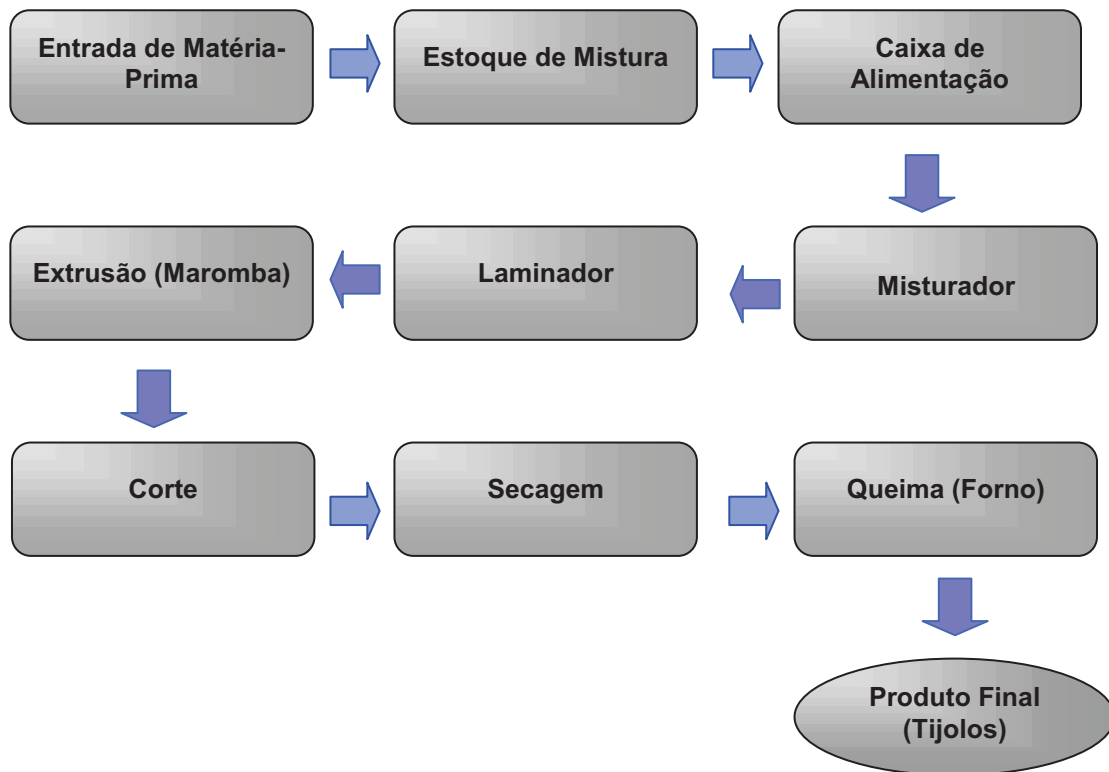
A seguir apresenta-se o fluxograma do processo produtivo da empresa em estudo com base em informação pessoal, obtida “*in loco*”, com o Engenheiro Valmir Borttoloto<sup>1</sup> o qual descreveu o processo produtivo da fabricação de tijolos apresentado na Figura 1.

---

<sup>1</sup> Engenheiro Químico Valmir Borttoloto, contratado para elaboração e instalação do lavador de gases da olaria em questão, conhecendo todo o processo produtivo por ter se especializado profissionalmente em atividades de cerâmica branca e estrutural.



**Figura 1:** Fluxograma do Processo de Fabricação de Revestimento Cerâmico.



(Fonte: BORGES; C., 2011).

### 2.3.1.1 Entrada da matéria prima

O processo produtivo inicia a partir do momento em que a matéria- prima chega à empresa e é acondicionada em um pátio coberto ou descoberto Figura 2. As argilas são os principais componentes da formulação de massa, quando se trata de produzir cerâmica estrutural.

**Figura 2:** Recebimento e acondicionamento da matéria-prima em pátio aberto.



Fonte: (BORGES; C., 2011)

### 2.3.1.2 Estoque da mistura

Estoque de mistura Figura 3 é o lugar destinado para acondicionamento de toda matéria-prima utilizada no processo produtivo, localizado em um pátio coberto.

**Figura 3:** Estocagem da matéria-prima para a produção de cerâmica vermelha no município de Morro da Fumaça/SC.



Fonte: (BORGES; C., 2011).

### 2.3.1.3 Caixa de alimentação

O caixão alimentador Figura 4 recebe a matéria – prima (argila), que se encontra no pátio da cerâmica. Este é constituído por uma caixa de seção horizontal retangular, com abertura inferior, através de um mecanismo de esteiras de velocidade controlada, serve para deslocar a argila do caixão para a linha de processo. Com a ajuda de correia transportadora a argila é encaminhada ao misturador.

**Figura 4:** Caixa Alimentador.



Fonte: (BORGES; C. 2011).

#### **2.3.1.4 Misturador**

A partir do caixão alimentador a massa bruta é transportada para o misturador Figura 5 que através de movimentos circulares, permite a quebra de torrões que ainda não foram desfeitos. O objetivo desse processo seria agregar elementos de diferentes características para formar uma única mistura, que represente um todo. Nesse equipamento acontece a homogeneização e a umidificação da massa bruta da argila.

**Figura 5:** Misturador, equipamento utilizado para a homogeneização e a umidificação da massa bruta da argila.



Fonte: (BORGES; C., 2011).

### **2.3.1.5 Laminador**

É um equipamento composto de dois cilindros Figura 6 que giram a um número de rotações diferente e em sentido contrário, tendo como sua função melhorar a compactação e homogeneização da massa de argila.



**Figura 6:** Laminador, equipamento utilizado para uma melhor compactação e homogeneização da massa de argila.



Fonte: (BORGES; C., 2011).

### **2.3.1.6 Extrusão (Maromba)**

A conformação por extrusão é a técnica mais utilizada no campo das cerâmicas vermelhas. Pode ser obtida com massas possuindo um percentual de umidade que pode variar entre 20 e 30% de água.

A argila homogeneizada entra na maromba Figura 7 que comprime contra a boquilha, dando o formato de saída. Esse equipamento tem dupla função, a primeira é retirar o ar da massa da argila por sistema de vácuo e a segunda, é comprimir e extrudar a argila no formato das peças para posteriormente serem cortadas.

**Figura 7:** Visão frontal da maromba.



Fonte: (BORGES; C., 2011).

### **2.3.1.7 Corte**

Os cortes são realizados por máquinas, geralmente constituídas por: roleira ou esteira de transporte, cortadeira, sistema de recolhimento.

O bloco da argila extrudada, já no formato do produto final, saindo da boquilha, é automaticamente cortado pela máquina cortadora Figura 8, em tamanhos pré-fixados que correspondem ao comprimento dos tijolos.

**Figura 8:** Cortador, equipamento utilizado para realizar o corte tijolos.



Fonte: (BORGES; C., 2011).

### **2.3.1.8 Secagem**

Após o corte as peças passam pelo processo de secagem Figura 9 que tem como função reduzir a quantidade de água contida nas peças (LIMAVERDE, 1983). Essa secagem dura em torno de uma semana, dependendo do tipo de tijolo, por exemplo, o maciço pode demorar um mês. Durante a secagem as peças reduzem até 25% a umidade. É essencial a secagem para uma melhor qualidade do produto, uma vez que a entrada de uma massa úmida no forno provoca deformações nos tijolos.

Segundo Toffoli (1997), o processo de secagem, é a eliminação por evaporação da água contida nas peças por meio do ar aquecido. A secagem deve ser feita lentamente e em baixa temperatura ( $110\pm 120^{\circ}\text{C}$ ), de modo que a água sai lentamente do interior da peça sem causar danos à mesma.

Podendo ocorrer também à secagem natural, que é feita em galpões cobertos, onde as peças são empilhadas em prateleiras por um período médio de



sete dias. É um processo bastante primitivo, porém, ainda o mais comum nas empresas.

**Figura 9:** Local onde ocorre a secagem natural dos tijolos.



Fonte: (BORGES; C. 2011).

### 2.3.1.9 Queima (forno)

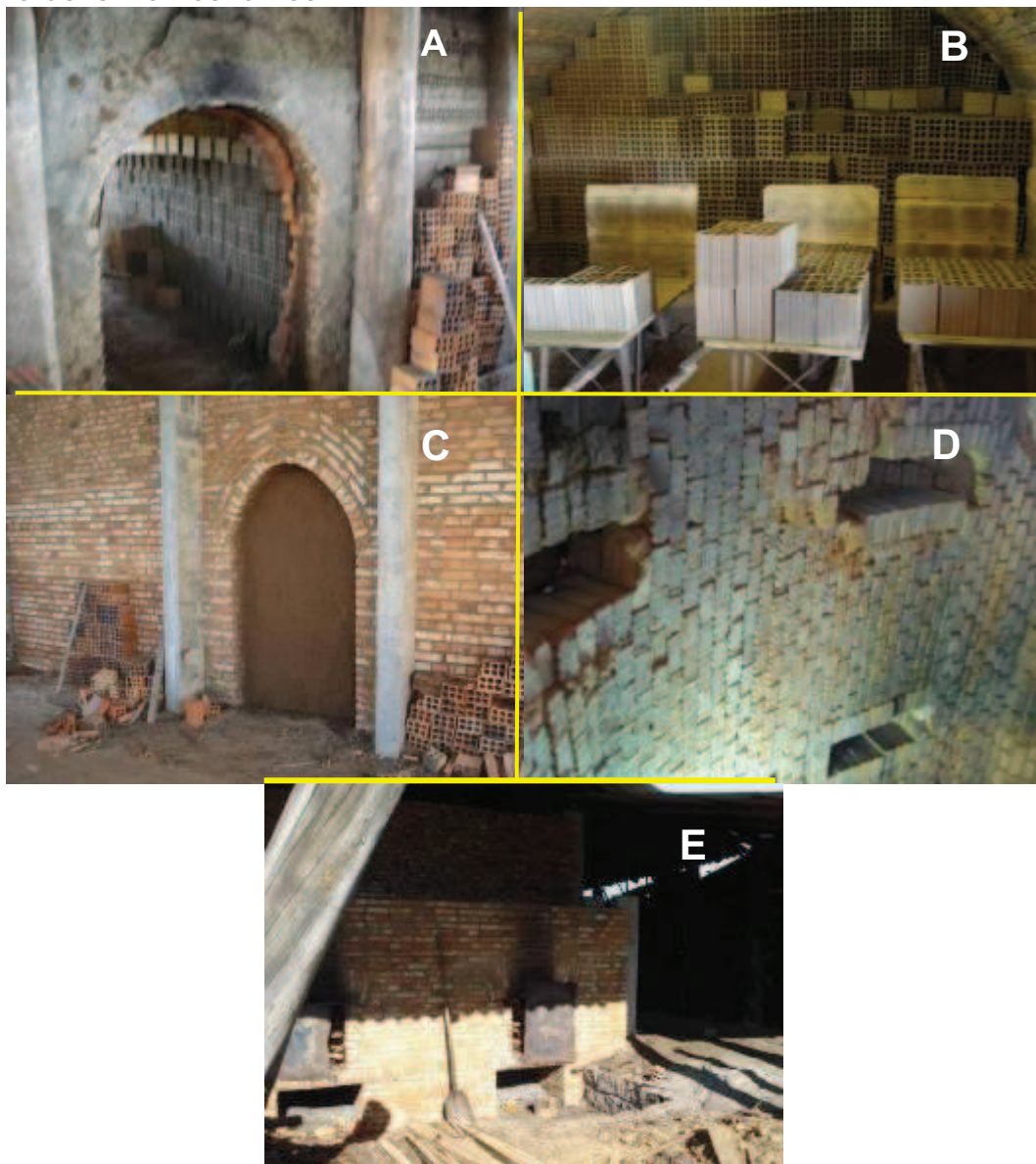
Após a secagem as peças são empilhadas dentro dos fornos Figura 10 A onde a temperatura pode atingir até 850°C, sendo baixada gradativamente, até o resfriamento para manuseio, num ciclo total de aproximadamente 120 dias (CORDOVA, 2007).

Os fornos de cerâmica vermelha possuem várias denominações, podendo ser de ciclo contínuo que utilizam combustíveis a base de óleo ou gás ou intermitente que utiliza a lenha e o carvão vegetal como combustível, este são os mais usados, pois os fornos de ciclo contínuo possuem um alto custo tecnológico.

O processo de queima começa com o abastecimento de material no forno Figura 10 B. Após essa etapa as portas do forno são fechadas com tijolos assentados com barro Figura 10 C e, ateia-se fogo ao combustível depositado nas fomalhas localizadas ao redor do forno Figura 10 D, E.

Nos fornos para cerâmica vermelha, o produto permanece totalmente exposto aos gases de combustão e aos gases que são emitidos pela matéria-prima durante o aquecimento, considerando então recíprocas influências entre o produto final e as substâncias contidas no fluxo gasoso do forno.

**Figura 10:** A) Vista frontal do forno. B) Acondicionamentos dos tijolos no interior do forno. C) Vista frontal do forno fechado com o assentamento de tijolos e barro. D) Entrada para o combustível (lenha) na parte superior dos fornos. E) Visão frontal da queima de lenha nos fornos.



Fonte: (BORGES, C. 2011).

### **2.3.1.10 A Inspeção, Estocagem e Expedição.**

Estas são as três últimas fases do processo. A inspeção trata-se da verificação da qualidade atingida, para que o cliente possa receber um produto dentro das especificações. Após a inspeção, o produto é estocado no pátio da empresa até sua comercialização.

## **2.4 Questões ambientais da cerâmica vermelha (estrutural).**

A (PNMA) Política Nacional do Meio Ambiente determina como regra geral que toda atividade que se utiliza dos recursos ambientais, consideradas efetiva e potencialmente poluidoras, bem como as capazes, sob qualquer forma, de causar degradação ambiental devem estar devidamente licenciadas.

A construção, instalação, ampliação e funcionamento de estabelecimentos e atividades utilizadores de recursos ambientais [...] dependerão de prévio licenciamento de órgão estadual competente, integrante do Sistema Nacional do Meio Ambiente - SISNAMA, e do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis - IBAMA, em caráter supletivo, sem prejuízo de outras licenças exigíveis (BRASIL, 1981).

A indústria cerâmica vermelha deve estar devidamente licenciada, pois se trata de uma atividade potencialmente causadora de degradação ambiental (CONSEMA 001/2006), Conselho Estadual do Meio Ambiente. Cabe então ser submetida a regulamentos pelos diferentes órgãos governamentais nas distintas esferas do poder, tanto o Executivo Municipal, Estadual e Federal, além das entidades e fundações ambientais inseridos no (SISNAMA) Sistema Nacional do Meio Ambiente que é o órgão responsável por colocar em prática a PNMA, sancionada na Constituição Federal de 1988.

A Resolução CONSEMA 01/06 no item 10.40.10 do anexo I, considera que as atividades de fabricação de telhas, tijolos e outros artigos de barro cozido sem esmaltação, possuem potencial médio para ar e pequeno para água e solo.

”No processo industrial da cerâmica vermelha, a questão mais preocupante está relacionada às emissões atmosféricas pelo uso de combustíveis poluentes nas olarias” (CUNHA; FURTADO 2005).

Em geral, o uso de combustíveis para a queima de massas cerâmicas argilosas pode liberar concentrações representativas de certos componentes

gasosos, tais como: monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), (NO<sub>x</sub>) óxidos de nitrogênio, (SO<sub>x</sub>), óxido de enxofre, (NH<sub>3</sub>) amônia e (CH<sub>4</sub>) metano, além de pequenas partículas de carbono na forma de fuligem, chamada de material particulado (PINHEIRO; MONTEIRO, 2003).

Segundo Derísio (2007), esses poluentes são classificados em dois grupos:

- Gases nocivos: SO<sub>2</sub> (dióxido de enxofre), CO (monóxido de carbono) e HC (hidrocarbonetos).
- Material particulado: partículas sólidas ou líquidas em suspensão no ar, não são compostos químicos definidos, porém, existe o parâmetro “poeira total em suspensão”, definido como sendo composto de partículas com diâmetro inferior a 100 microns (DERÍSIO, 2007).

Dentre os poluentes atmosféricos resultantes da combustão, os poluentes do grupo gases nocivos são considerados os mais representativos das emissões das olarias, sendo o SO<sub>2</sub> o mais prejudicial para a saúde humana e meio ambiente (ESTON, 1994).

Para a produção da cerâmica se concretizar, além da argila, existe a necessidade da utilização de insumos energéticos (Figura 11) para a queima dos produtos cerâmicos, sendo a lenha e o carvão os mais usados (MACCARI, 2005).

**Figura 11:** Queimas de insumos energéticos (lenha) nos fornos das olarias.



(Fonte: BORGES, C. 2011).

De acordo ECP, 1992; PROGESC, 1995 apud Córdova (2007), durante a queima da lenha, usada na maioria dos fornos das olarias catarinenses, os



poluentes relacionados à combustão da lenha mineral também são emitidos, porém em quantidade menor se comparado ao carvão conforme tabela 1.

**Tabela 1:** Fator de emissão de poluentes atmosféricos para queima de carvão e lenha.

		Fator de emissão (kg contaminante/t combustível)		
		Contaminante		
Combustível	MP	SOx	CO	HC
Carvão	10	19	45	10
Lenha	5	0,75	1,13	1,35

MP: Material Particulado; SOx: somatório de SO<sub>2</sub> e SO<sub>3</sub>; CO: Monóxido de carbono; HC: Hidrocarbonetos. Fonte: CORDOVA; M, 2007.

Sabe-se que para o funcionamento desse setor industrial, faz-se necessário o processo de extração de barro para a obtenção da matéria-prima, a mistura, a moldagem, a secagem, a queima do produto e seu destino final. Vemos que nessa produção ainda é utilizado à lenha para queima dos produtos, sendo que esse arcaico procedimento vem sendo apontado como um dos principais fatores que contribuem para a ocorrência do fenômeno de desgaste do solo e, conseqüentemente, a desertificação (SILVA, 2007).

Segundo Cunha; Furtado (2005), as cerâmicas no seu processo produtivo não conseguiram reduzir o seu desperdício e suas agressões ao meio ambiente.

Em resumo o setor ceramista vermelha promove a geração de passivos ambientais, ou seja, prejuízos ao meio ambiente, por utilizarem matérias-primas não renováveis (como a argila), pelo uso tradicional e intensivo de lenha como combustível e pela dificuldade de destinação adequada tanto dos resíduos de produção, quanto dos resíduos, pós-transporte, pós-armazenamento e pós-uso (SILVA, 2007).

## 2.5 Adequações as Legislações Ambientais

Considerando que as atividades oleiras são causadoras de emissões atmosféricas elas devem adotar medidas de controle, de modo a atender as legislações vigentes, adequando-se as normas definidas pela Resolução 382/06 do

(CONAMA) Conselho Nacional do Meio Ambiente, que estabelece limites máximos de emissões para fontes fixas.

O Art. 3º desta Resolução adota as seguintes definições:

I - definições referentes às fontes de emissão:

- a) capacidade de suporte: a capacidade da atmosfera de uma região receber os remanescentes das fontes emissoras de forma a serem atendidos os padrões ambientais e os diversos usos dos recursos naturais;
- b) controle de emissões: procedimentos destinados à redução ou à prevenção da liberação de poluentes para a atmosfera;
- c) emissão: lançamento na atmosfera de qualquer forma de matéria sólida, líquida ou gasosa;
- d) emissão fugitiva: lançamento difuso na atmosfera de qualquer forma de matéria sólida, líquida ou gasosa, efetuado por uma fonte desprovida de dispositivo projetado para dirigir ou controlar seu fluxo;
- e) emissão pontual: lançamento na atmosfera de qualquer forma de matéria sólida, líquida ou gasosa, efetuado por uma fonte provida de dispositivo para dirigir ou controlar seu fluxo, como dutos e chaminés;
- f) equipamento de controle de poluição do ar: dispositivo que reduz as emissões atmosféricas;
- g) fonte fixa de emissão: qualquer instalação, equipamento ou processo, situado em local fixo, que libere ou emita matéria para a atmosfera, por emissão pontual ou fugitiva;
- h) limite máximo de emissão - LME: quantidade máxima de poluentes permissível de ser lançada para a atmosfera por fontes fixas; e
- i) prevenção à geração da poluição: conceito que privilegia a atuação sobre o processo produtivo, de forma a minimizar a geração de poluição, eliminando ou reduzindo a necessidade do uso de equipamento de controle, também conhecido como as denominações de Prevenção à Poluição e Produção mais Limpa (RESOLUÇÃO CONAMA 382/06).

A partir, então, da resolução CONAMA 382/06, as olarias passaram a ter uma referência na avaliação de suas emissões atmosféricas, dando início às modificações necessárias ao sistema.

No ano de 2004 o setor oleiro da região na qual está inserida a empresa do estudo em questão, iniciou seu cumprimento às legislações ambientais vigentes, referentes às emissões de poluentes atmosféricos, provenientes de seu processo produtivo. A adequação das leis se deu por meio de um (TAC) Termo de Ajustamento de Conduta, celebrado entre o (MP/SC) Ministério Público Estadual (SINDCER) Sindicato da Indústria de Cerâmica Vermelha de Morro da Fumaça, (FATMA) Fundação do Meio Ambiente, e outras entidades de interesse.

O TAC foi assinado pelas empresas oleiras, tendo como proposta a redução das emissões de poluentes, gerados no processo produtivo, com isso, as cerâmicas se comprometeram a trocar os fornos de garrafões pelo tipo túnel e, colocar os filtros nas chaminés (SINDICER, 2011).

Essa conformidade dada por meio do TAC, firmado em 2004, se concretizou com as 350 indústrias cerâmicas e olarias da Região Sul, onde o MPSC

confirma a adesão de toda a atividade do Estado à proposta de regularização. Ambos os acordos foram celebrados com suporte do Centro de Apoio Operacional do Meio Ambiente.

[...] a ausência de licenciamento ambiental propicia o descontrole da procedência da argila utilizada na atividade, ausência de tributação, bem como o uso irregular de lenha nativa ou sem procedência certa, além de outras situações prejudiciais à qualidade do meio ambiente da região (MINISTERIO PUBLICO DE SANTA CATARINA, 2004).

Em 2006 foi firmado um aditivo ao TAC, estabelecendo um sistema de contenção a poluição atmosférica nas olarias (SANTA CATARINA, 2006).

A instalação dos equipamentos de lavadores de gases surgiu para que as olarias se adequassem às legislações ambientais, e entrassem em conformidade com a PNMA, que estabelece a exigência ambiental desde 1981.

Atualmente com o cumprimento das exigências legais estabelecidas por meio do TAC registram soluções positivas no que se refere à contenção da poluição atmosférica das olarias, conforme registrou o jornal “A Tribuna” na edição do dia 09 de março de 2011, artigo assinado por Pagnan (2011), onde o mesmo relata:

A última aferição realizada pelos órgãos ambientais, em 30% das empresas da região, mostrou que a grande maioria já está emitindo poluentes abaixo da quantidade exigida pela lei.

O TAC foi introduzido no direito brasileiro em 1990, por meio da Lei Federal nº. 8069/90, (ECA) Estatuto da Criança e do Adolescente. No mesmo ano, no (CDC) Código de Defesa do Consumidor, pela Lei Federal nº. 8078/90, que modificou a lei de (ACP) Ação Civil Pública, sendo a esta, acrescentada que os órgãos públicos legitimados, entre eles o Ministério Público, poderão tomar dos interessados, o Termo de Ajustamento de Conduta às exigências legais.

Nesse sentido, o referido Termo foi concebido para aperfeiçoar a tutela civil dos direitos trans individuais, até então restrita a instrumentos de natureza processual. Passou a ser uma atividade significativa no Ministério Público Federal, a partir da publicação da Lei de Crimes Ambientais, Lei nº. 9.605/98, que permitiu a criminalização de condutas lesivas ao meio ambiente. Visa à conformação das condutas às exigências da lei vigente quando da ocorrência da ameaça ou da violação do direito, por meio de solução diretamente negociada pelos atores e responsáveis pela reparação do dano. Os conflitos ambientais resultam da disputa que se estabelece entre a apropriação dos recursos ambientais e sua preservação (MEIRELLES, 1998).

Ainda de acordo com Meirelles (1998), o TAC é um instrumento legal destinado a colher do causador do dano ao meio ambiente, entre outros interesses difusos e coletivos, um título executivo de obrigação de fazer ou não fazer, mediante o qual o responsável pelo dano assume o dever de adequar sua conduta às exigências legais sob a pena de sanções fixadas pelo próprio Termo de Ajustamento de Conduta. No TAC deverão ser fixados os prazos a partir do qual serão fixadas as penalidades definidas.

Assim, o TAC pode especificar qualquer obrigação de fazer ou não fazer relacionado à defesa do meio ambiente e entre outros interesses difusos e coletivos (MACHADO, 2000).

O compromisso de ajustamento de conduta traduz um *facere* ou um não *facere*, ressalta Machado (2000, p. 244-245), O autor dá uma idéia de como se materializa tal compromisso, verbis: Dispor ou renunciar às obrigações legais é inadmissível por parte do Ministério Público. "É vedada a dispensa, total ou parcial, das obrigações reclamadas para a efetiva satisfação do interesse lesado, devendo a convenção com o responsável restringir-se às condições de cumprimento das obrigações (modo, tempo, lugar etc.), bem como deverão ser estipuladas cominações para a hipótese de inadimplemento".

No que se refere à competência dos entes federados em celebrar o TAC, o artigo 79-A da Lei nº. 9609/85 diz que qualquer dos órgãos ambientais SISNAMA está autorizado a celebrar Termo de Ajustamento de Conduta Ambiental.

Sendo assim, o mesmo, não se caracteriza como instrumento exclusivamente do Ministério Público, uma vez que outras instituições como prefeituras também são legitimadas para a elaboração e assinatura do mesmo (MEIRELLES, 1998).

Ainda segundo Meirelles (1998) em síntese o TAC apresenta formato padrão em que são informados os compromitentes; especificados os dispositivos legais que regem o instrumento; apresentadas as disposições que regem o inquérito civil no processo de negociação e consenso; as cláusulas que definem o objeto, as obrigações de cada uma das partes, os prazos de cumprimento das obrigações; as penalidades pelo não cumprimento de acordos e o prazo de cumprimento do instrumento.



### 2.5.1 Lavadores de Gases e Coletores Úmidos

Lavadores de gases são sistemas onde as partículas são removidas do fluxo gasoso por mecanismos físicos, em especial a impactação inercial e a difusão, nas gotas formadas a partir do líquido da lavagem (CETESB, 2011).

De acordo com Clezar; Nogueira (1999), os principais tipos de lavadores são:

- Lavadores com pré-atomização onde as gotas são formadas pela pressão do líquido nos bicos aspersores;
- Lavadores com atomização pelo gás onde gotas são formadas pelo encontro do líquido e dos gases a alta velocidade num orifício ou garganta.

Segundo CETESB (2011), a utilização mais comum para esse tipo de equipamento é a captação de material particulado com até 99,5% de eficiência e remoção de dióxido de enxofre com 80 a 95%.

Quando se tratar de dissolução de gases e vapores na água, pode vir a ser necessário um tratamento químico complementar, acompanhado de filtragem, decantação ou destilação, para que a água possa ser tratada e reutilizada, podendo em alguns casos reciclar certos produtos industriais (CETESB, 2001).

Clezar; Nogueira (1999) apresenta lavadores de gases como:

Equipamentos coletores que utilizam a ação de lavagem, o ar contendo o contaminante (gases ou material particulado) entra em contato com o líquido lavador, sendo o contaminante agregado ao líquido por impactação inercial ou pelo processo de absorção, no caso de contaminantes gasosos. Este contato é obtido fazendo-se o fluxo gasoso passar em contra-corrente através de gotículas de líquido, formadas por processo de nebulização, ou ainda, por incremento da superfície de contato do líquido com auxílio de material de enchimento dos tipos: Anéis de Rasching, Sela de Berl, Tellerette, Sela de Intalox e Anéis de Pall.

Ainda, segundo os autores, os lavadores apresentam elevados índices de eficiência, apropriados para a retenção de particulados bastante finos. No caso de contaminantes gasosos é a única alternativa disponível para processos industriais.

Na captação de pó, a lama ou lodo que se formam são removidos com facilidade, em certos casos o pó pode ser reaproveitado, através da secagem ou filtragem em filtro-prensa. Para o tratamento de gases recomenda-se que para cada tipo de gás deve ser usado um líquido em particular. Tratando-se de gases solúveis,

após a dissolução submetem-se cada gás a um tratamento químico, a fim de se obter um sal ou composto insolúvel, o qual é filtrado para remoção e destinação final da pasta ou lama formada (MACINTYRE, 1990).

Conforme Previne *apud* Córdova (2007), “o processo de lavagem de gases está baseado num contato íntimo entre os gases e um fluido neutralizante ou água de lavagem”. Segundo Clezar (1999), o lavador possui eficiência para retenção de partículas finas e é um dos poucos equipamentos disponíveis para as indústrias na remoção de gases contaminantes.

**Figura 12:** Esquema representativo da entrada da fumaça originada na etapa de queima (forno) para o equipamento denominado lavador de gases.

Vista lateral de chaminé da olaria com registro de de bloqueio da fumaça e registro que direciona a fumaça para o lavador de gases.

Dutos que direcionam a fumaça das chaminés para os lavador de gases.



Torre de Lavagem dos Gases.

Vista Frontal do Lavador de Gases



Fonte: (Borges; C., 2011).

Macintyre (1990), afirma que Ácido Acético, Acetona, Álcoois, Dióxido de Carbono, Ácido Sulfídrico, Amônia, Dióxido de Enxofre, Hidróxido de Sódio, Cloro, Ácido Fluorídrico, Oxido de Nitrogênio, Dióxido de Nitrogênio, Nitrato de Amônia, Cianetos, entre outros são gases que podem ser removidos no processo de lavagem de gases.

Um assunto de grande importância em tais sistemas são as questões levantadas pela utilização de água durante o processo, pois existe a necessidade de grande consumo de água. Outra questão preocupante é que, durante o funcionamento do lavador, o gás é transferido para água e esta na maioria das vezes não passa por nenhum tipo de tratamento (BLASCO, 2000).

A utilização de água nestes sistemas acaba por gerar um efluente (Figuras 13,14) que não possui nenhuma forma de tratamento e que, conforme informações extras oficiais, está sendo empregado em plantações por agricultores, e isso, pode ser visto como uma destinação inadequada.

**Figura 13:** Tanque de recepção dos efluentes oriundos do lavador de gases.



Fonte: (BORGES, C., 2011).

**Figura 14:** Saída dos efluentes dos tanques.



Fonte: (BORGES, C. 2011)

### **2.5.2 Efluentes Líquidos**

Os efluentes industriais apresentam grandes diversidades relacionadas ao tipo de matéria-prima e aos processos utilizados (CETESB, 1998 apud, CETESB, 2005).

O efluente líquido por sofrer disposição, na maioria das vezes, em corpos d'água naturais, seja em rios ou no mar para diluição, deve ser cuidadosamente estudado quanto à sua composição e principalmente, quanto aos efeitos no ambiente em que serão inseridos, uma vez que podem provocar danos aos organismos existentes, alterando assim a composição do meio ambiente local. A depender das substâncias que contenham, podem persistir no ambiente e terem seus efeitos transferidos ao longo da cadeia trófica (CRUZ, 2003 et al apud Bonfim, 2005).

A caracterização de efluentes líquidos industriais tem sido realizada, sobretudo através de análises físico-químicas, sendo que as concentrações máximas são estabelecidas na legislação vigente, por padrões numéricos de emissão. No entanto, a grande diversidade e complexidade das substâncias num



mesmo efluente líquido, tornam inviável a sua completa caracterização, não só do ponto de vista analítico, como do econômico (CETESB, 1996).

pesquisas têm demonstrado que os resultados obtidos através dessas análises, dificilmente fornecem informações sobre o efeito conjunto de várias substâncias que interagindo, podem afetar a biota presente no ambiente aquático. Enquanto a análise química identifica e quantifica isoladamente as substâncias em um efluente industrial, o ensaio biológico detecta a reação de organismos vivos a uma situação global; o efluente industrial como um todo ou uma amostra de água de um corpo receptor ao qual são lançados despejos industriais (CETESB, 1996).

“Tradicionalmente, a opção por um determinado tipo de tratamento de efluentes é realizada em função das suas características físicas e químicas, visando seu enquadramento na legislação vigente. No entanto muitos efluentes, após terem sido submetidos a tratamento convencional, ainda exibem toxicidade remanescente”. (GHERARDI-GOLDSTEIN et al. 1990, RACHID, 1996; DAMATO, 1997; BARBOSA et al. 1998; BADARÓ-PEDROSO, 1999 apud NASCIMENTO; SOUSA; NIPPER 2002, p.217).

O Artigo 3 da Resolução CONAMA N° 430/2011 estabelece que os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados diretamente nos corpos receptores após o devido tratamento e desde que obedeçam às condições, padrões e exigências dispostos nesta Resolução e em outras normas aplicáveis.

No que concernem os ensaios ecotoxicológicos, alguns padrões descritivos são mencionados no Artigo 18 da referida Resolução, que estabelece que o efluente não deverá causar ou possuir potencial para causar efeitos tóxicos aos organismos aquáticos no corpo receptor, de acordo com os critérios de ecotoxicidade estabelecidos pelo órgão ambiental competente. Tal como descrevem os parágrafos:

§ 1º Os critérios de ecotoxicidade previstos no caput deste artigo devem se basear em resultados de ensaios ecotoxicológicos aceitos pelo órgão ambiental, realizados no efluente, utilizando organismos aquáticos de pelo menos dois níveis tróficos diferentes.

§ 2º Cabe ao órgão ambiental competente a especificação das vazões de referência do efluente e do corpo receptor a serem consideradas no cálculo da Concentração do Efluente no Corpo Receptor- CECR, além dos organismos e dos métodos de ensaio a serem utilizados, bem como a frequência de eventual monitoramento (CONAMA nº. 430, 2011).

Para tornar mais preciso, o parágrafo 3º descreve:

§ 3º Na ausência de critérios de ecotoxicidade estabelecidos pelo órgão ambiental para avaliar o efeito tóxico do efluente no corpo receptor, as seguintes diretrizes devem ser obedecidas:

I - para efluentes lançados em corpos receptores de água doce Classes 1 e 2, e águas salinas e salobras Classe 1, a Concentração do Efluente no Corpo Receptor - CECR deve ser menor ou igual à Concentração de Efeito Não Observado - CENO de pelo menos dois níveis tróficos, ou seja:

a) CECR deve ser menor ou igual à CENO quando for realizado teste de ecotoxicidade para medir o efeito tóxico crônico; ou

b) CECR deve ser menor ou igual ao valor da Concentração Letal Mediana (CL50) dividida por 10; ou menor ou igual a 30 dividido pelo Fator de Toxicidade (FT) quando for realizado teste de ecotoxicidade para medir o efeito tóxico agudo;

II - para efluentes lançados em corpos receptores de água doce Classe 3, e águas salinas e salobras Classe 2, a Concentração do Efluente no Corpo Receptor - CECR deve ser menor ou igual à concentração que não causa efeito agudo aos organismos aquáticos de pelo menos dois níveis tróficos, ou seja:

a) CECR deve ser menor ou igual ao valor da Concentração Letal Mediana-CL50 dividida por 3 ou menor ou igual a 100 dividido pelo Fator de Toxicidade - FT, quando for realizado teste de ecotoxicidade aguda.

§ 4º A critério do órgão ambiental, com base na avaliação dos resultados de série histórica, poderá ser reduzido o número de níveis tróficos utilizados para os testes de ecotoxicidade, para fins de monitoramento.

§ 5º Nos corpos de água em que as condições e padrões de qualidade previstos na Resolução nº. 357, de 2005, não incluam restrições de toxicidade a organismos aquáticos não se aplicam os parágrafos anteriores (CONAMA nº. 430,2011).

## 2.6 Toxicologia

Conforme Oga; Siqueira (2003), a história da toxicologia segue a própria história da civilização, pois da época mais antiga o homem possuía conhecimento sobre os efeitos tóxicos de venenos animais e de uma variedade de plantas tóxicas. Os venenos extraídos de animais e plantas eram usados para caçar e guerrear, sendo fato que o homem pré-histórico categorizava plantas e animais como seguros e nocivos.

Segundo Manahan, (1991 apud Nascimento; Sousa; Nipper 2002), as origens da toxicologia moderna podem ser atribuída a M.B.Orfila (1787-1853), um espanhol que foi o primeiro a descrever os efeitos maléficos de substâncias químicas em organismo.

Atualmente a ênfase está voltada à avaliação de risco na utilização de substâncias químicas, como também na aplicação de dados gerados em estudos toxicológicos, como base para controle regulatório de substâncias químicas no alimento, no ambiente, nos locais de trabalho, entre outros (AZEVEDO; CHASIN, 2003).

Assim atualmente a toxicologia é considerada a verdadeira ciência social, cujo estudo tende propor maneiras protegidas de se apontar as substâncias químicas, permitindo que a humanidade se beneficie das conquistas das tecnologias atuais (OGA; SIQUEIRA, 2003).

O conceito dessa ciência segundo Chasin; Pedrozo (2003, p.4) “toxicologia é a ciência que estuda os efeitos nocivos decorrentes das interações de substâncias químicas com organismo”.

Como ciência, tem por objeto de estudo a intoxicação sob todos os seus aspectos e, na condição desse estudo, tangencia uma gama de outras ciências, com as quais, em alguma ocasião, se relaciona de forma transdisciplinar. O objetivo primeiro da toxicologia é gerenciar o risco, o que constitui condição necessária para o estabelecimento de medidas de segurança no uso de compostos químicos e que, conseqüentemente, assegura o amparo ao meio ambiente e da saúde humana (CHASIN; PEDROZO, 2004).

Ainda, conforme Chasin; Pedrozo (2004, p.5), o gerenciamento de risco pressupõe:

[...] sua caracterização, o que é feito pelo conhecimento da toxicidade inerente a substância e pela expressão dessa toxicidade, determinada pelas condições de exposição e de avaliação mensurável das relações, as quais podem ser transformadas em índices que possibilitem a vigilância da exposição (Chasin; Pedrozo 2004, p.5).

Conforme os autores citados acima “em todas as situações há sempre um risco relacionado à exposição, o que confere um caráter abrangente a toxicologia”.

### **2.6.1 Toxicologia Ambiental (Ecotoxicologia)**

O termo Ecotoxicologia foi sugerido pela primeira vez em 1969, por René Truhaut, para denominar uma nova área de estudo que refletia a crescente

preocupação com danos de substâncias químicas sobre outras espécies além do homem (NUNES, 2010).

A partir do conceito do termo Ecotoxicologia estabelecido por Truhaut, vários outros foram surgindo ao longo do tempo, tais como:

Oga; Siqueira (2003, p. 7) “ Toxicologia Ambiental é a área da toxicologia em que se estudam os efeitos nocivos causados pela interação de agentes químicos contaminantes do ambiente, água, solo e ar, com organismos humanos ”.

Filmann e Yunes (1992), a Ecotoxicologia é uma ciência que estuda as modalidades de contaminação do ambiente pelos agentes poluentes naturais e artificiais produzidos pela atividade humana, assim como, seus mecanismos de ação e seus efeitos sobre o conjunto de seres vivos que povoam a biosfera.

“A Ecotoxicologia, por BERTOLETTI (1990) é o estudo do comportamento e as transformações de agentes químicos no ambiente, assim como seus efeitos e respostas sobre a biota”.

Zagatto (2008, p. 3), define Ecotoxicologia como: “ciência responsável pela geração do conhecimento que subsidiará a formulação segura de dispositivos legais, normas, programas e diretrizes gerenciais para enfrentar questões de riscos ecotoxicológicos potenciais e reais, gerados pela introdução de agentes químicos no ambiente”.

Ainda, de acordo com Zagatto (2008), a toxicologia aquática foi o primeiro ramo a se desenvolver, com testes de toxicidade praticados com organismos aquáticos na década de 1930, com objetivo de estabelecer a relação causa/efeito de substâncias químicas e despejos líquidos.

De acordo com SCOPE (1978), a Ecotoxicologia é a ciência que estuda os efeitos tóxicos de agentes químicos e físicos nos organismos vivos, particularmente sobre as populações e comunidades dentro de ecossistemas definidos, esses estudos incluem as vias de entrada e transporte dos agentes em causa e a sua interação com o ambiente.

Os termos Toxicologia Ambiental e Ecotoxicologia são empregados pelos autores para descrever o estudo científico dos efeitos adversos causados aos organismos vivos pelas substâncias químicas lançadas no meio ambiente (AZEVEDO; CHASIN, 2003).

Chasin; Pedrozo (2003, p.5) citam que:



Há uma tendência em utilizar a expressão Toxicologia Ambiental somente para estudos dos efeitos diretos das substâncias químicas ou xenobióticos ambientais sobre os seres humanos e o termo Ecotoxicologia apenas para os estudos dos efeitos desses compostos sobre os ecossistemas e seus componentes não humanos, entretanto, tal distinção é bastante artificial (CHASIN; PEDROZO 2003, p. 5).

Os seres humanos não estão isolados de seu ambiente natural; eles estão no topo de muitas cadeias alimentares e há poucos ecossistemas nos quais a espécie humana não está envolvida (AZEVEDO; CHASIN, 2003).

Qualquer que seja a terminologia usada, a Toxicologia Ambiental ou Ecotoxicologia tem por preocupação o estudo das ações e dos efeitos nocivos destas substâncias químicas, na maioria das vezes causadas pelo homem, sobre os ecossistemas (AZEVEDO; CHASIN 2003).

Dessa forma, complementam Knie; Lopes (2004), os parâmetros ecotoxicológicos, quando comparados com os químicos são relativamente novos e, em parte, ainda desconhecidos por tomadores de decisões, é preciso divulgá-los e demonstrar sua relevância junto às ações preventivas e mitigadoras de impactos. Percebe-se que todos os autores conceituam o termo Toxicologia Ambiental ou Ecotoxicologia, citando sempre os efeitos de substâncias nocivas ou agente tóxicos, ao meio ambiente.

## **2.7 Agentes Tóxicos**

De acordo com Cesar; Silva; Santos (1997, p.7), agentes tóxicos são:

Substâncias ou outros materiais, tais como formulações químicas, efluentes líquidos e águas contaminadas continentais, estuarinas ou oceânicas, que podem causar efeitos deletérios quando em contato com organismos-teste.

Conforme os autores agentes tóxicos são qualquer substância, ou seus metabólicos, capaz de produzir um efeito tóxico (nocivo, danoso) num organismo vivo, ocasionando desde alterações bioquímicas, prejuízo de funções biológicas até sua morte, sob certas condições de exposição.

Conforme Barros; Davino, (2003) na toxicologia toda substância pode ser considerada um agente tóxico, dependendo das condições de exposição, como dose administrada ou absorvida, tempo e frequência de exposição, doses únicas ou múltiplas e vias pela qual são administradas (respiratória, oral, dérmica ou parental).

Assim faz-se necessário, conhecer as condições de uso seguro das substâncias químicas para a saúde humana e ambiental.

A toxicidade de uma substância a um organismo vivo pode ser considerada como a capacidade de causar dano grave ou morte. Para que este dano ocorra é indispensável à interação do agente químico com o organismo. A relação entre a intensidade do efeito, a concentração e o tempo de exposição depende, da exposição, depende da idade e das condições de saúde do indivíduo ou organismo em risco. (BARROS; DAVINO, 2003 p. 59).

A preocupação com a questão ambiental por compostos tóxicos aumentou nos últimos anos em virtude da grande quantidade do mesmo que vem sendo lançada no ambiente.

Entre as causas deste fenômeno está o aumento da densidade populacional e a atividade industrial que tem levado a maior liberação desses compostos para o meio, incluindo as atividades associadas ao uso dos recursos naturais (EMBRAPA, 2004). Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.

Rodgher (2005) comenta:

Muitos desses compostos têm mostrado persistência no ambiente e alguns são capazes de acumular-se em diferentes organismos, alcançando concentrações muitas altas e tóxicas. Compostos bioacumulados são biomagnificativos nas cadeias alimentares, trazendo sérios problemas aos organismos que se encontram no topo das cadeias alimentares, como, por exemplo, o próprio homem.

### **2.7.1 Técnica para Identificação de Agentes Tóxicos em Amostras Líquidas.**

De acordo com Badaró-Pedroso; Rachid (2002) os procedimentos de manipulação física e química utilizada para a identificação de agentes tóxicos são baseados no conceito de que alguns fatores como, alterações do pH e volatilização, entre outros, podem modificar a toxicidade de uma amostra.

Tendo como base este conceito, torna-se fácil inferir que a manipulação física ou química de uma mistura complexa, ou amostra ambiental, pode reduzir as concentrações, ou até mesmo remover diferentes classes de compostos químicos, tornando-os biologicamente indisponíveis. Essas mudanças na disponibilidade dos compostos são medidas através de testes de toxicidade realizados com amostras manipuladas e não manipuladas (DORN & COMPERNOLLE, 1995 apud BADARÓ-PEDROSO; RACHID, 2002).

Ainda conforme os autores (Badaró-Pedroso; Rachid, 2002), após a comparação de resultados dos testes, é possível verificar quais manipulações foram responsáveis pela toxicidade decorrente da diminuição da concentração ou remoção de um agente tóxico.

Pode-se avaliar a toxicidade de um composto químico puro ou uma mistura complexa, como também de efluentes líquidos e amostras ambientais, destacando que a amostra testada seja representativa do ambiente em estudo (ARAGÃO; ARAUJO, 2008).

Durante as duas últimas décadas os métodos de identificação dos agentes tóxicos responsáveis pela toxicidade têm sido desenvolvidos, aprimorados e aplicados com diferentes tipos de amostras.

No caso de efluentes líquidos, dependendo do objetivo do estudo, os tipos de amostragem podem ser simples ou composta. A coleta pode ser realizada através de uma única amostragem (amostra simples), se o efluente é lançado intermitente, ou por batelada, se a composição química do mesmo permanece constante (ARAGÃO; ARAUJO, 2008).

### **2.7.2 Avaliação da Toxicidade**

“A avaliação toxicológica compreende a análise dos dados toxicológicos de uma substância ou composto químico com objetivo de classificá-lo toxicologicamente e, ainda, fornecer subsídios a respeito da forma correta de seu emprego, bem como as medidas preventivas e curativas quando do uso inadequado” (LARINI, 1997 p.43).

Os efeitos tóxicos de determinada amostra-teste são avaliados por meio de variáveis biológicas como: letalidade, imobilidade, alterações no desenvolvimento, crescimento, reprodução, metabolismo, fisiologia e comportamento (ARAGÃO; ARAUJO, 2008).

Ainda conforme autores acima, após o período de teste os efeitos observados são analisados estatisticamente e os resultados são expressos em unidades numéricas, tais como (CL50) Concentração Letal 50 %, (CE50) Concentração Efetiva 50% e (CENO) Concentração de Efeito Não Observado e (CEO) Concentração de Efeito Observado.

A dose efetiva 50 (DE50) conforme Lauwerys & Lauenne, 1972 apud Chasin; Azevedo (2003, p. 136) “é o método mais utilizado para exprimir a toxicidade

de uma substância administrada por qualquer via em curto prazo, exceto a pulmonar”.

“Esse critério é selecionado porque a dose necessária para causar uma resposta em 50% dos animais é mais reprodutível do que todas as outras. A prática tem, evidentemente, apontando que, a DE50 varia de uma espécie para a outra e conforme as condições experimentais” (Chasin; Azevedo 2003, p. 36).

Quando se estuda a toxicidade de uma substância que ingressa no organismo, por inalação, interessará sua concentração no ar e, então se falará em (CL50), concentração letal 50 ou, (CE50) concentração efetiva 50. Mencionando também, além de todos os fatores já citados, a duração da exposição do animal ao composto químico (LAUWERYS & LAUENNE. apud CHASIN; AZEVEDO 2003, p. 136).

Segundo Chasin; Pedrozo (2003, p.137) “ainda que o efeito mais comumente referido seja a mortalidade, trata-se neste caso da DL50 (dose letal 50), a avaliação da toxicidade de uma substância não é necessariamente limitada determinação da dose letal”.

A (CENO) é definida como a maior concentração que não causa efeito estatisticamente significativo os organismos-teste, e a menor concentração que causa efeito estatisticamente significativo nos organismos-teste é denominada (CEO).

Os efeitos medidos podem ser expressos por critério quantificável, como número de organismos mortos, número de ovos produzidos, porcentagem de ovos eclodidos, número de jovens produzidos, redução no crescimento ou outros parâmetros metabólicos, e qualitativamente, por mudanças no comportamento do organismo.

Atualmente a melhor forma de avaliar a toxicidade de agentes químicos, tóxicos, ou poluidores de uma determinada substância, são os denominados ensaios ecotoxicológicos ou testes ecotoxicológicos com organismos-teste, utilizados para diversos fins tais como:

- Determinar a toxicidade de agentes químicos, efluentes líquidos, lixiviados de resíduos sólidos, dentre outros;
- Estabelecer critérios e padrões de qualidade das águas;
- Estabelecer limites máximos de lançamento de efluentes líquidos em corpos hídricos;

- Avaliar a necessidade de tratamento de efluentes líquidos quanto às exigências de controle ambiental;
- Avaliar a qualidade das águas;
- Avaliar a toxicidade relativa de diferentes substâncias;
- Avaliar a sensibilidade relativa de organismos aquáticos;
- Subsidiar programas de monitoramento ambiental;
- Estimar os impactos provocados em acidentes ambientais (RAND, 1980 apud ARAGÃO; ARAUJO, 2008 p.118).

### 2.7.3 Testes Ecotoxicológicos

A história do desenvolvimento dos bioensaios ou testes Ecotoxicológicos remonta ao século XIX. Mas, somente a partir dos anos 70 do século passado, testes Ecotoxicológicos vêm sendo amplamente aplicados no monitoramento de águas e efluentes por órgãos ambientais de muitos países (KNIE; LOPES, 2004).

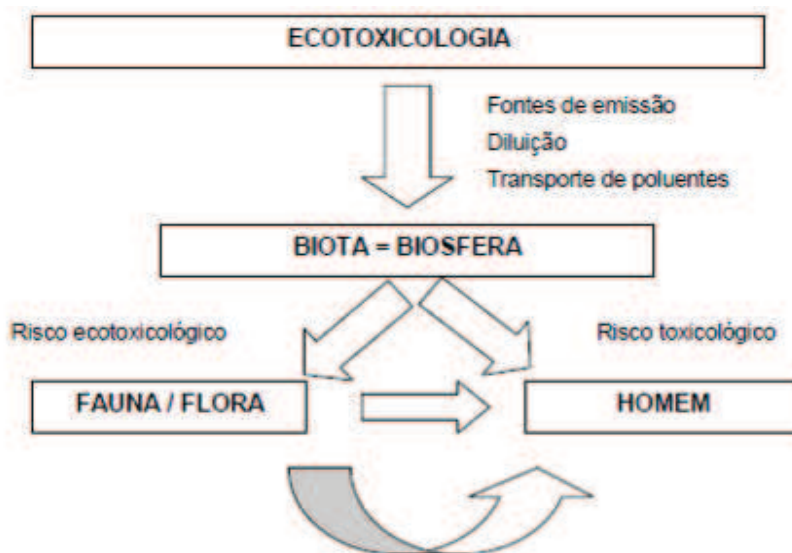
A observação do comportamento e das reações de animais e plantas no contato com contaminantes da natureza levou, já no século XIX, a se considerar o emprego de organismos como indicadores de impactos ambientais. Naquele tempo, as primeiras aplicações isoladas na avaliação de contaminantes por atividades industriais utilizando *Daphnia* sp e peixes foram bem sucedidas, por mais rudimentares que os métodos ainda fossem (PENNY e ADAMS, 1863 apud KNIE e LOPES, 2004).

Os experimentos de toxicidade de acordo com Perin (2005, p. 29) permitem:

Determinar uma relação causa-efeito, mas não são no geral suficientemente realistas, pois os resultados obtidos são válidos somente sob condições ambientais utilizadas em laboratório e não nos permitem estender as conclusões a outras espécies ou a outros sistemas naturais complexos existentes no meio ambiente, visto que não podem levar em consideração as interações complexas entre a biota e o meio ambiente. Em função disso, um profundo estudo bibliográfico prevê o uso de vários organismos-teste (algas, bactérias, vegetais, invertebrados e vertebrados etc.).

A (Figura 15), Zagatto (2008), apresenta um esquema representativo do conjunto de parâmetros necessários para um estudo ecotoxicológico, à avaliação integrada do destino e efeitos das substâncias tóxicas no meio ambiente.

**Figura 15:** Parâmetros necessários para um estudo ecotoxicológico.



Fonte: Zagatto, 2008.

Segundo Knie; Lopes, (2004) o sucesso dos testes Ecotoxicológicos levou, em 1989, a (GTZ) Agencia Alemã de Cooperação Técnica a incluir esses métodos nos projetos de operação técnica com órgãos brasileiros. Com as medidas técnicas foram também introduzidos os respectivos métodos e organismos-teste, baseados em normas de (DIN) Deuschers Institut für Normung ou da (ISO) International Organization for Standardization.

Ainda, de acordo com Knie; Lopes, (2004), atualmente a (ABNT) Associação Brasileira de Normas Técnicas, na revisão das normas nacionais de testes Ecotoxicológicos, está adotando métodos da ISO e, assim, do DIN, pois são idênticos ou, pelo menos, harmonizados.

Segundo Knie e Lopes (2004), os bioensaios têm sido aplicados em diversos países há muitos anos na rotina de órgãos ambientais, no âmbito do licenciamento e da fiscalização de atividades potencialmente causadoras de poluição, bem como do monitoramento da qualidade das águas. Particularmente estão sendo mais aplicados em ações preventivas, ou seja, para estimar riscos futuros devido à liberação de substâncias perigosas no meio ambiente e não apenas para avaliar danos já causados.

#### 2.7.4 Tipologia dos Testes Ecotoxicológicos

Os testes utilizados para avaliar a toxicidade de uma substância baseiam-se em três diferentes tipos de experimentos: de curta duração (toxicidade aguda), de média duração (toxicidade subaguda) e de longa duração (toxicidade crônica). (PERIN, 2005).

Os testes de toxicidade são classificados de acordo com a duração (curta; intermediária, e de longa duração), método de adicionar a solução teste (sistema estático, semi-estático e de fluxo contínuo) e propósito (monitoramento da qualidade de efluente, teste de composto isolado, toxicidade relativa, sensibilidade relativa, sabor ou odor, taxa de crescimento, etc.) (PERIN, 2005).

Conforme Perin (2005), na estimativa da toxicidade aguda os efeitos adversos manifestam-se em um curto espaço de tempo, não superior a um terço do tempo médio indispensável para o nascimento e a maturação sexual do indivíduo. Esse é o período de tempo em que o organismo pode ser mantido em boas condições, mesmo sem alimentação, após a administração da dose da substância tóxica.

Ainda conforme Perin (2005, p. 28), “a exposição pode ser estática (o meio em que contem a substância tóxica é preparado no início do experimento e não sofre modificações até o final do teste), semi-estática, (o meio é periodicamente renovado) ou contínua (meio é renovado continuamente)”.

Os testes ecotoxicológicos segundo Knie; Lopes (2004, p. 22) estabelecem alguns critérios que valem para a maioria das aplicações, como os que estão descritos a seguir:

➤ **Disponibilidade:** o sistema de teste deve estar sempre disponível. Isso implica a possibilidade de cultivar ou manter os organismos-teste sob condições controladas. (KNIE; LOPES, 2004)

➤ **Sensibilidade:** de acordo com a finalidade de utilização, os sistemas biológicos devem ter uma sensibilidade equilibrada a um largo espectro de substâncias, que lhes permita reagir seguramente só a efeitos tóxicos reais. (KNIE; LOPES, 2004).

➤ **Reprodutividade:** “a reação de um sistema biológico como resposta à influência de substâncias nocivas (critério de teste) deve ser inequívoca e



reproduzível sob as condições, exigência imprescindível para a consolidação estatística do resultado” (KNIE; LOPES, 2004, p. 22).

➤ **Padronizabilidade:** “as condições da cultura ou manejo dos organismos-teste e o método do teste devem ser standardizáveis, de modo a permitir o mesmo procedimento em outros laboratórios, obtendo resultados comparáveis.” (KNIE; LOPES, 2004, p. 22).

➤ **Praticabilidade:** biotestes deveriam ser efetuados de maneira a racionalizar o gasto do tempo, espaço físico e dos recursos humanos e materiais, bem como dos organismos - testes. (KNIE; LOPES, 2004).

➤ **Rapidez:** por rapidez entende-se o tempo compreendido entre o primeiro contato com a amostra até a provocação de uma reação mensurável ou visível ao organismo-teste. Esse intervalo tem um papel importante principalmente no *screening* de substâncias químicas ou efluentes. (KNIE; LOPES, 2004).

➤ **Justiciabilidade:** “na aplicação dos testes ecotoxicológicos no licenciamento e na fiscalização, os resultados de teste devem ser concludentes e, diante da justiça, incontestáveis” (KNIE; LOPES, 2004, p. 23).

Deste modo, a realização de testes de toxicidade tem sido incluída em programas de monitoramento, constituindo uma das análises indispensáveis no controle de fontes de poluição (CETESB, 1990).

A exposição de um organismo no ambiente natural a um agente poluente pode acontecer de maneira rápida e severa, como nos casos de derramamento de substâncias, ou a um estímulo contínuo, que pode envolver parte ou todo o seu ciclo de vida, como no caso de descarte de efluentes (RAND & PETROCELLI, 1985).

Através dos testes de toxicidade, determinam-se o tempo e as concentrações em que o agente químico é potencialmente prejudicial, pois para qualquer produto o contato com a membrana ou sistema biológico pode não produzir um efeito adverso se a concentração do produto for baixa, ou o tempo de contato for insuficiente. Concentração e tempo de exposição estão diretamente relacionados e, portanto, altas concentrações poderão ter efeitos prejudiciais em tempos de exposição extremamente curtos (FONSECA, 1991). Mas devemos lembrar que as pequenas concentrações geralmente produzem efeitos crônicos sub-letais e, até mesmo, letais durante longos períodos de exposição.

Em laboratório, é possível simular estas situações ambientais através de testes para avaliação da toxicidade aguda, onde o organismo é exposto a

concentrações elevadas de um agente tóxico por um período curto de tempo em relação ao seu ciclo de vida. Se o objetivo é expor um organismo a baixas concentrações de um agente tóxico por um longo período de tempo, envolvendo uma parte significativa de seu ciclo de vida ou até mesmo de várias gerações, são recomendados testes para a avaliação da toxicidade crônica (KNIE; LOPES, 2004).

#### **2.7.4.1 Testes de Toxicidade Aguda**

Conforme Perim (2005), na estimativa da toxicidade aguda os efeitos adversos manifestam-se em um curto espaço de tempo, não superior a um terço do tempo médio indispensável para o nascimento e a maturação sexual do indivíduo. Esse é o período de tempo em que o organismo pode ser mantido em boas condições, mesmo sem alimentação, após a administração da dose da substância tóxica.

Testes de toxicidade aguda são experimentos de curta duração que proporcionam rápidas respostas na estimativa dos efeitos tóxicos letais de produtos químicos sobre organismos aquáticos. Seu principal objetivo é determinar as concentrações letais médias (CL50) em tempo reduzido de exposição, que geralmente varia entre 24 a 96 horas. A CL50 é definida e padronizada como a concentração do agente tóxico que causa 50% de mortalidade na população de organismos submetidos ao teste. Os testes desta natureza disponibilizam informações básicas para outros estudos mais criteriosos como os testes de toxicidade crônica e avaliação de riscos ecotoxicológicos (LOMBARDI, 2007).

Devido à facilidade de execução, curta duração e baixo custo, os ensaios de toxicidade aguda foram os primeiros a serem desenvolvidos e, portanto, constituem a base de dados ecotoxicológicos. O ensaio de toxicidade aguda pode ser definido como aquele que avalia os efeitos, em geral severos e rápidos, sofridos pelos organismos expostos ao agente químico, em um curto período de tempo, geralmente de um a quatro dias (ARAGÃO e ARAÚJO, 2008).

A avaliação ecotoxicológica aguda tem como objetivo identificar a variabilidade das respostas aos agentes entre as diferentes espécies, indicar a toxicidade comparativa e detectar contaminações agudas. No Brasil, os testes de toxicidade aguda vêm sendo empregados no monitoramento de efluentes industriais com o intuito de minimizar o impacto ambiental, avaliar a eficiência das estações de

tratamento, bem como avaliar os requisitos para a obtenção e manutenção de licenças junto aos órgãos ambientais de alguns estados (MAGALHÃES E FERRÃO-FILHO, 2008).

#### **2.7.4.2 Teste de Toxicidade Crônica**

Testes de toxicidade crônica são experimentos de longa duração, que visam ao estudo dos efeitos não letais nos organismos aquáticos, a partir da sua exposição prolongada a concentrações sub-letais. Estes efeitos são geralmente avaliados através de análises específicas (histológicas, hematológicas, comportamentais, etc.), utilizadas para a detecção de alterações crônicas, tais como: distúrbios fisiológicos, deformidades em tecidos somáticos e/ou gaméticos, alterações no crescimento e reprodução do organismo, dentre outras. A avaliação de riscos ecotoxicológicos consiste basicamente na comparação entre as concentrações letais médias (CL50) e/ou crônicas de um determinado xenobiótico para diversos grupos de organismos aquáticos e as suas (CAE) concentrações ambientais esperadas (LOMBARDI, 2007).

Em princípio os testes de toxicidade crônica baseavam-se na duração do ciclo de vida completo do organismo, o que implicava em ensaios muito onerosos. Fato este que levou ao desenvolvimento de novos tipos de ensaios como os que contemplavam parte do ciclo de vida ou os estágios iniciais de vida dos organismos-teste, tais como aqueles que contemplam períodos críticos da vida do organismo (embriões, larvas, jovens) e conseqüentemente gastam menos tempo de exposição tornando-os mais acessíveis (ARAGÃO e ARAÚJO, 2008).

Os ensaios de toxicidade crônica, mais difundidos mundialmente, são os com *Daphnia magna*, com duração de 21 dias, e com *Ceriodaphnia sp*, de 7 dias de duração. Esse último tem sido mais utilizado para avaliação de toxicidade crônica de amostras ambientais (água e efluentes líquidos), enquanto o teste com *Daphnia* é mais utilizado para a avaliação da toxicidade de novas formulações químicas (ARAGÃO e ARAÚJO, 2008).

Nos testes de toxicidade crônica é possível avaliar o comportamento dos organismos em diferentes ciclos de vida. Por exemplo, no teste de reprodução do oligoqueto *Eisenia foetida* é possível avaliar o comportamento dos oligoquetos

expostos aos poluentes tóxicos desde sua fecundação até a eclosão e desenvolvimento dos ovos (ANDRADE, 2009).

Testes de comportamento no caso das minhocas, são muito importantes e significativos, pois comportamentos adversos dos oligoquetos teriam sérios impactos ecológicos, pois esses são principais organismos em muitos solos e ajudam a aumentar o revolvimento dos nutrientes e a aeração do solo (OWOJORI; REINECK, 2009).

### 2.7.5 Organismos-Teste

Os testes ecotoxicológicos são realizados com uma série de organismos de distintas espécies, com metodologias padronizadas por órgãos ou institutos ambientais, levando sempre em consideração a importância ecológica, a facilidade de manutenção em laboratório, estabilidade, e sua relação como membro de uma família que pertença à cadeia alimentar do homem.

Segundo Larini (1997, p. 43), “os dados toxicológicos são informações obtidas através da experimentação em animais de laboratório, em ensaios com microorganismos ou através do registro de casos de intoxicações ocorridas em seres humanos”.

Várias espécies de organismos vêm sendo empregadas internacionalmente em testes de toxicidade, gerando subsídios importantíssimos para uma melhor avaliação e caracterização dos efeitos agudos e crônicos em diversos agentes tóxicos e corpos receptores. Dentre os principais grupos de organismos, utilizados em ensaios laboratoriais, destacam-se: microalgas, microcrustáceos, equinóides, poliquetas, oligoquetos, peixes e bactérias. Representando os mais diversos ecossistemas e níveis tróficos (CESAR; SILVA; SANTOS, 1997, p.1).

A ecotoxicidade segundo Rand 1995 apud Chasin; Azevedo, 2003 p.137, “tem por finalidade a predição de efeitos ambientais, comparação entre substâncias e a monitoração de efluentes.” Os critérios para escolher o organismo-teste devem levar em consideração:

- I) Sua representatividade em relação a um determinado grupo de importância ecológica;
- II) A facilidade de manutenção em laboratório;
- III) Sua estabilidade genética (populações uniformes);
- IV) Sua pertinência como membro de uma família que pertença à cadeia alimentar do homem (CHASIN; AZEVEDO, 2003 p.137).

Conforme Rodrigues, (1992 apud Sousa 2002, p.10) “o estudo sistemático dos efeitos tóxicos em animais de laboratório, começou na década de 1920, em respostas aos efeitos colaterais indesejáveis de substâncias adicionadas aos alimentos, drogas e pesticidas”.

Segundo a ABNT (2004), para que os testes de toxicidade forneçam resultados confiáveis e, que traduzam realmente o resultado do efluente, é necessário que o cultivo e a manutenção de organismos-teste sejam feitos de maneira adequada. Os organismos devem ser mantidos em locais tranquilos, bem alimentados, sem mudanças abruptas de temperatura, com luminosidade adequada e controlada por foto- período.

Entre todos os aspectos, a alimentação fornecida é a mais importante, pois cada espécie apresenta hábitos nutricionais próprios. Portanto é preciso conhecer as necessidades nutricionais básicas de cada espécie, afim de que seja fornecido alimento em qualidade e quantidade adequadas para uma condição saudável do cultivo (DOMINGUES; BERTOLETTI, 2008).

#### **2.7.5.1 *Eisenia foetida* (minhoca-vermelha-da-Califórnia).**

“As minhocas são uma das espécies mais antigas no planeta, estimando-se que existam cerca de 8700 espécies” (LOURENÇO, 2010).

A minhoca não possui olhos, embora suas células foto-receptoras sejam sensíveis à luminosidade, particularmente a luz solar. A epiderme que protege essas células possibilita à minhoca a distinção entre a luz diurna e noturna, a percepção de pequenas vibrações e selecionar alimentos e parceiros para a reprodução. Quando uma minhoca morre o seu corpo rapidamente é degradado, visto que seu corpo se constitui majoritariamente por água (LOURENÇO, 2010).

As minhocas são consideradas vermes anelídeos pelo fato de terem o corpo segmentado em anéis. As minhocas ingerem diariamente o equivalente ao seu próprio peso, entretanto utilizam como nutriente apenas cerca de 3% da matéria orgânica retida no solo (REICHERT; BIDONE, 2002 apud ANDRADE, 2009).

O oligoqueto *Eisenia foetida* (minhoca vermelha californiana) tem se mostrado eficaz na avaliação da qualidade do solo, pois possui várias características desejáveis para o organismo teste: tempo de geração curto

alta taxa reprodutiva, facilmente coletada em fontes naturais, de ótimo cultivo em laboratório, ingerem grande quantidade de solo, possuem estreita relação com os outros compartimentos do solo, são importantes na cadeia trófica (REICHERT; BIDONE, 2002 apud ANDRADE, 2009 p.46).

De acordo com Lourenço (2010), a existência de condições desfavoráveis para umidade, porosidade do solo, natureza dos substratos, arejamento (oxigênio), relação carbono/nitrogênio, pH e temperatura pode conduzir à fuga (realizada geralmente durante a noite), perda de atividade reprodutora ou morte das minhocas.

*Eisenia foetida* (Oligochaeta, Lumbricidae), espécie de minhocas comum em criações para produção de húmus e compostagem. Atualmente é o organismo recomendado em protocolos internacionais para uso em testes padronizados de toxicidade de substâncias químicas para o solo em regiões temperadas (OECD, 1994) e tropicais (IBAMA, 1990 apud LIMA, 2006).

Em testes de toxicidade utilizando organismo terrestre tem sido dada maior atenção à minhoca da espécie *Eisenia foetida* por seu rápido crescimento e prodigiosa proliferação, bem como por sua adaptação às condições adversas ao meio, como predação, variações de temperatura, umidade e luminosidade, formando populações numerosas em pouco tempo, desde que mantidas em condições ótimas de criação (BORALI, 2000 apud LIMA, 2006).

Segundo Papini & Andreia, 2004 apud Lima, (2006), as minhocas apresentam acentuada sensibilidade a diversos produtos químicos, são facilmente mantidas em laboratório, além de terem sido escolhidas como organismo teste de vários protocolos padronizados internacionalmente para verificação de potencial de contaminação, particularmente em solos.

Os testes de toxicidade são ferramentas indispensáveis para detectarem os efeitos de poluentes sobre a biota, pois análises químicas apenas identificam e quantificam as substâncias presentes nas amostras ambientais (HOFFMAN, 1995 apud LIMA, 2006).

**Figura 16:** Ilustração da minhoca espécie *Eisenia foetida*.



Fonte: (BORGES, C. 2011)

#### **2.7.5.2 *Lactuca sativa* (alface)**

De acordo com Junior; Klar, (1997), alface (*Lactuca sativa*) é uma planta herbácea, pertencente à família das Asteraceae.

Alface (*Lactuca sativa*) é uma hortaliça mundialmente conhecida e consumida em forma de saladas. Sendo que no Brasil, o consumo médio de hortaliças fica em torno de 41,0 kg/per capita /ano, está entre as principais hortaliças cultivadas, ocupando a 6º posição na ordem econômica entre as mais produzidas (NADAL et al. 1986 apud ANDRADE, 2009).

Para ensaios de toxicidade com a planta, consideram-se as vantagens do teste de germinação, pois são de baixo custo e simplicidade. Sendo que os problemas de toxicidade em uma planta surgem quando constituintes (íons tóxicos) do solo ou da água são absorvidos e acumulados em seus tecidos em concentrações suficientes altas para provocar danos e reduzir seus rendimentos (AYERS & WESTCOT, 1993 apud ANDRADE, 2009).



**Figura 17:** Sementes de *Lactuca sativa* (Alface).



Fonte: (Universidade Estadual de Ohio, 2011).

### 2.7.5.3 *Allium cepa* L. (Cebola).

Inicialmente a cebola foi classificada dentro da Família Liliaceae, mas, atualmente faz parte da família Alliaceae, dentro da ordem Liliales (SOUZA; LORENZE, 2005).

Plantas superiores como a *Allium cepa* L. estão sendo empregadas em sistemas para acompanhar a presença de compostos tóxicos em corpos d'água (BENASSI, 2004).

De acordo com Benassi (2004), o parâmetro mais comumente analisado é a fitotoxicidade, onde se observam a inibição do crescimento das raízes, peso das raízes, ganho de peso dos bulbos (cebolas) comparando exposição a uma substância poluente e ao grupo controle. Este bioteste é rápido e de fácil execução e tem como princípio determinar a qualidade ambiental.

El Shahaby et al. (2003), consideraram o sistema teste de *Allium cepa* o mais adequado para detecção de toxicidade/genotoxicidade para avaliação de níveis de poluição ambiental, os quais representam riscos diretos ou indiretos para a população humana. Plantas como *Allium cepa* L. (cebola) têm sido bastante utilizadas em ensaios ecotoxicológicos na avaliação da toxicidade de diversos compostos (ARAMBASIC; BJELIC; SUBAKOV, 1995; JARDIM, 2004).

A seleção deste organismo vegetal deve-se a uma série de vantagens dentre as quais estão: baixo custo, fácil cultivo, disponibilidade durante todo o ano e possibilidade de ser usado tanto em testes de toxicidade aguda quanto crônica, em condições laboratoriais e em campo (FISKEJO, 1985).

**Figura 18:** Ilustração da *Allium cepa* L (cebola)



Fonte: (BORGES, C., 2011).

#### **2.7.5.4 Artemia sp. (microcrustáceo)**

Este bioindicador da classe Crustácea, ordem Anostraca e família Artemiidae, é um microcrustáceo zooplanctônico que vive nas águas salgadas de praticamente todos os ambientes marinhos da terra (GRINEVICIUS, 2006). São encontrados em lojas aquaristas, uma vez que são utilizados como fonte de alimentos tanto para invertebrados aquáticos quanto para peixes por serem ricos em nutrientes. Seus cistos ou embriões podem permanecer inativos por muito tempo quando em um ambiente sem umidade. De volta ao ambiente propício para o seu desenvolvimento (água salgada), tornam-se novamente hidratados reiniciando assim seu ciclo de vida (GOMES, 1986).

A *Artemia* sp. , é amplamente indicada para testes ecotoxicológicos, devido sua fácil eclosão, sensibilidade elevada e boa reprodutividade em laboratório, sendo reconhecida internacionalmente como organismo teste. O teste de toxicidade aguda com *Artemia* sp., consiste em expor organismos testes, representativos do ambiente, a várias concentrações das substâncias analisadas ou a fatores ambientais, durante um curto período de tempo. O efeito agudo trata-se de uma resposta rápida dos organismos expostos, para avaliar os efeitos agudos dos agentes tóxicos nesses testes, em geral usa-se a concentração letal (CL50) concentração em que ocorreu a mortalidade de 50% dos organismos bioindicadores, quando expostos aos efluentes em estudo. O ensaio de letalidade permite uma rápida avaliação da toxicidade ambiental, pois apenas um parâmetro é envolvido:

morte ou vida, observada pela imobilidade dos indivíduos. (VILLARROEL et al 2003; GRINEVICIUS, 2006; BENASSI, 2004; AZEVEDO; CHASIN 2003).

**Figura 19:** Ilustração microcrustáceo *Artemia* sp.



Fonte: (KRIBENSIS, 2011)

## 2.8 Legislações Referentes à Toxicidade

No Brasil, a referência legal para o controle de toxicidade consta na resolução do CONAMA nº. 357/2005 e na resolução CONAMA 430/2011, a qual classifica os corpos d'água em doces, salinas e salobras, bem como estabelece condições e padrões de lançamentos de efluentes.

Em suas considerações a Resolução CONAMA nº. 357/05 dispõe sobre toxicidade, assim como:

O parágrafo único do Art. 7º diz que “Eventuais interações entre substâncias, específicas ou não nesta Resolução, não poderão conferir às águas características capazes de causar efeitos letais ou alteração de comportamento, reprodução ou fisiologia da vida”.

O art. 8º descreve em seu § 3º que “A qualidade dos ambientes aquáticos poderá ser avaliada por indicadores biológicos, quando apropriado, utilizando organismos e/ou comunidades aquáticas”.

Em 13 de maio 2011, entrou em vigor a Resolução CONAMA nº. 430 que dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, que complementa e altera a Resolução CONAMA nº. 357 de 17 de março 2005.

Em suas considerações a Resolução CONAMA nº. 430/11 cita em seu Art. 1º “Esta Resolução dispõe sobre condições, parâmetros, padrões e diretrizes

para gestão do lançamento de efluentes em corpos de água receptores, alterando parcialmente e complementando a Resolução nº. 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA”.

Art. 18º O efluente não deverá causar ou possuir potencial para causar efeitos tóxicos aos organismos aquáticos no corpo receptor, de acordo com os critérios de ecotoxicidade estabelecidos pelo órgão ambiental competente.

§ 1º Os critérios de ecotoxicidade previstos no *caput* deste artigo devem se basear em resultados de ensaios ecotoxicológicos aceitos pelo órgão ambiental, realizados no efluente, utilizando organismos aquáticos de pelo menos dois níveis tróficos diferentes.

Art. 19º órgão ambiental competente deverá determinar quais empreendimentos e atividades deverão realizar os ensaios de ecotoxicidade, considerando as características dos efluentes gerados e do corpo receptor.

A lei Federal dos Recursos Hídricos nº. 9.433/97 descreve em seu Art.22º que: “Será considerado na cobrança pelo lançamento de esgotos e demais resíduos em corpos hídricos: o volume lançado e seu regime de variação e as características físico químicas, biológicas e de toxicidade”.

O estado de Santa Catarina estabelece critérios e padrões de toxicidade para lançamento de efluentes através da Portaria nº. 017/02 que dispõe sobre a toxicidade como parâmetro de caracterização de diferentes origens impondo limites de lançamento (FATMA, 2002).

O Art.1º diz que “As substâncias presentes nos efluentes não poderão causar ou possuir potencial causador de efeitos tóxicos, alterações no comportamento e fisiologia dos organismos aquáticos no corpo receptor”, que salienta a importância da análise da toxicidade.

O art.2º descreve que “A toxicidade do efluente, bem como do corpo receptor, será determinada em laboratório por testes ecotoxicológicos padronizados, cujos resultados são expressos em (FD) Fator de Diluição” determinando o procedimento de análise.

O Art.5º, também da Portaria 017/02, estabelece os limites máximos de toxicidade para efluentes, utilizando *Daphnia magna* e *Vibrio fischeri* como organismos indicadores de toxicidade. A Portaria nº. 017/02 define a origem dos efluentes por categorias de atividade tais como: Metal-mecânica, alimentícia,

esgotos domésticos e hospitalares, resíduos urbanos, papel e celulose, couro, pele e produtos similares; química, têxtil e farmacêutica.

Os efluentes da indústria cerâmica não estão inseridos na tabela 1 da Portaria 017/02 que Estabelece os Limites Máximos de Toxicidade Aguda para os microcrustáceos - *Daphnia magna* (Straus, 1820) e para as bactérias bioluminescentes - *Vibrio fischeri*, dos efluentes de diferentes categorias, dessa forma para esta atividade fica estabelecido os Limites Máximos de Toxicidade Aguda descritos no Art. 2º, § 4º que menciona:

Fator de Diluição para *Daphnia magna* (FDd) : 8 (12,5%);

Fator de Diluição para *Vibrio fischeri* (FDbf) : 8 (12,5%).

## 2.9 Modelos e Validação da Aplicação de Bioteste

Os bioensaios apresentados nesse trabalho têm sido aplicados em diversos outros estudos com variedades de categorias de efluentes e, testados com diversos tipos de organismos teste, tendo como propósito não apenas avaliar danos causados ao meio ambiente por substâncias perigosas ou tóxicas, como também evitar riscos futuros devido à liberação de tais substâncias. No Brasil os testes ecotoxicológicos vêm sendo aplicados crescentemente nos últimos anos (ZAGATTO, 2008).

Diversos modelos de biotestes têm sido utilizados para testar a toxicidade de efluentes na região.

Pizzatto (2010), realizou em sua Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia Ambiental, ensaios ecotoxicológicos utilizando bioindicadores *Artemia* sp., *Daphnia magna* e *Allium cepa* L., para Avaliação Toxicológica da Eficácia do Sistema de Tratamento de Drenagem Ácida de Mina da Empresa Cooperminas.

Os ensaios realizados com os bioindicadores em questão ao serem expostos ao efluente tratado não apresentaram diferenças significativas, isto mostrou que o tratamento promoveu uma remoção na toxicidade do efluente.

Como modelos de aplicação de biotestes podem-se citar ainda: Avaliação de percolados de Aterros Sanitários (FICAGNA, et al. 2008; BORTOLOTTI et al. 2009); Agrotóxico Imidacloprido (DEFAVERI et al. 2008) e Inseticida Carbofuran (SILVEIRA et al. 2008).

Madeira (2009) apresentou estudo da avaliação tóxica, genotóxica e nucleásica do Efluente de Lavadores de Gases de Olaria. Os testes laboratoriais foram realizados com os bioindicadores *Artemia* sp., e *Allium cepa* L.

Para os testes realizados com *Artemia* sp. , a primeira amostra (amostra 1) não apresentou toxicidade aguda, e a segunda amostra (amostra 2) apresentou alta toxicidade do efluente não filtrado e filtrado (CL50= 16,73%), para este organismo.

Segundo Madeira (2009), o teste de fitotoxicidade da amostra 1 apresentou significância ( $p < 0,01$ ) apenas no efluente filtrado para crescimento de raiz e, a amostra 2 apresentou significância ( $p < 0,001$ ) em todas as concentrações dos efluentes para o crescimento de raiz e, para a biomassa média da raiz observou-se significância ( $p < 0,05$ ) na concentração de 6,25% do efluente não filtrado, mostrando toxicidade para essa amostra.

No teste de genotoxicidade em vegetal *Allium cepa* L. que indica a fragmentação do DNA de células meristemáticas das raízes. Nos testes realizados os índices (ID) e (FD), não apresentaram diferenças significativas (MADEIRA, 2009).

Outro estudo de correlação de dados laboratoriais *versus* comunidade biológica foi realizado por Andrade (2009), onde em sua Tese de Doutorado realizou a Avaliação da Toxicidade de Água Produzida Tratada Por Processo Evaporativo com a Finalidade de Reuso em Solo, utilizando bioindicadores *Eisenia foetida* (minhoca), *Lactuca sativa* (alface), peixe *Danio rerio* e *Pseudokirchneriella subcapitata* (alga). O objetivo era avaliar a possibilidade de reuso do destilado, proveniente das atividades de exploração e produção de óleo e gás, para a irrigação de culturas não comestíveis.

A água produzida consiste de água de formação, água naturalmente presente na formação geológica do reservatório de petróleo e água de injeção, aquela introduzida no reservatório para aumento da produção de óleo. Essa água depois de separada do óleo passa por um tratamento (ANDRADE, 2009).

A água produzida passou por um tratamento de sistema evaporativo por compressão mecânica de vapor e, logo após, foram realizados os biotestes com minhoca vermelha (*Eisenia foetida*) e *Lactuca sativa* (alface) aplicados no condensado para avaliação da toxicidade. O produto destilado causou toxicidade crônica para a alga *P. subcapitata*, sendo que para os outros organismos não foi

observada toxicidade ao nível de 100% de concentração. Comparando os resultados da composição química do condensado com os bioensaios, foi possível detectar que o agente causador de toxicidade para a alga foi o nitrogênio amoniacal.

Os modelos avaliados mostraram eficiência na comprovação da toxicidade das substâncias testadas, comprovando a importância dos ensaios ecotoxicológicos para o monitoramento, minimização e possível tomada de ações preventivas no que se refere ao nível tóxico de um poluente.



### 3 METODOLOGIA

A área de estudo objeto deste trabalho de conclusão de curso (TCC), não será divulgada por princípios de ética e, acordo firmado previamente entre a empresa em questão e a autora deste trabalho.

Os dados e efluentes utilizados para realização do trabalho são oriundos de uma cerâmica vermelha (estrutural), popularmente denominada de olaria, situada no Município de Morro da Fumaça.

Todos os dados em relação à empresa usados para a concretização do trabalho foram obtidos através de visitas previamente agendadas.

A metodologia do trabalho envolveu um grande aprofundamento do referencial teórico, através de pesquisa bibliográfica, nos mais diferenciados meios de comunicação tais como artigos, livros, sites, revistas eletrônica, anais, estudos de caso, congressos, cartilhas, guias técnicos, entre outros.

Em seguida, a luz da literatura, tendo estabelecido quais testes e análises que seriam realizados, e qual volume de amostra necessário para cada um deles, deu-se início a etapa seguinte, que foram as coletas do efluente, obtidas nos tanques de recepção do efluente do lavador de gases da empresa em questão.

As coletas seguiram os procedimentos indicados pela norma ABNT NBR 9897 (ABNT, 2004) visando à obtenção de amostras que representem à situação real e global de um efluente, no estágio em que se encontram.

As amostras foram coletadas após uma total limpeza dos tanques, posterior a dez dias de funcionamento do equipamento lavador de gases, considerando que esse procedimento seria indispensável para uma boa análise dos resultados, observando também a influência do tempo de exposição do efluente no tanque de recepção.

O efluente coletado é produto final do funcionamento do equipamento de lavador de gases instalado nas chaminés de olarias e não possui qualquer tipo de tratamento.

Foram realizadas duas amostragens, compostas por duas coletas, sendo a primeira realizada no dia 16/03/2011 que será denominada nos testes de Amostra (A) e a segunda que será denominada nos testes de Amostra (B), que por sua vez teve uma data prevista de coleta para quatro semanas após, tendo ocorrido no dia 14/04/2011.

As amostras coletadas foram divididas igualmente e, uma das amostras passou por um processo de filtração realizada no Laboratório de Águas do (IPAT) Instituto de Pesquisas Ambientais e Tecnológicas e, a outra metade da amostra foi mantida com suas características originais, ou seja, da mesma forma como foi coletada.

O procedimento de filtragem foi realizado para obter a comparação dos resultados com efluente não filtrado e filtrado, que serão denominados nos testes, efluentes (NF) não filtrados e efluentes (F) filtrados.

O processo de filtragem foi realizado a vácuo por meio de filtros de Acetato de Celulose Millipore com 0,45 µm de porosidade e previamente lavados com água destilada, onde foi observada a remoção da maior porção do material particulado.

As amostras foram acondicionadas em bombonas de 20 litros e, conservadas sob-refrigeração a 4 °C até o momento da realização dos testes.

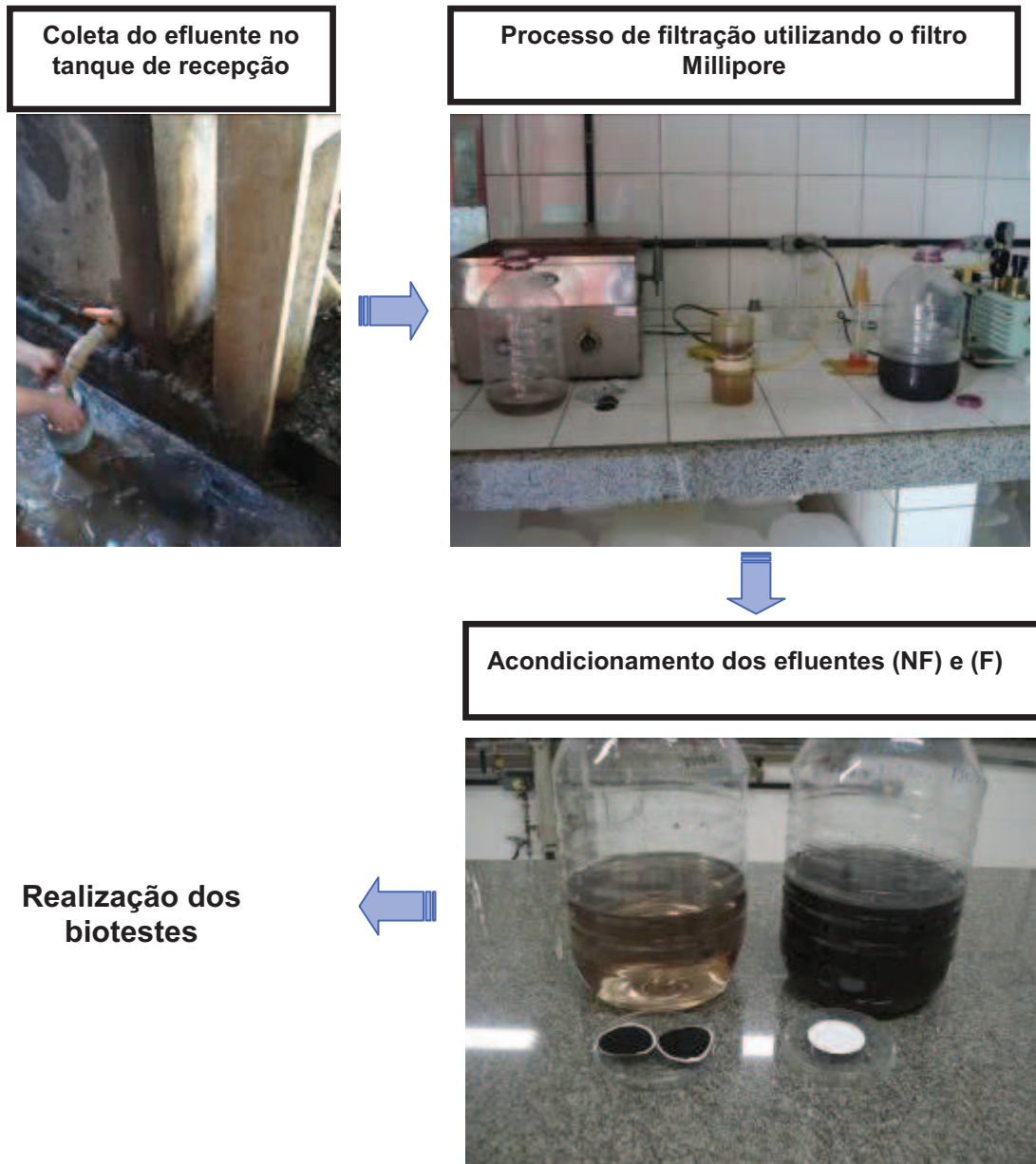
Para as análises físico - químicas o acondicionamento e coleta do efluente tiveram métodos diferenciados, realizados de acordo com procedimentos elaborados pelo Laboratório de Águas do IPAT.

A partir da aquisição do conjunto de informações teóricas e da coleta das amostras foram conduzidos os testes físico-químicos e biotestes com *Lactuca sativa* (alface), *Eisenia foetida* (minhoca-vermelha-da-Califórnia), *Allium cepa* L. (cebola) e *Artemia* sp. (microcrustáceo).

Os ensaios foram realizados no IPAT – Instituto de Pesquisas Ambientais e Tecnológicas, junto ao (LADEBIMA) Laboratório de Desenvolvimento de Biomateriais e Materiais Antimicrobianos. .

Todos os testes foram realizados em equidade com primeira e segunda coleta, (amostra A e amostra B), a fim de alcançar o objetivo proposto no presente trabalho que foi o de caracterizar, avaliar e analisar amostras de efluentes gerados por lavador de gases instalados em chaminés de olaria (subsetor da indústria cerâmica).

**Figura 20:** Esquema de ilustração das coletas das amostras, realização do processo de filtração e acondicionamento do efluente no laboratório.



Fonte: (BORGES, C., 2011).

### 3.1 Análises Físico – Químicas

Foram analisados os parâmetros de pH, DBO, DQO, fenóis, sólidos sedimentáveis, , sólidos suspensos totais, sulfato, sulfeto e nitrato. As análises físico-químicas foram realizadas no Laboratório de Águas do IPAT, com total apoio financeiro do LADEBIMA, utilizando metodologias de acordo com Standard Methods For The Examination of Water & Wast Water, 2005 Edition 21st.

### 3.2 Testes de Fitotoxicidade (não estático) com Bioindicador *Lactuca sativa* (alface), expostos ao Efluente (NF) e Efluente filtrado (F) das amostras (A) e (B).

O método é denominado teste de alongamento das raízes, e leva em consideração não só o comprimento das raízes após um determinado tempo de exposição ao agente tóxico ou efluente líquido, como também o número de sementes que germinaram durante o período de acompanhamento do teste.

Os procedimentos aplicados para este teste foram baseados nas recomendações feitas pela ASTM E 1963-02 (2003), com adaptações necessárias para se aperfeiçoar o procedimento de execução do ensaio, baseado em observações experimentais.

#### 3.2.1 Testes Preliminares

Foram preparados 100 mL de cada concentração, diluindo as amostras de acordo com uma série geométrica, 100%, 75%, 50%, 25%, 12,5% e, 0% (controle) para testes preliminares que normalmente antecedem a um teste de toxicidade, feito nas mesmas condições, porém com concentrações estabelecidas com limites de grande magnitude, objetivando determinar o intervalo de concentrações, delimitado pela menor concentração que causa efeito ao organismo. Este intervalo é utilizado na elaboração do teste definitivo descrito abaixo com metodologia definida realizada com ambos os testes. Nas análises de resultados serão demonstrados somente os dados do teste definitivos, tomando como base a menor concentração que possa causar dano ao organismo.

### 3.2.2 Testes Definitivos

Após os testes de toxicidade preliminares foi determinada outra série de diluição 100%, 83,3%, 66,7%, 50% e 0% (controle água mineral) para as amostras com baixo índice de toxicidade ou determinadas como não tóxicas, a metodologia usada no teste preliminar e no teste definitivo encontra-se descrita abaixo.

Sobre placas de Petri, em vidro borossilicato, com diâmetro de 100 mm e altura de 15 mm, foram colocados papel de filtro, Whatman N.1 para reter o efluente, com a ajuda de uma pipeta, adicionou-se 2,0 mL de cada concentração a fim de manter o papel umedecido.

Após colocar a solução sobre o papel filtro, foram distribuídas 10 sementes, previamente classificadas de forma a separar as quebradas ou danificadas. As sementes foram espaçadas igualmente por todo o interior da placa úmida. Foram feitas três réplicas para cada concentração do efluente (NF), três réplicas de cada concentração do efluente (F) e, três réplicas para o controle (água mineral).

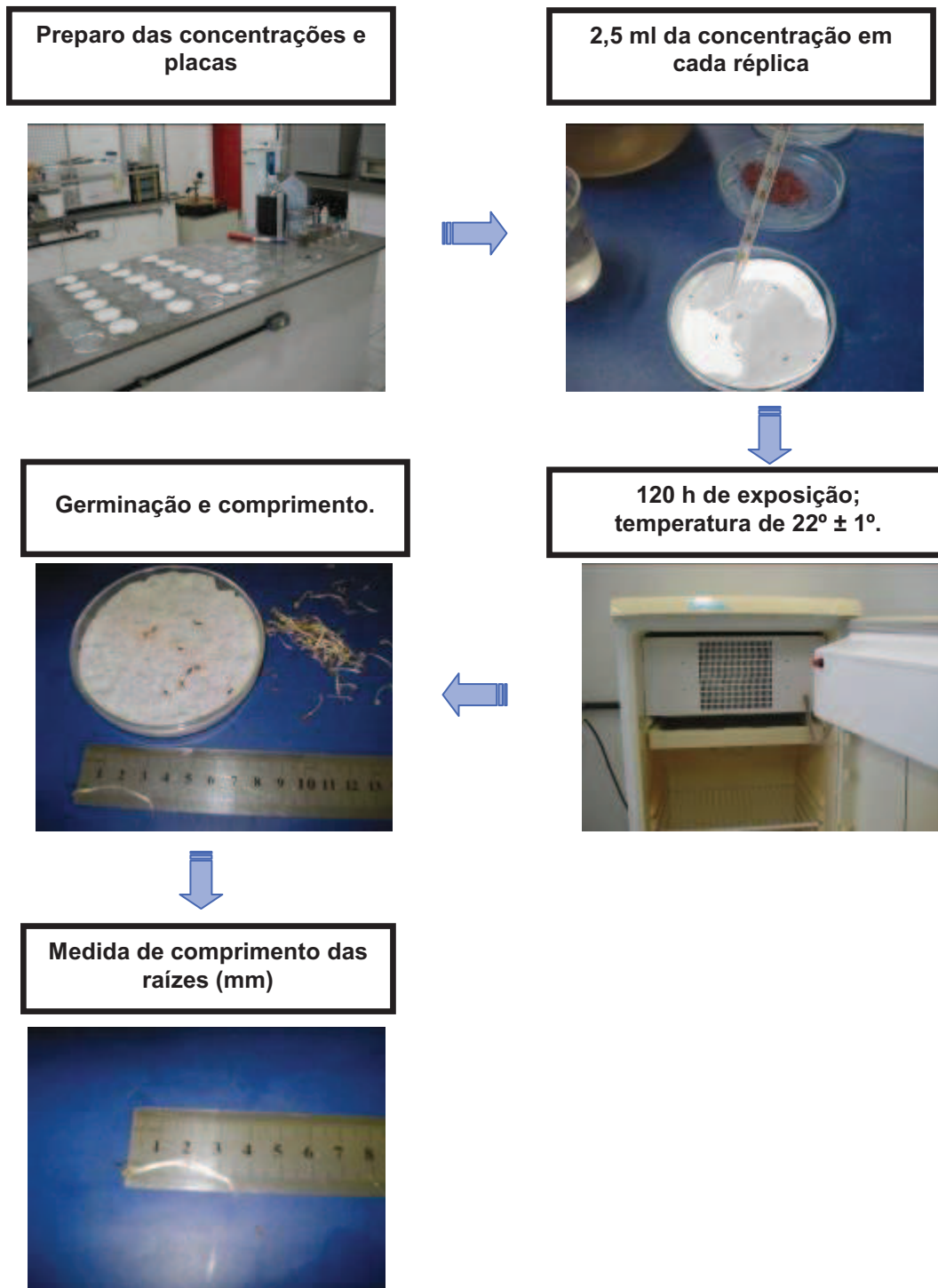
As placas foram colocadas em estufa de incubação, na ausência de luz, com temperatura controlada na faixa de  $22 \pm 10^\circ\text{C}$ .

Após 72 h de incubação foram adicionados 0,5 mL de cada concentração nas réplicas, para manter a umidade desejável.

A leitura dos resultados foi realizada após 120 h de incubação. Foram analisados os parâmetros índice percentual de germinação e comprimento em (mm) das raízes.

O teste de germinação das sementes e alongamento das raízes descritos na literatura consiste de um ensaio em regime estático, sem renovação das soluções-teste. Porém, foi adotada uma pequena alteração em relação ao método oficial e foram adicionados 0,5 mL de cada concentração nas placas no terceiro dia de incubação, sendo necessário para manter a umidade padrão.

**Figura 21:** Esquema do teste de toxicidade aguda por meio do índice de germinação e alongamento das raízes de alface *Lactuca sativa*.



Fonte: (BORGES; C., 2011).



### 3.3 Testes de Toxicidade com Oligoquetos da Espécie *Eisenia foetida* (minhoca-vermelha-da-Califórnia).

Os testes de toxicidade com oligoquetos da espécie *Eisenia foetida*, conhecidas como minhocas vermelhas foram realizados de acordo, com as recomendações de ASTM (2002), da Organization for Economic Co-operation and Development OECD (1984), da International Organization for Standardization, da ISO 2006, International Organization for Standardization, e ISO 11268-1 (1993)).

Os exemplares adultos das minhocas da espécie *Eisenia foetida* foram adquiridos comercialmente e mantidas em substratos naturais para sua espécie até a realização dos testes.

#### 3.3.1 Preparo do Solo Artificial

Os ensaios foram realizados com solo artificial seguindo o protocolo da ISO (2002). O solo foi preparado usando 70% de areia, 20% de caulim e 10% de musgo *Sphagnum*.

**Figura 22:** Preparo do solo artificial com para realização do teste de toxicidade aguda com o bioindicador *Eisenia foetida*.



Fonte: (BORGES, C., 2011).

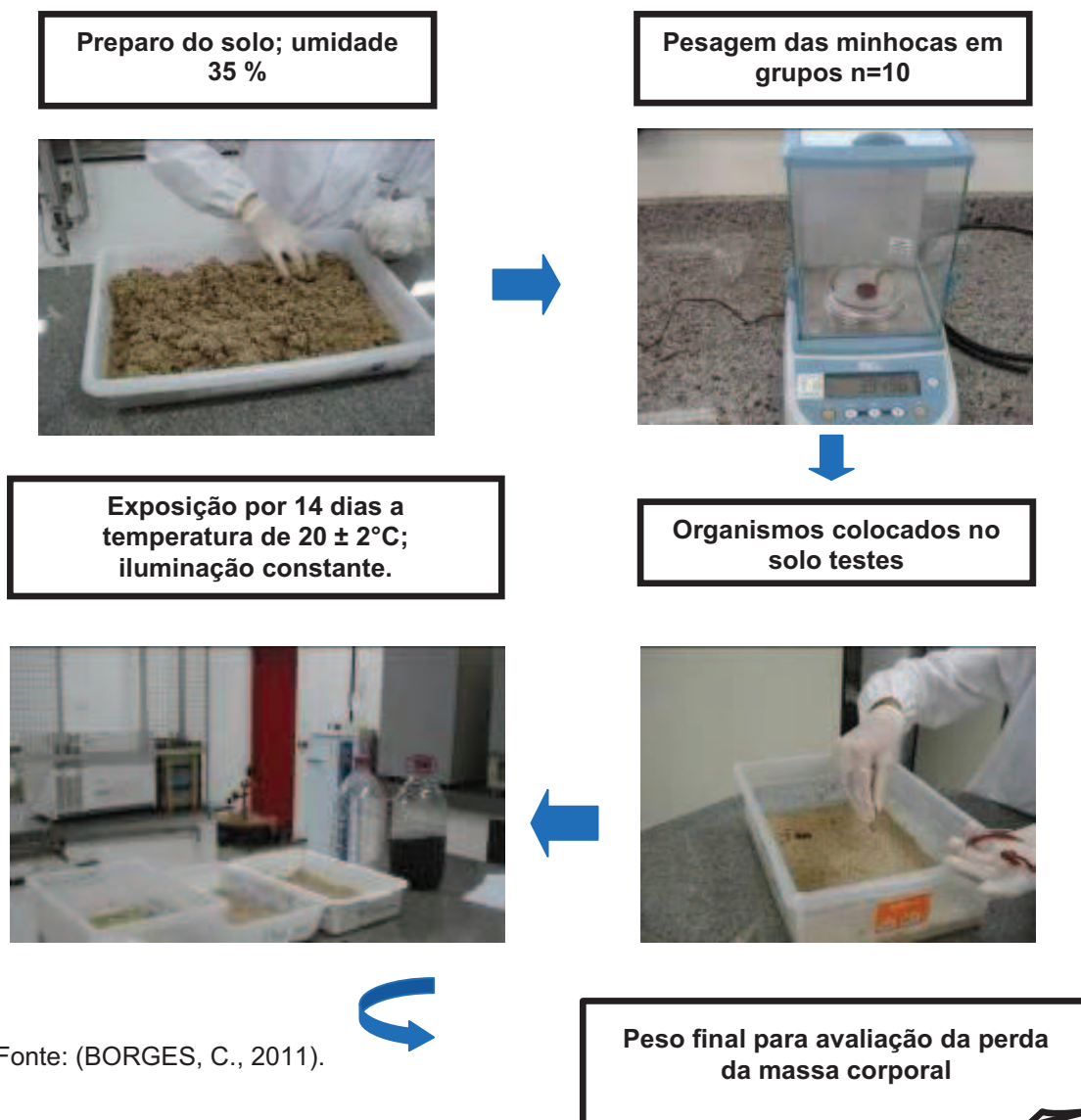
Para o ensaio, o solo foi preparado em lotes de 1200 g, de cada lote foi feito uma réplica, irrigadas separadamente com o efluente (NF), efluente (F) e água



destilada para o controle negativo, mantendo uma umidade de  $35 \pm 45\%$ , como uma umidade padrão para não encharcar totalmente o solo.

Para cada réplica, foram utilizadas 10 minhocas adultas previamente purgadas por 24 h, lavadas, secas e pesadas em grupos. Os oligoquetos (minhocas) foram colocados um a um para escavarem o solo de forma a não causar o stress aos organismos. As réplicas foram cobertas com papel filme perfurado e colocadas na sala de teste, na temperatura  $20 \pm 2$  °C e iluminação constante.

**Figura 23:** Esquema do teste de toxicidade aguda com *Eisenia foetida* expostas por 14 dias ao efluente (NF), (F) e controle negativo, realizados com a amostra (A) e amostra (B).



Fonte: (BORGES, C., 2011).

Durante os 14 dias do ensaio, as minhocas foram mantidas sem alimentação adicional, esse procedimento foi utilizado já que a perda de massa corporal é um dos parâmetros de avaliação. Os solos testes foram umedecidos a cada 48h para manter a umidade padrão.

Ao final dos 14 dias, as minhocas foram retiradas do recipiente - teste e colocadas novamente para purgar o conteúdo intestinal, por 24 h, após foram lavadas, secadas e novamente pesadas, para avaliação da diferença de massa corporal.

### **3.4 Testes de Toxicidade Aguda com Papel de Contato com oligoquetos da espécie *Eisenia foetida* (minhoca-vermelha-da-Califórnia).**

O teste de toxicidade aguda com papel de contato seguiu os procedimentos descritos na norma da (OECD 207/1984), utilizando como substrato papel filtro umedecido com solução, denominada solução-teste, do efluente (NF), (F) e controle (água destilada). Lembrando que os testes foram realizados igualmente com ambas as amostras.

Realizou-se um teste preliminar, onde foram preparados 100 mL de cada concentração, diluindo as amostras de acordo com uma série geométrica, 100%, 90%, 80%, 70%, 60%, 50%, 40%, 30%, 20%, 10% e 0% (controle). Foram feitas duas réplicas para cada concentração, com uma minhoca adulta, previamente purgada, por 24 h, lavada e secada, para cada réplica, totalizando 22 réplicas.

Copos descartáveis de 50 mL recobertos com papel filtro foram utilizados como recipiente-teste e em seguida umedecidos com 1,5 ml de cada concentração, após isso, os recipientes foram cobertos com papel filme e acondicionados em uma bandeja, mantidos durante 72h em incubadora de DBO à temperatura de  $20 \pm 2^\circ\text{C}$ .

O teste definitivo foi realizado com efluente (NF) e (F) nas concentrações de 100%, 83,3%, 66,7%, 50%, e 0% (controle água destilada), sendo duas réplicas para cada concentração e duas para o 0% (controle), nas mesmas condições e metodologia do teste preliminar.

**Figura 24:** Esquema do Ensaio de Toxicidade Aguda com Oligoqueto *Eisenia foetida* em papel de contato, realizados com ambas as amostras com efluente (NF) (F) e respectivo controle negativo.



Fonte: (BORGES, C., 2011).

A primeira verificação foi realizada após 48 h e os efeitos observados foram anotados. Uma segunda verificação foi realizada após 24 h, completando 72 h, quando o teste foi encerrado.

### 3.5 Testes de Fuga ou Ensaio de Comportamento com Oligoquetos da espécie *Eisenia foetida* (minhoca-vermelha-da-Califórnia), exposta ao efluente (NF) e (F).

O teste de “fuga” ou comportamento foi realizado tendo como base o documento preliminar disponível da norma (ISO, 2006). Os ensaios foram realizados com solo artificial, seguindo o protocolo da ISO (2002). O solo foi preparado usando 70% de areia, 20% de caulim e 10% de musgo *Sphagnum*.

O teste teve como principal objetivo expor as minhocas simultaneamente a uma amostra de solo úmido com água destilada (controle), efluente (NF) e filtrada (F), de ambas as amostras, avaliando assim o comportamento das minhocas. Amostras dos solos foram distribuídas em lotes com a quantidade necessária para as duplicatas, com 600 g para cada teste.

O solo artificial após ser umedecido (35 - 45% de umidade) foi deixado em repouso por 24 h para equilíbrio da mistura.

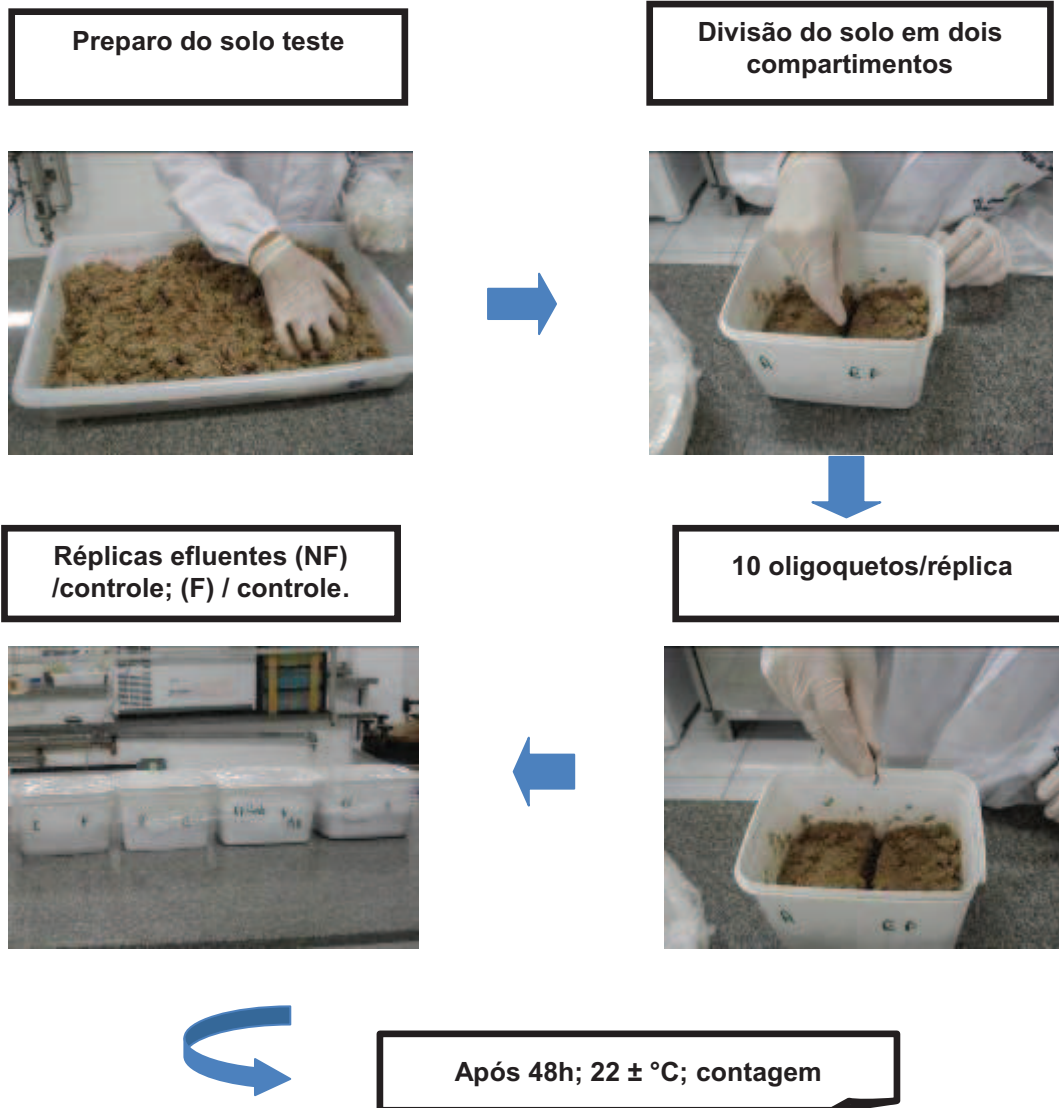
Após o ajuste da umidade, o solo foi irrigado com efluente (NF), (F) e com água destilada (controle negativo). Os solos com diferentes irrigações foram colocados em um mesmo recipiente, em seções distintas, separadas por um divisor, formando dois compartimentos. Em um dos compartimentos foi colocado o solo-teste e na outra seção o solo controle (300 g em cada lado).

As minhocas adultas purgadas, em número de dez para cada réplica, foram colocadas na linha divisória central, uma por uma, esperando escavarem o solo, dessa forma, evitando o *stress*.

O teste foi realizado em duplicata, sendo duas réplicas com efluente (NF) *versus* controle e duas réplicas efluente (F) *versus* controle. A duração do teste foi de 48h e foi mantida a temperatura de  $20 \pm 1^\circ\text{C}$  com iluminação constante.

Lembrando ainda que para a realização destes bioensaios utilizou-se as amostras (A) e (B) do efluente.

**Figura 25:** Esquema simplificado dos bioensaios de comportamento dos oligoquetos adicionados na linha central de recipientes com um lado com solo irrigado com água destilada e o outro com efluente (NF), (F) respectivamente.



Fonte: (BORGES, C., 2011).

O teste foi realizado em duplicata, sendo duas réplicas com efluente (NF) *versus* controle e duas réplicas efluente (F) *versus* controle. O teste teve duração de 48h e foi mantida a temperatura de  $20 \pm 2^\circ\text{C}$  com iluminação constante.

### **3.6 Testes de Toxicidade Subaguda (fitotoxicidade) com *Allium cepa* L., expostas por sete dias no efluente (NF), (F) das amostras (A) e (B), e controle negativo.**

O teste de fitotoxicidade foi conduzido conforme descrito por Fiskesjö (1988) com algumas modificações. Os bulbos foram adquiridos no comércio e mantidos em local livre de umidade e ao abrigo da luz. As raízes velhas e secas foram removidas cuidadosamente, tentando não mudar a área radicular e, logo após, os bulbos foram pesados separadamente tendo pesos anotados.

Na sequência foram preparados 600 mL de cada solução teste com efluente (NF) e (F), diluindo as amostras de acordo com uma série de concentrações, 100%, 75%, 50%, 25%, 12,5% e controle 0% (água mineral).

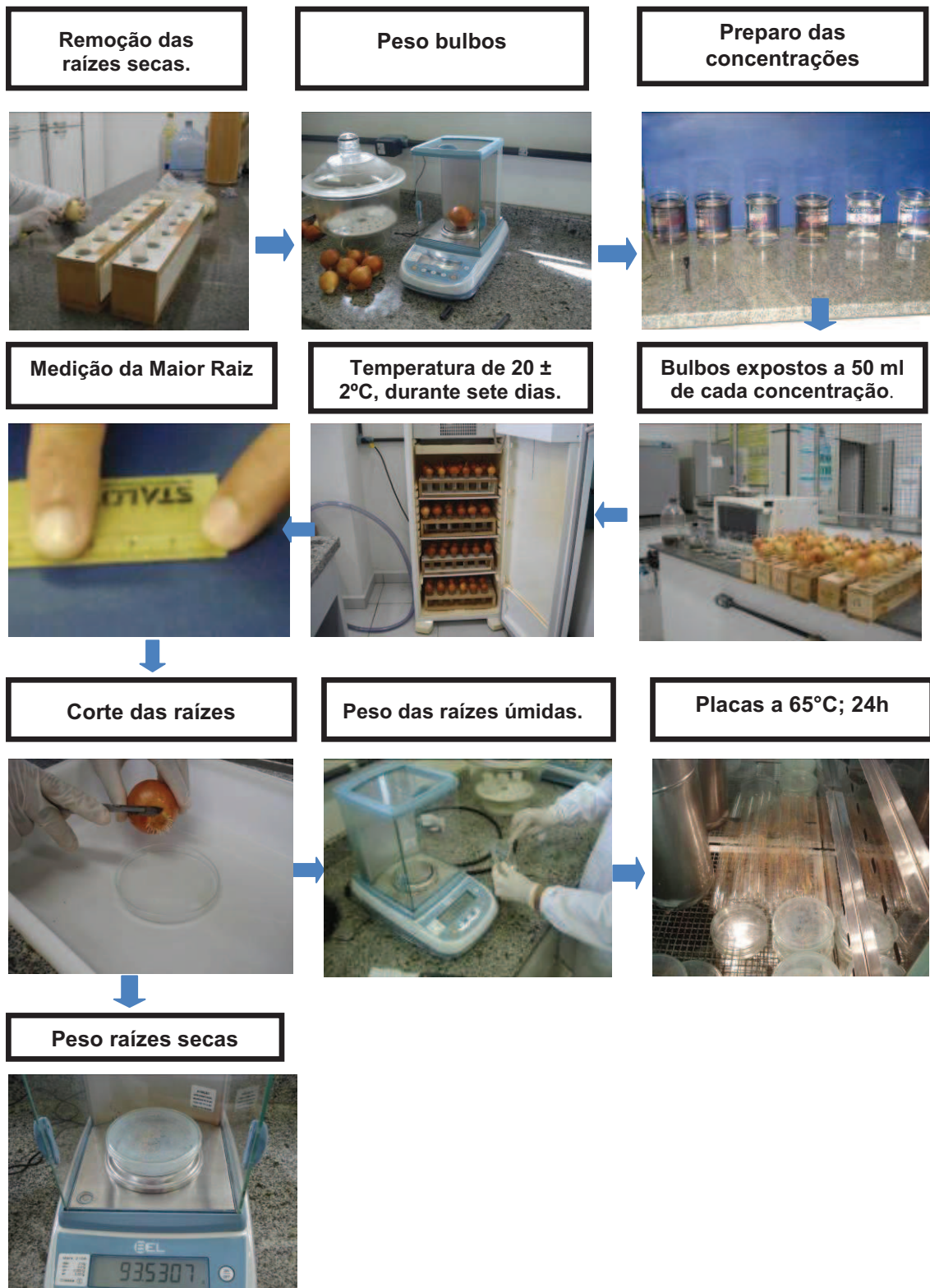
Os bulbos foram colocados em tubos Falcon de 50 mL, tendo sua base exposta a 50 ml de cada concentração, sendo que para cada amostra foram utilizados seis bulbos, assim denominados, C1, C2, C3, C4, C5, C6.

Durante o teste, as amostras com os tubos foram colocados em suportes de madeira e mantidos em incubadora de DBO à temperatura de  $20 \pm 2^\circ\text{C}$ , durante sete dias. A cada 24h as amostras eram renovadas ou preenchidas com suas respectivas concentrações. Ao final dos sete dias de exposição foi realizada a medição da maior raiz de cada bulbo, peso dos bulbos úmidos da *Allium cepa* L.

Placas Petri foram previamente secas à temperatura de  $100^\circ\text{C}$  por 2h posteriormente, foram pesadas, tendo os pesos anotados (peso 1 placa vazia). Seguido as raízes de cada bulbo foram cortadas com auxílio de um bisturi e, colocadas sobre as placas Petri secas e, novamente pesadas, resultando com a diferença entre o peso das placas o peso bruto da raiz úmida (peso 2 placa com raiz úmida – peso 1 placa vazia). As placas com raízes foram acondicionadas em estufa a uma temperatura constante de  $65^\circ\text{C}$ , por 24h. Ao final do teste, as placas foram para um dessecador, resfriadas e pesadas (peso 3 placa com raiz seca), através da subtração do peso da placa com raiz úmida e peso da placa com raiz seca, obteve-se o peso final das raízes secas.



**Figura 26:** Esquema do teste de fitotoxicidade aguda com o bioindicador *Allium cepa* L, expostos por sete dias no efluente (NF), (F) e controle negativo com ambas as amostras.



Fonte: (BORGES, C., 2011).



Para as avaliações dos testes foi utilizado o Programa Graph Pad Prism 5.0 (Graph Pad Inc.San Diego, CA, USA), por meio da Análise de variância (ANOVA) seguido do teste Tukey, que compara pares das amostras que apresentam variações significativas entre si.

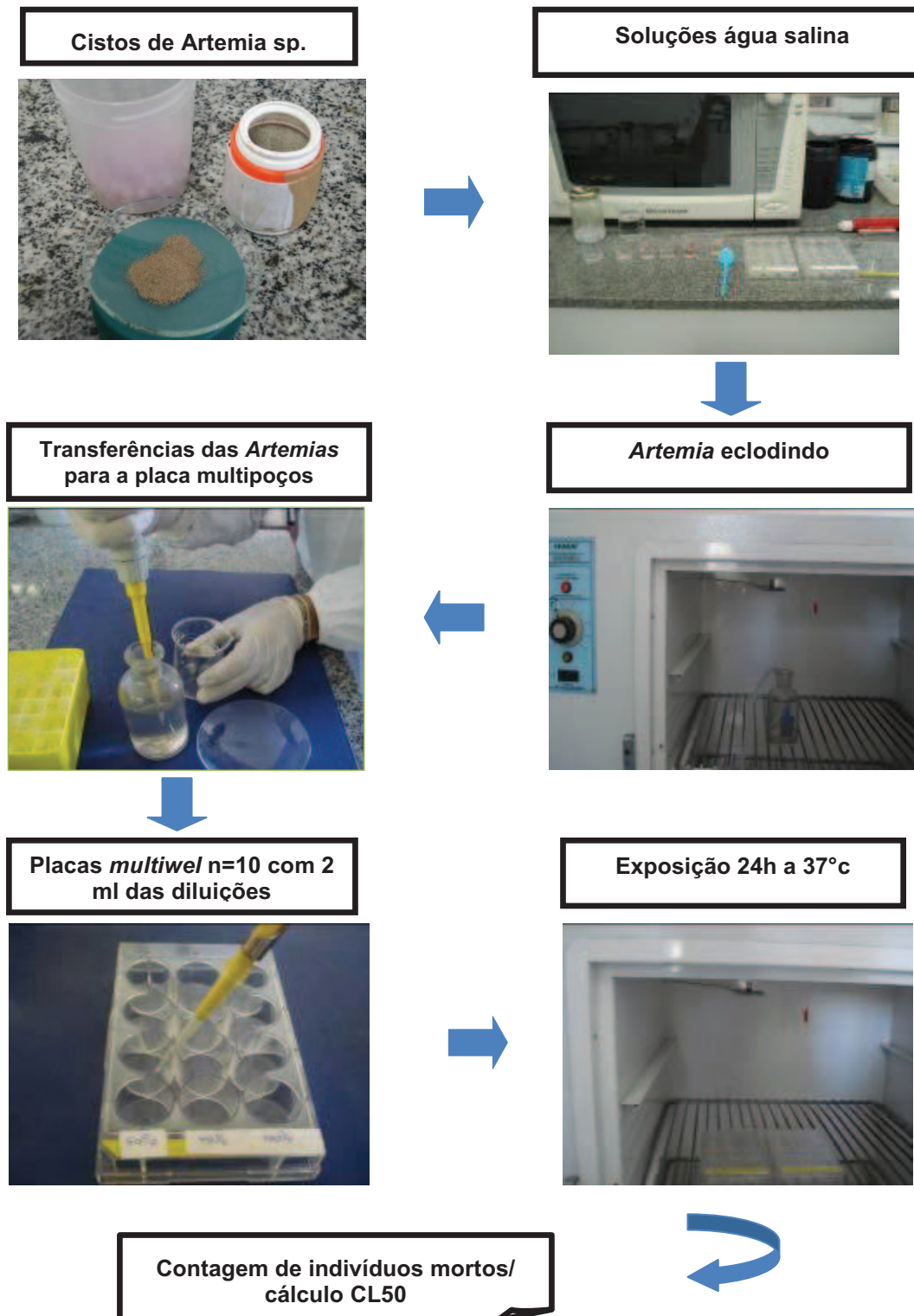
### **3.7 Testes de Toxicidade Aguda em microcrustáceo *Artemia* sp.,expostos ao efluente (F) e controle negativo (água salina).**

Baseado na metodologia de Fontenelle (1988), com algumas adaptações, foi preparado 10 mL das concentrações 100%, 75%, 50%, 25%, 12,5% e 0% (água mineral), para o controle negativo, junto a qual foi adicionado 0,3 g de sal marinho para água de diluição de cada concentração.

Para a realização dos bioensaios, cistos de *Artemia* sp., foram colocados em um erlenmyer, sob constante agitação, incubados durante 48h em solução de sal marinho sintético (100ml) a 37°C em estufa e ao abrigo da luz.

Após a eclosão as *Artemias* (n=10) foram expostas em placas *multiwel*, contendo concentrações de 100%, 75%, 50%, 25%, 12,5% e 0% (água mineral) diluídas 0,3g de sal marinho para cada 10 ml de concentração preparada. A cada poço das placas foram colocados 2 ml de cada concentração sendo o número de 4 réplicas para cada concentração, totalizando 40 indivíduos por concentração. Em seguida as placas foram colocadas em estufa a 37C° por um período de 24horas. Decorrido o tempo de ensaios foi analisada a mortalidade dos indivíduos, considerando para tal sua imobilidade durante 20 segundos de observação, estabelecida pela (CL50), descrita como a concentração do efluente, que produz um efeito deletério na população exposta ao efluente em estudo (SVENSSON et al. 2005).

**Figura 27:** Esquema simplificado do teste de toxicidade aguda com microcrustáceo *Artemia* sp., expostas ao efluente (F) e controle negativo (água salina).



Fonte: (BORGES, C., 2011).

### 3.8 Análises Estatísticas

Para cada resultado dos testes foram realizadas análises estatísticas diferenciadas. Os resultados das características físico e químicas foram organizados em uma tabela, juntamente com os valores de referência previstos Resolução CONAMA 430 de 13 de maio de 2011, que dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, juntamente com o previsto no Código Estadual do Meio Ambiente de Santa Catarina - Lei 14.675 de abril de 2009 que define Padrões Ambientais dos Recursos Hídricos.

Para análise estatística dos dados obtidos nos experimentos com *Lactuca sativa* (alface) e *Allium cepa* L, por meio dos testes de fitotoxicidade, fez-se o uso do Programa Graph Pad Prism 5.0, para a comparação ao controle negativo por meio da Análise de Variância (ANOVA), complementado pelo teste de Tukey, onde são comparadas as médias amostrais para testar a hipótese nula de que, as médias observadas não diferem entre si ( $H_0$ ), contra a hipótese alternativa de que as médias diferem entre si ( $H_1$ ), admitindo implicitamente medida experimental distribuída de forma normal e que todas as medidas de fato representam o mesmo fenômeno, adotando um nível de confiança de 95% atribuindo-se um valor (p-valor) igual a 5% (0,05).

Quando a probabilidade (p-valor) da hipótese de igualdade entre as médias e variâncias for menor que 5% (0,05), se rejeitamos a hipótese nula ( $H_0$ ) e se aceita a hipótese alternativa ( $H_1$ ), que permite afirmar, com no mínimo 95% confiança, de que as médias diferem entre si. Os desvios padrão e as médias foram obtidos através do programa Excel.

Para os testes de ecotoxicidade aguda com o bioindicador *Eisenia foetida* e os testes de toxicidade aguda com papel de contado, realizados com ambas as amostras do efluente (NF) e (F), os índices de mortalidade foram expressos com o cálculo da CL50. Nos testes de ecotoxicidade aguda a variação da massa corporal, após 14 dias de exposição ao efluente foi apresentada pelos gráficos do programa Excel.

Para os testes de fuga ou evitação, o cálculo da resposta foi feito utilizando-se a equação proposta por GARCIA (2004).

$$RL = ((C - T) / 10) \times 100$$

Onde:

C = Soma das minhocas encontradas no controle

T = Soma das minhocas encontradas no efluente

10 = Número total das minhocas por repetição.

RL = Resposta líquida

Uma resposta positiva significa evitação e, uma RL negativa significa “não resposta ou atração” pela substância química testada, em uma dada concentração. Sendo estabelecido o uso do método Trimmed-Spearman-Kärber (GARCIA, 2004) para a obtenção de Evitação Média Efetiva (CE50) com limites de confiança de 95%.

Para as análises dos resultados de toxicidade aguda com o microcrustáceo *Artemia* sp., foi determinada a concentração média CL50, calculada, usando o método matemático Probit e, demonstrada no gráfico do programa Excel.

A análise de variância tem como uma das nobres aplicações o uso em pesquisas, pois esta possibilita que ocorra a comparação entre as médias de três ou mais populações, amostras de tratamento. Para um melhor entendimento do Método Estatístico usado na avaliação dos resultados obtidos com os testes dos bioindicadores *Allium cepa* L e *Lactuca sativa* foram indispensáveis conhecer alguns conceitos descritos por (ANJOS, 2009; VIEIRA, 1980; MARTINS, 2007).

### 3.8.1 Variância

Variáveis podem ser consideradas como qualquer característica que ao longo do experimento vem a representar algum tipo de variação, isto é como os valores obtidos nas análises distribuem-se em torno da média. Assim podendo estimar uma variação dos valores com relação à média (ANJOS, 2009; VIEIRA, 1980).

### 3.8.2 Tratamento

A análise de variância pode apresentar em sua estruturação números diferenciados de fatores (variáveis independentes), sendo chamada de ANOVA One-

way, quando essa apresenta um fator, ou de ANOVA fatorial em casos com mais de um fator. Considerando a vasta possibilidade de diferentes variáveis independentes, cabe comentar a respeito das observações feitas sobre essa chamada de nível do fator, onde com a combinação desses níveis têm-se os tratamentos (MARROCO, 2003; MARTINS, 2007).

Assim entende-se por tratamento (variável independente) segundo Anjos (2009), uma condição aplicada ou que se busca, visando realizar sobre esses, medições ou mesmo avaliações considerando o experimento. Há inúmeros tipos de tratamentos aplicados em um experimento, podendo esses serem divididos mais amplamente em: quantitativos, quando há formas de se colocar em ordem os tratamento como (doses de nutrientes, níveis de temperatura, entre outros); ou qualitativos, quando esses não podem ser colocados em ordem (variedades de plantas, métodos de preparo do alimento, entre outros).

### **3.8.3 Unidade Experimental**

As unidades experimentais são os locais onde se aplica os tratamentos. Estas podem ser constituídas de grupos ou apenas um indivíduo. No trabalho com cobaias, por exemplo, pode-se ter o uso de um indivíduo fornecendo a resposta do tratamento ou a necessidade de todo um grupo, dependendo das necessidades analisadas (ANJOS, 2009).

### **3.8.4 Análise de Variância**

Sabendo da existência da dispersão de dados no entorno de uma determinada amostra, torna-se necessário conhecer como resolver essa questão. Uma das soluções mais comuns utilizadas nos estudos é a do método estatístico da soma dos quadrados dos desvios sendo possível através dessa propriedade organizar os valores em uma tabela, denominada tabela de Análise de Variância (VIEIRA, 1980; ANJOS, 2009, MARTINS, 2007).

Com a elaboração da tabela das variações observadas, pode-se construir uma tese de hipótese, que se baseia em duas linhas antagônicas, a hipótese nula ( $H_0$ ), onde não se tem uma variação significativa em amostras, ou a linha de hipótese alternativa ( $H_1$ ), que considera a possibilidade da nulidade ser falsa,

havendo, portanto variação significativa. Uma vez construída a tese de nulidade, deve-se testar as hipóteses formuladas. Então se utiliza o teste F (QMTrat/QMRes) com base na tabela de análise de variância, (ANDRADE; OGLIARI, 2010; VIEIRA, 1980; ANJOS, 2009; LEWIS, 1995; MARTINS, 2007).

Quanto aos valores de F, se  $F_{\text{calculado}} > F_{\text{tabelado}}$ , pode-se rejeitar a hipótese de nulidade  $H_0$ , o que indica uma diferença significativa entre pelo menos um par de médias tratadas, conforme um nível  $\alpha$  de significância previamente escolhido (fixado). Se não ocorrer essa situação a hipótese de nulidade  $H_0$  é válida e pode-se dizer que não ocorre variância representativa, sempre pensando no nível de significância estipulado. Ainda pode-se avaliar a significância F, por meio da utilização do p-valor, onde caso ocorra à existência de um  $p\text{-valor} < \alpha$  rejeita-se a hipótese de nulidade  $H_0$ , não ocorrendo isso não se descarta a hipótese (ANJOS, 2009; ANDRADE; OGLIARI, 2010; MARTINS, 2007; MAROCO, 2003; LEWIS, 1995).

Quando ocorrem variâncias significativas entre amostras deve-se então proceder a um segundo passo que é realizar a análise do tamanho dessa variação comparando as médias entre duas e duas (pares), sendo possível para isso usar teste como, de Tukey, Bonferroni, Scheffé, Newman-Keus, entre outras, para comparações entre as médias (MAROCO, 2003; ANJOS, 2009).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Resultados dos Parâmetros Físico e Químicos do Efluente

Os parâmetros físicos e químicos das amostras do efluente gerado pelo lavador de gases da olaria em estudo encontram-se na tabela 2. Os resultados foram comparados com as legislações que regulamentam o lançamento de efluentes. As informações sobre os resultados obtidos em análise laboratorial do efluente (NF), da amostra (A) e amostra (B), sendo está coletada um mês após, foram comparadas com os níveis máximos estabelecidos pelo CONAMA através da Resolução nº. 430 de 13 de maio de 2011, juntamente com o previsto no Código Estadual do Meio Ambiente de Santa Catarina - Lei nº. 14.675 de abril de 2009 que define Padrões Ambientais dos Recursos Hídricos.

**Tabela 2:** Resultados dos parâmetros físicos e químicos das amostras coletadas para o efluente (NF) das duas amostras coletadas no dia 16 de março de 2011, denominada nos experimentos como amostra (A) e da amostra coleta no dia 14 de abril de 2011, denominada no experimento de amostra (B).

Resultados dos parâmetros físicos e químicos das amostras coletadas dos efluentes					
Parâmetros	Unidade	Amostra (A) 16/03/2011	Amostra (B) 14/04/2011	CONAMA Nº. 430/11	LEI Nº 14.675
pH(25,0°C)		7,0	7,1	5-9	6-9
DQO	mg.L <sup>-1</sup>	239,2	85	**np	**np
DBO	mg.L <sup>-1</sup>	37	48	120 mg.L	60 mg/L
Fenóis	mg.L <sup>-1</sup>	6,4	0,1	0,5 mg.L <sup>-1</sup>	0,2 mg.L <sup>-1</sup>
Nitrogênio Nitrato	mg.L <sup>-1</sup>	< 0,1	0,1	**np	**np
Sólidos Sedimentáveis	MI/L	< 0,1	<0,1	1 mL/L	**np
Sólidos Suspensos	mg.L <sup>-1</sup>	31	<10	**np	**np
Sólidos Totais	mg.L <sup>-1</sup>	221	106	**np	**np
Sulfatos	mg.L <sup>-1</sup>	66	47	**np	**np
Sulfetos	mg.L <sup>-1</sup>	* nd	2,9	1,0 mg L S	**np

\*nd = não detectável

\*\*np = não previsto



Observou-se muitas variações nos parâmetros físicos e químicos analisados nestes dois momentos distintos, com exceção dos parâmetros pH e sólidos sedimentáveis.

Comparando a amostra (A), com a amostra (B), para o restante dos parâmetros analisados, verificou-se que a DQO mostrou uma diferença de 2,8 vezes maior entre ambas as amostras (A) e (B), fenóis 67 vezes, sólidos suspenso 21 vezes maior, sólidos totais mostrou-se 2,08 vezes maior, sulfatos 1,40 vezes maior, obtendo-se assim uma diferença significativa nas comparações das amostras.

Para os parâmetros DBO e nitrogênio os resultados foram contrários, menores na amostra (B) comparados com a amostra (A), onde a DBO se mostrou 1,29 vezes menor e o nitrogênio 0,9 vezes também menor, mostrando um decréscimo nos valores resultantes.

O parâmetro que mais se distanciou do valor permitido pela legislação foi o de fenóis, o qual foi detectado  $6,4 \text{ mg.L}^{-1}$  na amostra (A) e  $0,1$  na amostra (B) enquanto que o máximo permissível pela legislação é de  $0,5 \text{ mg.L}^{-1}$  para a Resolução 357/05 e Resolução 430/11 e, para o Código Estadual o valor permitido é de  $0,2 \text{ mg}^{-1}$ .

Fenóis são compostos orgânicos, que certamente no caso do efluente analisado é proveniente da queima da lenha no processo produtivo da olaria, evidenciando que sua presença será contínua no efluente. É naturalmente encontrado como resultado da decomposição da matéria orgânica, sendo comumente encontrados nos efluentes (LEE, 1980 apud, BOMFIM 2005).

Em relação às diferenças entre as amostras, para o parâmetro fenol pode-se afirmar que existe a necessidade de monitoramento desse efluente, para poder fazer comparações das diferenças apresentadas, mas isso não descarta a real necessidade de um tratamento adequado para tal efluente. Para os parâmetros pH e sólidos sedimentáveis não será atribuído comentários, visto que ambos estão de acordo com as legislações previstas.

A Resolução CONAMA nº. 357 em seu Artº § 3º diz que para as águas doces 1 e 2, quando o nitrogênio for fator limitante, para a eutrofização, nas condições estabelecidas pelo órgão ambiental competente, o valor do nitrogênio total (após a oxidação), não deverá ultrapassar a  $1,27 \text{ mg/L}$  para ambientes lênticos e  $2,18 \text{ mg/L}$  para ambientes lóticos na vazão de referência. Através desse artigo pode-se estabelecer que o parâmetro nitrogênio, está dentro dos padrões

estabelecidos pela legislação, sendo que os valores encontrados para a amostra (A) foi de  $<0,1$  e para amostra (B)  $0,1$  descartando-se a hipótese de toxicidade do efluente em relação a este parâmetro.

O sulfeto também resultou disparidade em relação ao valor estabelecido pela legislação, onde o valor obtido para a primeira amostra (A) não foi detectável, mas para amostra (B), representando a segunda coleta, mostrou um valor de  $2,9 \text{ mg.L}^{-1}$ , evidenciando assim a não conformidade com a legislação.

O sulfato não tem padrões estabelecidos para efluentes, seus valores conforme mostrados na tabela, são de  $66 \text{ mg.L}^{-1}$  para a amostra (A) e  $47 \text{ mg.L}^{-1}$  para a amostra (B), assim também os parâmetros sólidos totais e sólidos suspensos.

Mesmo afirmando que alguns parâmetros se estabeleceram maiores que os previstos pela legislação, e indicando a necessidade de monitoramento e tratamento para tais, é importante por em discussão o que foi observado *in loco*, e que pode evidenciar a diminuição da concentração do efluente. As calhas que coletam a água da chuva são direcionadas para o tanque de recepção, muitas vezes acontecendo o transbordo do mesmo sobre o solo, e isso poderia ser solucionado com um simples aumento do tanque, já que o sistema tem circuito fechado e o efluente é reutilizado pelo lavador.

#### **4.2 Resultados dos Testes de Toxicidade Aguda com *Eisenia foetida* expostas por 14 dias ao efluente (NF), (F) e controle negativo, realizados com a amostra (A) e amostra (B).**

Nos ensaios de toxicidade as minhocas (*Eisenia foetida*), expostas por 14 dias aos efluentes de todas as amostras testadas, incluindo as do controle, apresentaram 100% de sobrevivência e nenhum caso de fuga. Vale lembrar que foram feitos testes com a amostra (A) do efluente (NF) e (F) e, da amostra (B) do efluente (NF) e (F), com seus respectivos controles (água destilada).

Conforme descrito na metodologia, apenas a umidade do solo foi ajustada, para aproximadamente 45%, fator esse de muita importância, pois as minhocas não toleram ambientes muito encharcados, pois sua respiração é feita pela pele e, em lugares onde há acúmulo de água, a tendência é que haja pouco

oxigênio. Nestes casos é comum vermos as minhocas saindo do solo para procurar locais mais secos.

As condições da sala dos testes também foram às mesmas, conforme metodologia, mantendo a iluminação constante e temperatura de  $20 \pm 2^\circ\text{C}$ , devido aos cuidados tomados, entende-se que os resultados obtidos estejam expressando a realidade de que o efluente poderia ser considerado o único diferencial que apresentasse um grau de toxicidade para o organismo do solo. Com exceção das minhocas estarem confinadas em um ambiente que não seu habitat natural, todas as condições do substrato estavam de acordo com o que foi visto na literatura para um bom desenvolvimento dos mesmos.

Dessa forma analisaram-se os resultados com gráfico do programa Excel para estabelecer relação de variação mássica percentual do peso inicial e peso após 14 dias de exposição aos efluentes de ambas as amostras, com processo de filtração e nas condições reais do mesmo, e com seus referentes controles (água destilada).

A tabela 3 apresenta os dados amostrais, obtidos na realização do teste, contribuindo para análise dos resultados.

**Tabela 3:** Peso inicial e final dos grupos do bioindicador *Eisenia foetida*, expostas por 14 dias ao efluente (NF), (F) e controle (água destilada) da amostra (A) coletada no dia 16/03/2011.

Amostra (A)	Peso inicial (g)	Peso final (g)
NF	3,9171	2,7837
F	3,888	2,7019
Controle	3,9494	2,5764

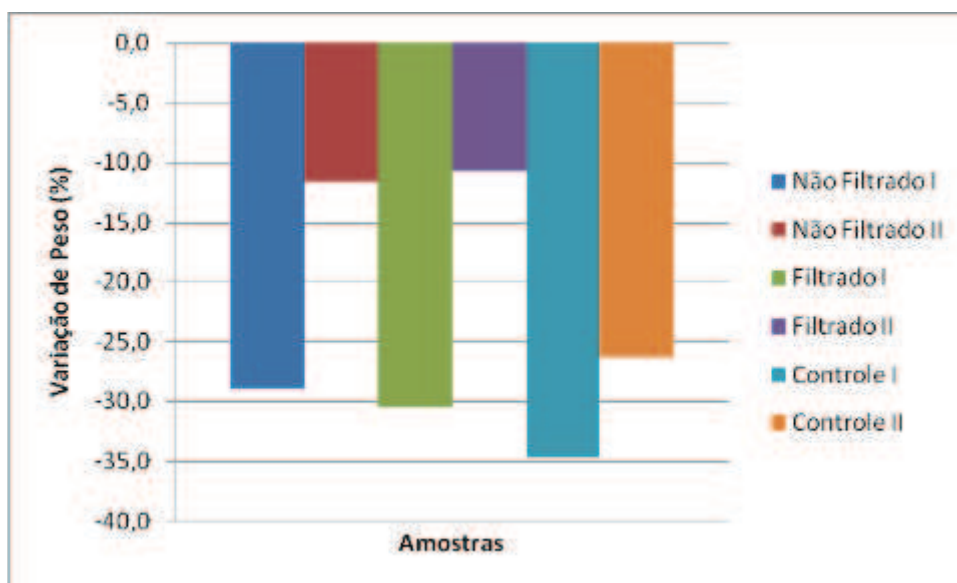
A tabela 4 apresenta os dados amostrais, obtidos na realização do teste, contribuindo para análise dos resultados.

**Tabela 4:** Peso inicial e final dos grupos do bioindicador *Eisenia foetida*, expostas por 14 dias ao efluente (NF), (F) e controle (água destilada) da amostra (B) coletada no dia 14/04/2011.

Amostra (B)	Peso inicial (g)	Peso final (g)
NF	4,597	4,0624
F	4,5444	4,057
Controle	4,8517	3,5722

A figura 28 apresenta a comparação de variação da percentagem mássica (%) dos oligoquetos após 14 dias de exposição ao efluente (NF) e efluente (F) de ambas as amostras, e respectivo controle.

**Figura 28:** Comparação dos resultados do teste de toxicidade aguda com *Eisenia foetida*, realizados com a amostra (A) do efluente (NF) e (F) versus amostra (B) do efluente (NF) e (F), e seus respectivos controle (água destilada).



Considerando que as minhocas utilizam a matéria orgânica e, verificando que a perda de massa corporal foi maior no controle negativo, pode-se admitir que exista outra fonte de alimentação nos efluentes que não a matéria orgânica utilizada na preparação do solo artificial.

Considerando a sobrevivência de 100 % dos indivíduos ao longo dos 14 dias de teste pode-se concluir que os efluentes não demonstraram tóxicos para *Eisenia foetida*.

Entende-se que os resultados obtidos estejam expressando a realidade de que o efluente poderia ser considerado o único diferencial que apresentasse um grau de toxicidade para organismo, no caso a minhoca, pois todas as condições do substrato estavam de acordo com o que foi visto na literatura para o melhor desenvolvimento das mesmas.

Em relação à toxicidade do efluente aos oligoquetos expostos por 14 dias aos solos testes, conclui-se que não foi positiva, visto que 100% dos organismos não apresentaram mortalidade em ambas as amostras.

#### **4.3 Resultados dos Testes de Toxicidade Aguda com Papel Contato com organismos *Eisenia foetida*.**

Para os resultados dos testes preliminares da exposição dos organismos (*Eisenia foetida*) expostos as concentrações de 100%, 90%, 80%, 70%, 60%, 50%, 40%, 30%, 20%, 10% e 0% (controle) sendo duas réplicas para cada concentração realizados com o efluente (NF) e (F) das duas amostras (A) e (B), os organismos mostraram 100% de sobrevivência, após 72h de confinamento. Mesmo não havendo mortalidade na realização do teste preliminar, foi ainda realizado o teste definitivo, como descrito na metodologia, nas concentrações de 100%, 83,3%, 66,7%, 50%, e 0% (controle água destilada), com efluente (NF) e (F), não ocorrendo também mortalidade para nenhum indivíduo. Após 72 h expostas ao efluente e confinadas durante todo o período do teste, os organismos não têm a possibilidade de exercer outra escolha, tendo que permanecer em contato com o efluente até o término do experimento. Esse teste é considerado muito importante, pois mostra o real potencial tóxico de qualquer substância a um organismo. Sendo assim conclui-se que os resultados dos testes evidenciaram a não toxicidade do efluente para as minhocas, visto que o parâmetro analisado seria a mortalidade, portanto não se procedeu ao cálculo da CL50.

#### **4.4 Resultados dos Testes de Fuga ou Ensaio de Comportamento com Oligoquetos da espécie *Eisenia foetida* (minhoca-vermelha-da-Califórnia), exposta ao efluente (NF) e (F) das amostras (A) E (B).**

As tabelas (5, 6, 7 e 8) mostram os resultados dos testes de fuga realizados em duplicatas com o efluente (NF) E (F) com respectivas amostras (A) e (B), incluindo o controle (água destilada). Vale ressaltar que metade da amostra do recipiente usado nos testes, foi umedecida com efluente e, a outra metade com água destilada, estabelecido assim como controle negativo.

**Tabela 5:** Resultado do primeiro teste de evitação realizado no dia 29/03/2011 com o a amostra (A) do efluente (NF), após 48h de exposição.

Fuga ou evitação amostra (A)			
Réplicas	Efluente (NF)	Controle	% de evitação
1	4	6	20
2	4	6	20

Analisando os dados da tabela acima se observou que foram positivos os resultados que de acordo com a aplicação da fórmula, uma resposta positiva significa evitação do organismo ao efluente testado, mostrando que 20% dos organismos evitaram o solo irrigado com o efluente (NF) da amostra (A). O resultado não foi adequado, pois não houve uma distribuição média dos organismos entre os dois lados do recipiente teste, isso impossibilitou a aplicação de método estatístico, considerando que a evitação não ultrapassou os 50% não sendo possível a avaliação da toxicidade do efluente.

**Tabela 6:** Resultado do primeiro teste de evitação realizado no dia 29/03/2011 com o a amostra (A) do efluente (F), após 48h de exposição.

Fuga ou evitação amostra (A)			
Réplicas	Efluente (F)	Controle	% de evitação
1	7	3	-40
2	6	4	-20

Os resultados de evitação, para os testes realizados com o efluente (F) da amostra (A) apresentaram resultados negativos mostrando a “não resposta ou atração”, dos organismos para o efluente em que foram expostos. Portanto, houve não evitação, comparados com os resultados obtidos na amostra (A) do efluente (NF), pode-se dizer que talvez o processo de filtração tenha influenciado, porém não se pode afirmar com precisão, pois haveria a necessidade da realização de vários testes com um número maior de réplicas, para tal conclusão. Tendo em vista que a atração dos organismos pelo efluente testado, não foi superior a 50%, atingindo somente 20%.

**Tabela 7:** Resultado do primeiro teste de evitação realizado no dia 26/04/2011 com o a amostra (B) do efluente (NF), após 48h de exposição.

Fuga ou evitação amostra(B)			
Réplicas	Efluente (NF)	Controle	% de evitação
1	4	6	20
2	5	5	0

Essa análise mostrou uma quase igualdade nos resultados, pois entre as duas réplicas obteve-se uma média de cinco organismos em cada lado, tendo mínima variação entre as ambas. Mostrando assim que os resultados não apresentaram uma real diferença na opção de escolha do organismo aos solos irrigados com efluente e água destilada, visto também que não foi atingido os 50% de evitação.

**Tabela 8:** Resultados do primeiro teste de evitação realizado no dia 26/04/2011 com a amostra (B) do efluente (F), após 48h de exposição.

Fuga ou evitação amostra(B)			
Réplicas	Efluente (F)	Controle	% de evitação
1	2	8	60
2	5	5	0

Os resultados obtidos para este teste foram mais aceitáveis em relação aos anteriores, pois a evitação na réplica 1 ultrapassou 50%. Porém a réplica 2 não houve evitação e sim uma representativa atração das minhocas por ambos lados do efluente (F) e controle.

Como foi estabelecido que a CE50 (concentração de evitação média) seria analisado mediante média das réplicas não será feito outra análise estatística para o teste.

Para os resultados do teste de fuga ou comportamento o efluente não mostrou toxicidade ao bioindicador *Eisenia foetida*. Verificou-se ainda que os testes de evitação ou fuga demonstram que os organismos-teste podem reconhecer níveis de contaminantes bem inferiores de uma substância testada, pois os mesmos têm a oportunidade de escolha pelo lado do solo que possa se apresentar menos tóxico, optando assim pelo ambiente que possa ser mais favorável ao seu desenvolvimento.



É importante ressaltar que existe a necessidade de aliar esses resultados a novas pesquisas, procurando estabelecer melhores parâmetros para a realização dos testes, com um maior número de réplicas, tentando assim buscar melhores resultados e uma melhor padronização dos procedimentos aplicados.

#### 4.5 Resultados dos Testes de Toxicidade Subaguda (fitotoxicidade) com *Allium cepa* L., expostas por sete dias no efluente (NF), (F) e controle negativo com as amostras (A) e (B).

Nos resultados obtidos por meio dos testes de fitotoxicidade em *Allium cepa* L. foram avaliados os parâmetros, percentual de ganho de peso dos bulbos (g), comprimento da maior raiz (mm) e percentual de peso seco das raízes. Para as análises estatísticas fez-se o uso do Programa Graph Pad Prism 5.0, para a comparação ao controle negativo por meio da Análise de Variância (Anova), completado pelo teste de Tukey.

##### 4.5.1 Ganho de Peso dos Bulbos (%), expostos a Amostra (A) do Efluente (NF).

Os bulbos expostos no efluente (NF) da amostra (A), apresentados na tabela 8, representados pelas seis réplicas, tendo seus valores expressos em média  $\pm$  desvio padrão ( $M \pm SD$ ), não apresentaram diferenças significativas comparadas às médias do controle.

**Tabela 9:** Percentual de variação de peso dos bulbos, expostos as concentrações de 100%, 75%, 50%, 25%, 12,5 e 0% (controle negativo) expressos por média  $\pm$  desvio padrão ( $M \pm SD$ ), para  $n=6$ , referentes à amostra (A) do efluente (NF).

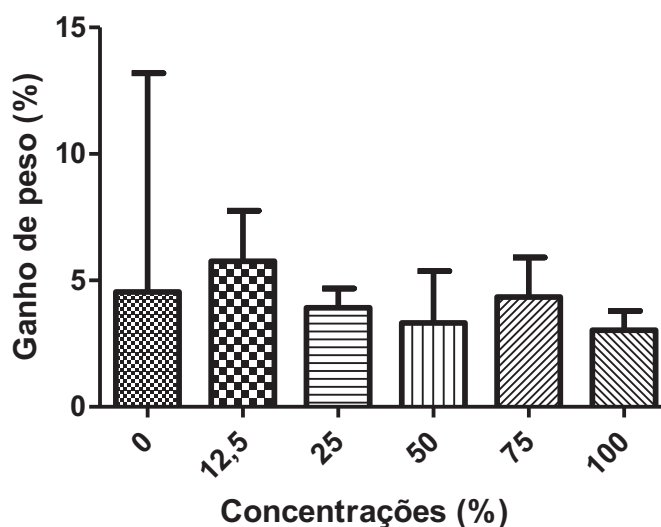
Concentrações	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Média	Desvio padrão
0,0	3,98	19,06	-7,91	5,50	4,60	2,06	4,548	8,640
12,5	9,67	5,49	5,65	4,75	4,89	4,12	5,762	1,992
25,0	3,58	4,20	3,33	3,33	3,30	5,31	3,842	0,796
50,0	4,65	5,47	1,41	0,34	4,79	3,22	3,313	2,054
75,0	2,81	3,82	3,11	4,05	5,27	7,01	4,345	1,562
100,0	2,83	3,30	3,83	2,60	1,84	3,78	3,030	0,764

**Tabela 10:** Resultado de significância por meio do teste de Análise de Variância (Anova) do percentual de variação de peso dos bulbos expostos na amostra (A) do efluente (NF).

Tabela Analisada	Peso dos bulbos - (NF) Amostra (A)
Análise de Variância Unidirecional	
P valor	0,8427
P valor Resumo	Ns
São amostras com diferenças significativas? ( $P < 0.05$ )	No
Número de amostras	6
F	0,4032
R <sup>2</sup>	0,06297

A figura 29 apresenta os resultados do teste de toxicidade com *Allium cepa* L., onde se constata um maior desenvolvimento para percentual de ganho de peso dos bulbos no efluente (NF) da amostra (A) referente à concentração de 12,5% sendo esse maior até mesmo do que o valor encontrado para o 0% (controle).

**Figura 29:** Comparação da variação em percentual de peso dos bulbos de *Allium cepa* L., expostas nas concentrações de 100%, 75%, 50%, 25%, 12,5% e 0% (controle) para a amostra (A) do efluente (NF). Os valores foram expressos em média  $\pm$  desvio padrão ( $M \pm SD$ ), para  $n=6$ . Estatística conduzida com (Anova) Análise de Variância.



Considerando as seis réplicas avaliadas expressas por ( $M \pm SD$ ), sendo uma delas o 0% (controle), observa-se que não ocorreu uma variação significativa entre as amostras. Estando válida, portanto a hipótese de nulidade ( $H_0$ ). Sendo essa comprovada por meio de teste (Anova), o qual obteve um *valor p*, superior ao nível de significância escolhido 5 % (0,05).

Assim constata-se que mesmo para concentração sem diluição (100%), o efluente não apresentou toxicidade, pois não houve evidências de diferenças significativas entre as amostras e controle negativo.

#### 4.5.2 Ganho de Peso dos Bulbos (%), expostos a Amostra (A) do Efluente (F).

O ganho de peso dos bulbos expostos amostra (A) do efluente (F), estão apresentados nas tabelas 11 e 12, tendo seus valores percentuais expressos por ( $M \pm SD$ ), das seis réplicas, aplicadas nas concentrações 100%, 75%, 50%, 25%, 12,5% e 0% (controle negativo). Observa-se que todas as médias estão não muito distantes a do controle (0%), com distinção apresenta-se a média da concentração 25% representando 5,48 vezes menor que a média do 0% (controle).

**Tabela 11:** Percentual de variação de peso dos bulbos, expostos as concentrações de 100%, 75%, 50%, 25%, 12,5 e 0% (controle negativo) expressos ( $M \pm SD$ ), para  $n=6$ , referentes à amostra (A) do efluente(F).

Concentrações (%)	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Média	Desvio padrão
0,0	4,66	4,23	4,50	5,87	6,58	4,85	5,115	0,9116
12,5	7,57	3,05	5,81	9,76	5,83	4,88	6,150	2,3017
25,0	2,30	5,83	3,36	5,16	-7,87	3,72	2,083	5,0384
50,0	2,74	4,80	5,39	4,85	1,42	7,41	4,435	2,0991
75,0	3,71	2,26	6,66	3,78	3,08	4,62	4,018	1,5142
100,0	5,12	4,93	3,06	3,87	4,96	2,84	4,130	1,0184

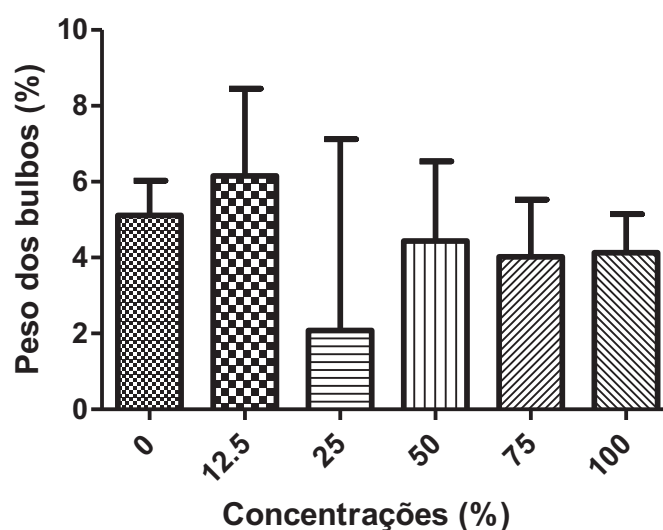
**Tabela 12:** Resultado de significância por meio do teste de Análise de Variância (Anova) do percentual de variação de peso dos bulbos expostos na amostra (A) do efluente (F).

Tabela Analisada	Peso dos bulbos - (F) Amostra (A)
Análise de Variância Unidirecional	
P valor	0,1714
P valor Resumo	Ns
São amostras com diferenças significativas? ( $P < 0.05$ )	No
Número de amostras	6
F	1,674
$R^2$	0,2181

A figura 30 apresenta os resultados do teste de toxicidade com *Allium cepa* L., onde se constatou um maior desenvolvimento para percentual de ganho de

peso dos bulbos no efluente (F) da amostra (A) referente à concentração de 12,5% sendo esse maior até mesmo do que o valor encontrado para o 0% (controle).

**Figura 30:** Comparação da variação em percentual de peso dos bulbos de *Allium cepa* L., expostos nas concentrações de 100%, 75%, 50%, 25%, 12,5% e 0% (controle) para a amostra (A) do efluente (F). Os valores foram expressos em ( $M \pm SD$ ) para  $n=6$ . Estatística conduzida com (Anova) Análises de Variância.



Esta análise demonstra as médias das cinco concentrações, incluindo ao 0% (controle). Observa-se que não ocorreram variações significativas para o percentual de ganho de peso dos bulbos, considerando o valor  $\alpha$  igual a 5 % (0,05), visto que o *valor p* encontrado foi de (0,1714) que é maior do que o estipulado para o nível  $\alpha$  de significância escolhido.

Conclui-se que não foi constatada uma toxicidade relevante do efluente aos bulbos, visto que os mesmos apresentaram um ganho de peso próximo ao do 0% (controle), exceto para a concentração de 25%, a qual representou uma média inferior, comparadas com as amostras avaliadas, inclusive para o 0% (controle), gerado pelo fato de que uma das amostras referente à concentração de 25% na réplica C5 obteve uma possível perda de energia para o desenvolvimento do metabolismo.

#### 4.5.3 Ganho de Peso dos Bulbos (%), expostos a Amostra (B) do Efluente (NF).

O ganho de peso dos bulbos expostos amostra (B) do efluente (NF), estão apresentados na tabela abaixo, tendo seus valores percentuais expressos por ( $M \pm SD$ ), das seis réplicas, aplicadas nas concentrações 100%, 75%, 50%, 25%, 12,5 e 0% (controle negativo).

Nota-se que somente a concentração de 12,5% teve sua média aproximada ao 0% (controle), com valores de 8,145% para a concentração 12,5% e 7,075% para o 0% (controle) respectivamente, sendo esses valores aproximadamente o dobro dos percentuais encontrados para as demais concentrações.

**Tabela 13:** Percentual de variação de peso dos bulbos, expostos as concentrações de 100%, 75%, 50%, 25%, 12,5 e 0% (controle negativo) expressos ( $M \pm SD$ ), para  $n=6$ , referentes à amostra (B) do efluente (NF).

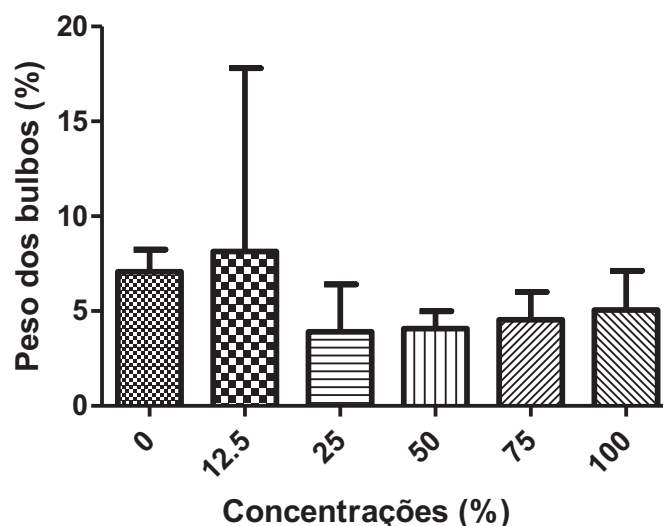
Concentrações	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Média	Desvio padrão
0,0	7,26	6,72	8,51	8,30	5,86	5,80	7,075	1.1681
12,5	4,53	4,90	4,97	0,03	27,27	7,17	8,145	9.6566
25,0	1,75	5,61	4,04	4,72	7,04	0,25	3,902	2.5068
50,0	3,73	3,36	5,24	5,23	3,61	3,25	4,070	0.9185
75,0	5,10	5,03	5,88	5,48	1,85	3,90	4,540	1.475
100,0	2,36	6,18	6,58	5,56	2,62	7,09	5,065	2.0581

**Tabela 14:** Resultado de significância por meio do teste de Análise de Variância (Anova) do percentual de variação de peso dos bulbos expostos na amostra (B) do efluente (NF).

Tabela Analisada	Peso dos bulbos - (NF) Amostra (B)
Análise de Variância Unidirecional	
P valor	0,4287
P valor Resumo	Ns
São amostras com diferenças significativas? ( $P < 0.05$ )	No
Número de amostras	6
F	1,011
$R^2$	0,1442

A figura 31 apresenta os resultados do teste de toxicidade com *Allium cepa* L. Observa-se que os percentuais de variação de peso dos bulbos praticamente se equipararam no intervalo de concentrações 25% a 100%, sendo a concentração de 12,5 a mais próxima do 0% (controle).

**Figura 31:** Comparação da variação em percentual de peso dos bulbos de *Allium cepa* L. expostas nas concentrações de 100%, 75%, 50%, 25%, 12,5% e 0% (controle) para a amostra (B) do efluente (NF). Os valores foram expressos em ( $M \pm SD$ ) para  $n=6$ . Estatística conduzida com (Anova) Análises de Variância.



Para o peso dos bulbos expostos a amostra (B) do efluente (NF), observa-se que não ocorreu variação significativa para o nível  $\alpha$  5% ( $p \geq 0,05$ ) recomendado, visto que os valores de  $p$  encontrados registraram números maiores do que o apontado para o valor de  $\alpha$ , ou seja, sendo válida a hipótese de nulidade  $H_0$ , não evidenciando assim diferenças entre as médias das concentrações e a média do controle experimental. Assim os resultados demonstram que não ocorreram alterações no percentual dos pesos dos bulbos expostos ao efluente (NF) da amostra (B) que indiquem uma inibição no crescimento. Aceitando-se a hipótese de nulidade  $H_0$  conclui-se que a amostra não é tóxica.

#### 4.5.4 Ganho de Peso dos Bulbos (%), expostos a Amostra (B) do Efluente (F).

O ganho de peso dos bulbos expostos amostra (B) do efluente (F), estão apresentados na tabela abaixo, tendo seus valores percentuais expressos por ( $M \pm SD$ ), das seis réplicas, aplicadas nas concentrações 100%, 75%, 50%, 25%, 12,5 e 0% (controle negativo).

Nos resultados obtidos em relação às médias, pode-se observar que na concentração de 100% o valor foi praticamente o dobro do alcançado pelo 0% (controle).

**Tabela 15:** Percentual de variação de peso dos bulbos, expostos as concentrações de 100%, 75%, 50%, 25%, 12,5 e 0% (controle negativo) expressos por ( $M \pm SD$ ), para  $n=6$ , referentes à amostra (B) do efluente (F).

Concentrações	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Média	Desvio padrão
0,0	0,67	1,56	2,40	4,15	7,76	5,63	3,695	2,6781
12,5	7,32	5,91	1,48	5,74	4,27	7,75	5,412	2,2903
25,0	3,17	6,27	4,32	0,36	4,13	3,67	3,653	1,9287
50,0	3,71	5,29	6,94	3,63	6,26	4,27	5,017	1,379
75,0	13,35	4,07	-0,24	4,35	5,46	4,31	5,217	4,4469
100,0	8,20	2,82	7,91	4,09	5,43	7,65	6,017	2,2492

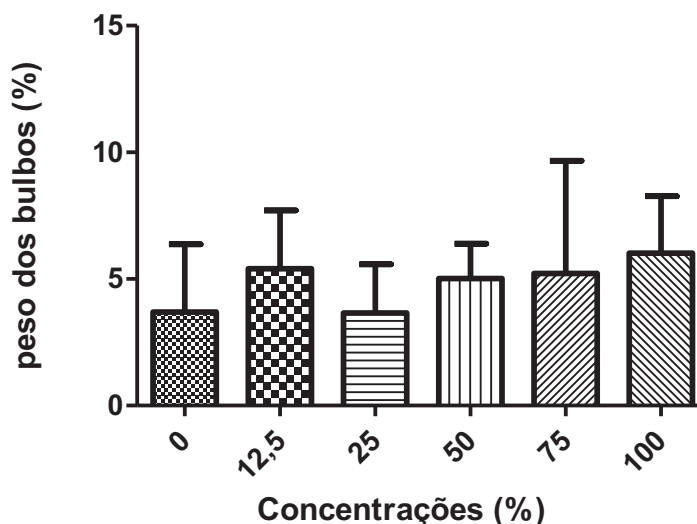
**Tabela 16:** Resultado de significância por meio do teste de Análise de Variância (Anova) do percentual de variação de peso dos bulbos expostos na amostra (B) do efluente (F).

Tabela Analisada	Peso dos bulbos - (F) Amostra (B)
Análise de Variância Unidirecional	
P valor	0,5767
P valor Resumo	Ns
São amostras com diferenças significativas? ( $P < 0.05$ )	No
Número de amostras	6
F	0,7731
$R^2$	0,1141

A figura 32 apresenta os resultados do teste de toxicidade com *Allium cepa* L., observa-se que o percentual de variação de peso dos bulbos entre a concentração de 25% e o 0% (controle), apresentaram mínima diferença, notável nos valores das médias comparadas, sendo 3,653% para a concentração 25% e 3,695% para o 0% (controle).



**Figura 32:** Comparação da variação em percentual de peso dos bulbos de *Allium cepa* L. expostas nas concentrações de 100%, 75%, 50%, 25%, 12,5% e 0% (controle) para a amostra (B) do efluente (F). Os valores foram expressos em ( $M \pm SD$ ) para  $n=6$ . Estatística conduzida com (Anova) Análises de Variância.



Para o teste realizado com o efluente (F) da amostra (B) verificou-se a não ocorrência de variações significativas para o nível  $\alpha$  5% ( $p \geq 0,05$ ), visto que o valor de  $p$  encontrado (0,5767) foi superior a esse, sendo real a hipótese de nulidade  $H_0$ , indicando a não toxicidade do efluente, indícios reais de que não ocorreram efeitos adversos no desenvolvimento oriundo do contato com o efluente, já que em média os ganhos percentuais de peso dos bulbos foram maiores do que a apresentados para o controle.

#### 4.5.5 Comprimento da Maior Raiz (mm), dos Bulbos expostos na Amostra (A) do Efluente (NF).

A relação estabelecida entre as médias das raízes mostra uma notável diferença entre os tamanhos das raízes dos bulbos expostos nas cinco concentrações comparadas ao 0% (controle).

**Tabela 17:** Comprimento da maior raiz dos bulbos, expostos as concentrações de 100%, 75%, 50%, 25%, 12,5 e 0% (controle negativo) expressos por (M±SD), para n=6, referentes à amostra (A) do efluente (NF).

Comprimento das maiores raízes (mm)	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Média	Desvio padrão
0%	75	86	53	82	65	25	64,333	23
12,5%	25	51	76	27	33	20	38,667	21
25%	47	27	55	37	20	43	38,167	13
50%	35	96	21	11	90	60	52,167	36
75%	41	9	8	31	36	7	22,000	16
100%	12	21	34	18	11	22	19,667	8

**Tabela 18:** Resultados de significância por meio do teste de Análise de Variância (Anova) para o comprimento da maior raiz exposta ao efluente (NF) da amostra (A).

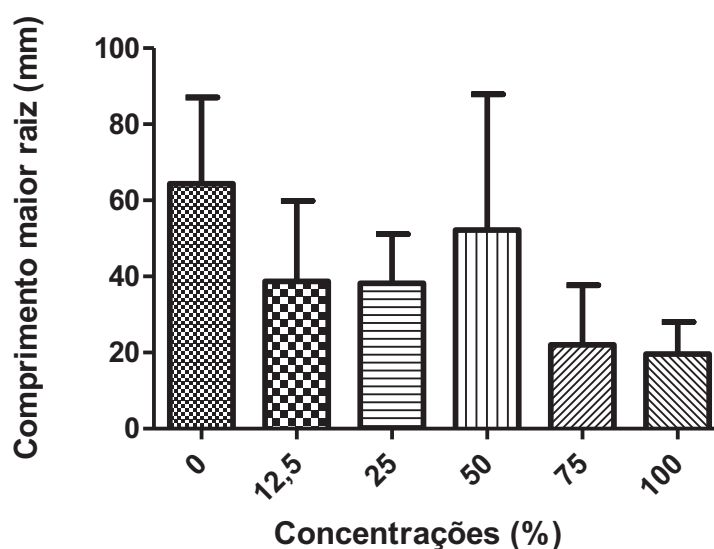
Tabela Analisada	Maiores raiz (NF) Amostra (A)
Análise de Variância Unidirecional	
P valor	0,0076
P valor Resumo	**
São amostras com diferenças significativas? (P < 0.05)	Yes
Número de amostras	6
F	3,910
R <sup>2</sup>	0,3945

**Tabela 19:** Resultado do teste de Tukey para o comprimento da maior raiz dos bulbos expostos ao efluente (NF) da amostra (A).

Teste de Comparação Múltipla de Tukey	Comparação	Q	Significativo? P < 0.05?	Resumo
0 vs 12,5	25,67	2,951	No	ns
0 vs 25	26,17	3,009	No	ns
0 vs 50	12,17	1,399	No	ns
0 vs 75	42,33	4,868	Yes	*
0 vs 100	44,67	5,136	Yes	*
12,5 vs 25	0,5000	0,05749	No	ns
12,5 vs 50	-13,50	1,552	No	ns
12,5 vs 75	16,67	1,916	No	ns
12,5 vs 100	19,00	2,185	No	ns
25 vs 50	-14,00	1,610	No	ns
25 vs 75	16,17	1,859	No	ns
25 vs 100	18,50	2,127	No	ns
50 vs 75	30,17	3,469	No	ns
50 vs 100	32,50	3,737	No	ns
75 vs 100	2,333	0,2683	No	ns

A figura 33 abaixo apresenta os resultados do teste de toxicidade com *Allium cepa* L., para maior raiz, essa análise aponta uma diferença superior entre o comprimento da maior raiz dos bulbos expostos nas concentrações 100% e 75% comparados ao 0% (controle).

**Figura 33:** Comprimento da maior raiz de *Allium cepa* L. expostas nas concentrações de 100%, 75%, 50%, 25%, 12,5% e 0% (controle) para a amostra (A) do efluente (NF). Os valores foram expressos em ( $M \pm SD$ ), para  $n=6$ . Estatística conduzida com (Anova) Análise de Variância.



Considerando o valor  $\alpha$  de significância 5% (0,05) observa-se que ocorreu uma variação significativa entre algumas concentrações, sendo o *valor de p* encontrado foi estatisticamente menor, resultando em (0,0076), ou seja, menor que o valor  $\alpha$  estabelecido, rejeitando, portanto a hipótese de nulidade  $H_0$  para as amostras, e aceitando-se a hipótese alternativa  $H_1$  que aponta evidências de diferenças significativas entre as médias amostrais.

Entretanto, devem-se avaliar estatisticamente as diferenças observadas entre as amostras, utilizando-se o teste de Tukey para comparar as amostras de cada grupo com todos os outros.

Sendo possível observar variações significativas entre as concentrações do 0% (controle), com as concentrações de 75% e de 100%, assim como essa são as concentrações com menores diluições, constata-se que o efluente (NF) mostrou um grau de toxicidade para inibição no comprimento da raiz da amostra (A).

#### 4.5.6. Comprimento da Maior Raiz (mm), dos Bulbos expostos na Amostra (A) do Efluente (F).

O processo de filtração não mostrou eficiência nos resultados em relação às médias obtidas, comparadas com as médias do efluente (NF) da amostra (A), apontando também uma grande diferença entre a concentração 100% e 0% (controle), além das diferenças observadas entre 75% e 0% (controle).

**Tabela 20:** Comprimento da maior raiz dos bulbos, expostos as concentrações de 100%, 75%, 50%, 25%, 12,5 e 0% (controle negativo) expressos por (M±SD), para n=6, referentes à amostra (A) do efluente (F).

Comprimento das maiores raízes (mm)	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Média	Desvio padrão
0%	32	41	35	46	57	62	45,500	12
13%	57	68	51	69	28	69	57,000	16
25%	48	27	40	37	36	73	43,500	16
50%	52	56	26	37	36	73	46,667	17
75%	24	28	9	5	37	27	21,667	12
100%	15	27	16	18	20	5	16,833	7

**Tabela 21:** Resultados de significância por meio do teste de Análise de Variância (Anova) para o comprimento da maior raiz da amostra (A) do efluente (F).

Tabela Analisada	Maior raiz (F) Amostra (A)
Análise de Variância Unidirecional	
P valor	P<0.0001
P valor Resumo	***
São amostras com diferenças significativas? (P < 0.05)	Yes
Número de amostras	6
F	7,769
R <sup>2</sup>	0,5642

**Tabela 22:** Resultado do teste de Tukey para o comprimento da maior raiz dos bulbos expostos ao efluente (F) da amostra (A).

Teste de Comparação Múltipla de Tukey	Comparação.	Q	Significativo? P < 0,05?	Resumo
0 vs 12,5	-11,50	2,039	No	Ns
0 vs 25	2,000	0,3546	No	Ns
0 vs 50	-1,167	0,2068	No	Ns
0 vs 75	23,83	4,225	No	Ns
0 vs 100	28,67	5,082	Yes	*
12,5 vs 25	13,50	2,393	No	Ns

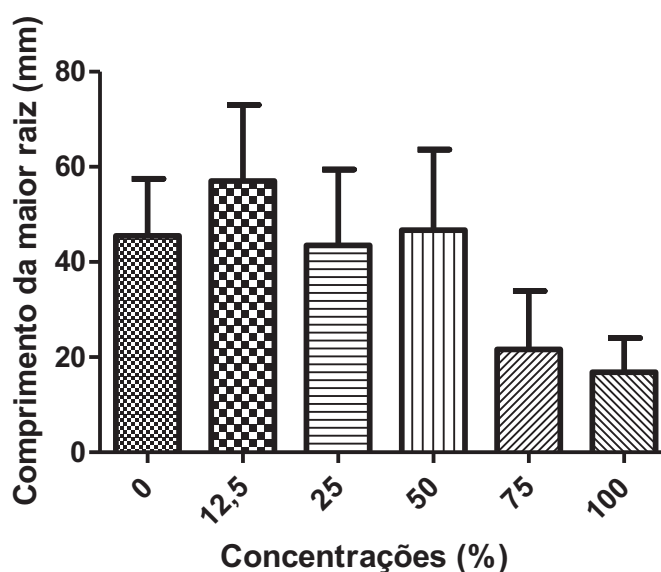
Continua

Continuação

Teste de Comparação Múltipla de Tukey	Comparação.	Q	Significativo? P < 0.05?	Resumo
12,5 vs 50	10,33	1,832	No	ns
12,5 vs 75	35,33	6,264	Yes	**
12,5 vs 100	40,17	7,121	Yes	***
25 vs 50	-3,167	0,5614	No	ns
25 vs 75	21,83	3,871	No	ns
25 vs 100	26,67	4,728	Yes	*
50 vs 75	25,00	4,432	Yes	*
50 vs 100	29,83	5,289	Yes	**
75 vs 100	4,833	0,8569	No	ns

A figura 34 apresenta os resultados do teste de toxicidade com *Allium cepa* L., para maior raiz dos bulbos expostos na amostra (A) do efluente (F). Apesar de o efluente ter passado pelo processo de filtração, essa análise também mostrou diferenças significativas dos bulbos expostos nas concentrações 100% e 75% comparadas ao 0% (controle), sendo que as demais concentrações não mostraram variações quando comparadas ao 0% (controle).

**Figura 34:** Comprimento da maior raiz de *Allium cepa* L., expostas nas concentrações de 100%, 75%, 50%, 25%, 12,5% e 0% (controle) para a amostra (A) do efluente (F). Os valores foram expressos em (M±SD), para n=6. Estatística conduzida com (Anova) Análise de Variância.



Idealizando, o valor de significância  $\alpha$  5% (0,05) escolhido observa-se que no teste de Análise de Variância para todas as concentrações ocorreram variações

significativas, visto que o valor de  $p$  encontrado foi de (0,0001), estando esse abaixo do nível de significância e, por conseguinte não atendendo a hipótese de nulidade  $H_0$ , aceitando-se portanto a hipótese alternativa  $H_1$ , que assegura que as médias se diferenciam entre si. Realizou-se o teste de Tukey para identificar os parâmetros onde as mesmas ocorreram.

Com base nos teste de Tukey constata-se que na comparação entre a concentração de 100% com valores do 0% (controle), 12,5%, 25% e 50%, mostrou uma variação significativa, possivelmente devido ao fato da concentração 100%, apontar valores inferiores nas médias, onde a réplica C6 foi a que mais influenciou no resultado.

Além dessas variações significativas também foram constatadas diferenças na comparação entre a concentração de 75 % com 12,5% e 50%, possivelmente por que os valores de 75 % assim como 100 % foram menores do que o esperado para as outras concentrações. Vale lembrar que na concentração de 75 % apesar dessa ser menor do que a média dos outros pontos exceto a de 100%, essa não ficou tão distante dos valores de 0% e 25 % como no caso de 100 %, o que deve ter motivado a não ocorrência de uma variação significativa nessas comparações. Ainda quanto a médias de crescimento outro motivo de não ocorrência da variação entre 75% com 0% e 25% foi devido a esses valores, apesar de com crescimento maior do que 75 %, não serem os mais elevados encontrados para o tratamento, que foi obtido na concentração de 12,5, seguido da concentração de 50%.

Assim conclui-se que com base na comparação com os valores de crescimento da raiz para o 0% (controle), 12,5, 25% e 50%, com as concentrações de 75 e 100%, que ocorre uma inibição no crescimento, a qual aumenta conforme menor é diluição, indicando que para valores acima ou iguais a 75% de efluente (F), conclui-se que houve efeitos tóxicos assim como no efluente (NF) da amostra (A) para o parâmetro analisado.

#### 4.5.7 Comprimento da Maior Raiz (mm), dos Bulbos expostos na Amostra (B) do Efluente (NF).

Analisando as médias representadas na tabela abaixo se observa que estão equiparadas, exceto concentração 100%.

**Tabela 23:** Comprimento da maior raiz dos bulbos, expostos as concentrações de 100%, 75%, 50%, 25%, 12,5 e 0% (controle negativo) expressos ( $M \pm SD$ ), para  $n=6$ , referentes à amostra (B) do efluente (NF).

Comprimento das maiores raízes (mm)	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Média	Desvio padrão
0%	45	53	46	44	37	26	35,857	9
13%	100	36	23	68	26	18	38,732	32
25%	15	92	62	14	48	46	39,607	30
50%	26	44	69	45	48	64	42,357	15
75%	40	14	51	48	61	34	35,536	16
100%	25	12	25	31	29	21	20,571	7

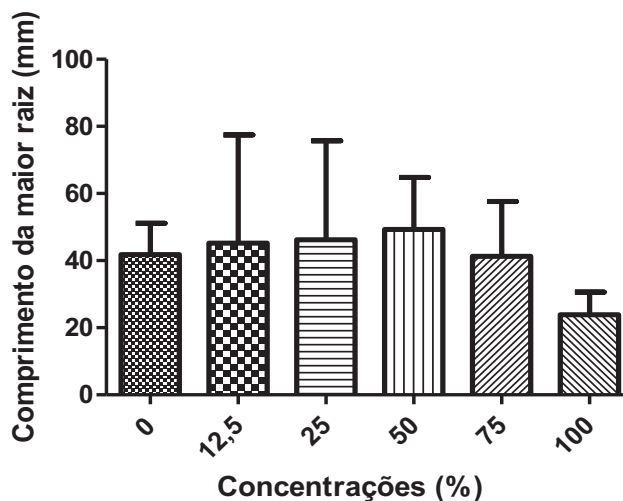
**Tabela 24:** Resultados de significância por meio do teste de Análise de Variância (Anova) para o comprimento da maior raiz exposta a amostra (B) do efluente (NF).

Tabela Analisada	Maior raiz (NF) Amostra (B)
Análise de Variância Unidirecional	
P valor	0,3547
P valor Resumo	Ns
São amostras com diferenças significativas? ( $P < 0.05$ )	No
Número de amostras	6
F	1,153
R <sup>2</sup>	0,1612

A figura 35 mostrada abaixo apresenta os resultados do teste de toxicidade com *Allium cepa* L., para maior raiz dos bulbos expostos na amostra (B) do efluente (NF). A análise estatisticamente comprovada não mostrou diferenças significativas entre as concentrações, apesar da concentração 100% mostrar uma disparidade entre as outras.



**Figura 35:** Comprimento da maior raiz de *Allium cepa* L. expostas nas concentrações de 100%, 75%, 50%, 25%, 12,5% e 0% (controle) para a amostra (B) do efluente (NF). Os valores foram expressos em (M $\pm$ SD), para n=6. Estatística conduzida com (Anova) Análises de Variância.



Considerando o valor de significância  $\alpha$  5% (0,05) escolhido observa-se que não ocorreram variações significativas entre as cinco concentrações analisadas e o 0% (controle), visto que o valor de  $p$  encontrado foi 0,3547, estando esse acima do valor de  $\alpha$  pré estabelecido, aceitando-se, portanto, a hipótese de nulidade  $H_0$ , que afirma que quanto maior ser este valor, maior a possibilidade de rejeitar incorretamente a hipótese nula. Dessa forma como os valores para as diferentes diluições dos efluentes não demonstraram valores irregulares comparados aos encontrados para o 0% controle, estima-se que o efluente (NF) da amostra (B) não demonstrou características tóxicas nos resultados deste teste.

#### **4.5.8 Comprimento da Maior Raiz (mm), dos Bulbos expostos na Amostra (B) do Efluente (F).**

Os valores obtidos entre as médias foram bem aproximados, somente o 0% (controle), apresentou uma média desproporcional em relação às outras, sendo isso uma situação real, pois o esperado sempre é que o controle seja menos ofensivo ao organismo testado.

**Tabela 25:** Comprimento da maior raiz dos bulbos, expostos as concentrações de 100%, 75%, 50%, 25%, 12,5 e 0% (controle negativo) expressos por (M±SD), para n=6, referentes à amostra (B) do efluente (F).

Comprimento das maiores raízes (mm)	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Média	Desvio padrão.
0%	67	63	57	53	79	46	52,14	12
12,5%	22	71	68	36	72	62	47,30	21
25%	30	31	63	39	26	54	34,75	15
50%	81	49	31	48	46	51	43,79	16
75%	28	18	6	37	65	26	25,82	20
100%	28	39	31	33	54	43	32,71	10

**Tabela 26:** Resultados de significância por meio do teste de Análise de Variância (Anova) para o comprimento da maior raiz exposta a amostra (B) do efluente (F).

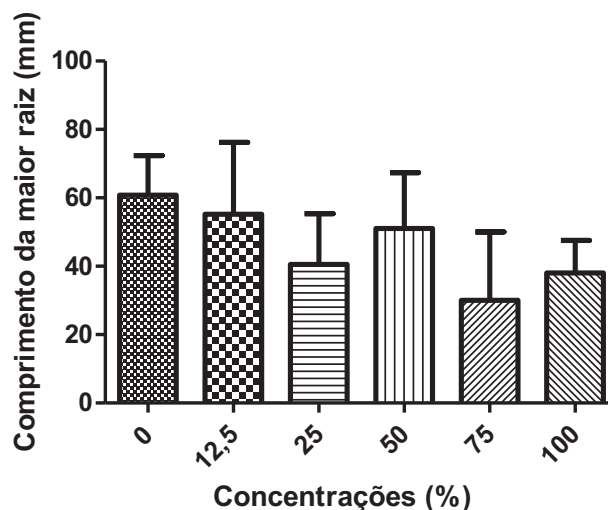
<i>Tabela Analisada</i>	<i>Maior raiz (F) Amostra (B)</i>
Análise de Variância Unidirecional	
P valor	0.0493
P valor Resumo	*
São amostras com diferenças significativas? (P < 0.05)	Yes
Número de amostras	6
F	2.555
R <sup>2</sup>	0.3058

**Tabela 27:** Resultado do teste de Tukey para o comprimento da maior raiz dos bulbos expostos ao efluente (F) da amostra (B).

Teste de Comparação Múltipla de Tukey	Comparação	q	Significativo? P < 0.05?
0 vs 12,5	5.667	0.8871	No
0 vs 25	20.33	3.183	No
0 vs 50	9.833	1.539	No
0 vs 75	26.03	3.886	No
0 vs 100	22.83	3.575	No
12,5 vs 25	14.67	2.296	No
12,5 vs 50	4.167	0.6523	No
12,5 vs 75	20.37	3.040	No
12,5 vs 100	17.17	2.687	No
25 vs 50	-10.50	1.644	No
25 vs 75	5.700	0.8508	No
25 vs 100	2.500	0.3914	No
50 vs 75	16.20	2.418	No
50 vs 100	13.00	2.035	No
75 vs 100	-3.200	0.4776	No

A figura 36 apresenta os resultados do teste de toxicidade com *Allium cepa* L., para maior raiz dos bulbos expostos na amostra (B) do efluente (F). A análise estatística não mostra diferenças significativas entre as concentrações, mostrando apenas na concentração de 75% um valor diferenciado, comparado as outras concentrações.

**Figura 36:** Comprimento da maior raiz de *Allium cepa* L., expostas nas concentrações de 100%, 75%, 50%, 25%, 12,5% e 0% (controle) para a amostra (B) do efluente (F). Os valores foram expressos em ( $M \pm SD$ ), para  $n=6$ . Estatística conduzida com (Anova) Análises de Variância.



Considerando o valor significativo de  $\alpha$  5% (0,05), assim como o valor de  $p$  obtido pela comparação entre as diferentes concentrações que foi de 0,0493, observa-se que a hipótese de nulidade  $H_0$ , não foi atendida, assim ocorre a necessidade de maior esclarecimento quanto variação entre as amostras evidenciados com o teste Tukey, que não constatou uma variação significativa entre o crescimento das raízes, pois o valor de  $\alpha$  5% (0,05) estipulado ficou muito próximo do valor mostrado no teste Tukey, ocorrendo um possível arredondamento dos valores. Contudo observando o crescimento entre as réplicas com o efluente diluído (12,5; 25%, 50 % e 100%) observa-se que não ocorreu variação significativa comparado com a concentração de 75%, indicando que possivelmente o efluente não apresentou toxicidade que indicassem a inibição do crescimento da raiz, visto que somente as médias da réplica C3 é que influenciou para uma menor média final para a concentração das demais réplicas expostas ao efluente, indícios de que o bulbo C3 poderia estar em condições impróprias para o teste. Já que não ocorreu variação significativa no teste de Tukey para as diferentes concentrações acima listadas, conclui-se a não toxicidade do efluente aos bulbos expostos a amostra (B) do efluente (F).

#### 4.5.9 Percentual de Massa Seca da Raiz (g) dos bulbos expostos na amostra (A) do efluente (NF)

Os resultados obtidos nas comparações das médias indicando o percentual de massa seca e massa úmida, a qual se refere o real peso das raízes sem umidade, apresentado na tabela 28, percebeu-se, que as médias obtidas não apresentaram disparidades, com distinção a concentração 50% que se mostrou um pouco abaixo das demais.

**Tabela 28:** Relação da massa seca e massa úmida das raízes expostas por sete dias ao efluente da nas concentrações de 100%, 75%, 50%, 25%, 12,5 e 0% (controle negativo) expressos ( $M \pm SD$ ), para  $n=6$ , referentes à amostra (A) do efluente (NF).

Concentrações	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Media	Desvio padrão.
0,00	95,95	99,35	82,55	95,78	5,56	102,11	80,21	3719
12,50	89,83	92,13	96,68	89,11	86,22	79,79	88,96	5,69
25,00	91,78		86,33	84,29	87,56	120,00	93,99	14,80
50,00	89,72	87,61	2,93	66,35	75,16	88,54	68,38	33,36
75,00	83,48	83,22	74,34	80,33	76,40	20,37	69,69	24,44
100,00	75,79	72,51	89,00	77,59	47,14	79,66	73,61	14,11

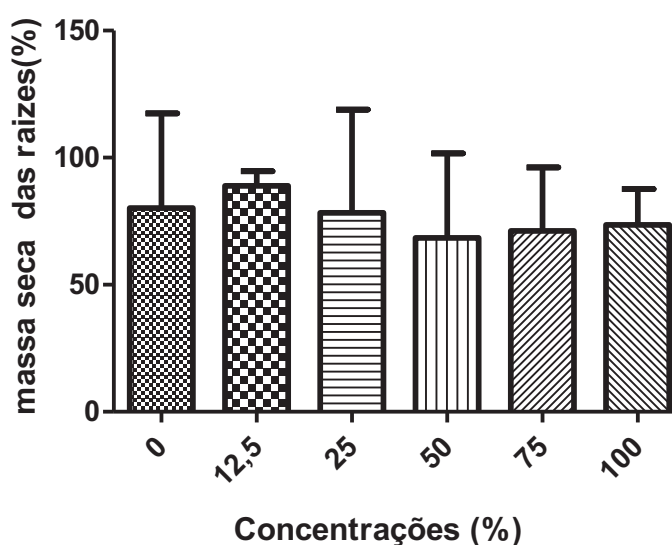
**Tabela 29:** Resultado de significância por meio do teste de Análise de Variação (Anova) da relação da massa seca e massa úmida das raízes da amostra (A) do efluente (NF).

Tabela Analisada	Relação massa seca / úmida das raízes (NF) Amostra (A)
Análise de Variância Unidirecional	
P valor	0,8482
P valor Resumo	Ns
São amostras com diferenças significantes? ( $P < 0.05$ )	No
Número de amostras	6
F	0,3951
$R^2$	0,06178

A figura 37 apresenta os resultados do teste de toxicidade com *Allium cepa* L., relacionando o percentual de massa seca da raiz. A análise estatística não

mostra diferenças significativas entre as concentrações, obtendo valores quase paralelos entre as concentrações.

**Figura 37:** Relação massa seca massa úmida de *Allium cepa* L.expostas nas concentrações de 100%, 75%, 50%, 25%, 12,5% e 0% (controle) para a amostra (A) do efluente (NF). Os valores foram expressos em ( $M \pm SD$ ), para  $n=6$ . Estatística conduzida com (Anova) Análises de Variância.



Sabendo que o valor de significância estipulado de  $\alpha$  igual 5% (0,05) de, comparado com os resultados do valor de  $p$ , que foi de 0,8482, observa-se que a hipótese de nulidade  $H_0$  foi verdadeira, assim não foi apresentada uma variação significativa entre as seis réplicas com diferentes concentrações. Atribui-se estes resultados a não toxicidade do efluente (NF) da amostra (A) para os bulbos expostos por sete dias nessas concentrações.

#### 4.5.10 Percentual de massa seca da raiz (g) dos bulbos expostos na amostra (A) do efluente (F)

Os resultados obtidos nas comparações das médias indicando o percentual de massa seca, a qual se refere o real peso das raízes sem umidade,

apresentados na tabela 30, foram bem próximos para as seis réplicas das concentrações estabelecidas.

**Tabela 30:** Relação da massa seca e massa úmida das raízes expostas por sete dias ao efluente nas concentrações de 100%, 75%, 50%, 25%, 12,5 e 0% (controle negativo) expressos por ( $M \pm SD$ ), para  $n=6$ , referentes à amostra (A) do efluente (F).

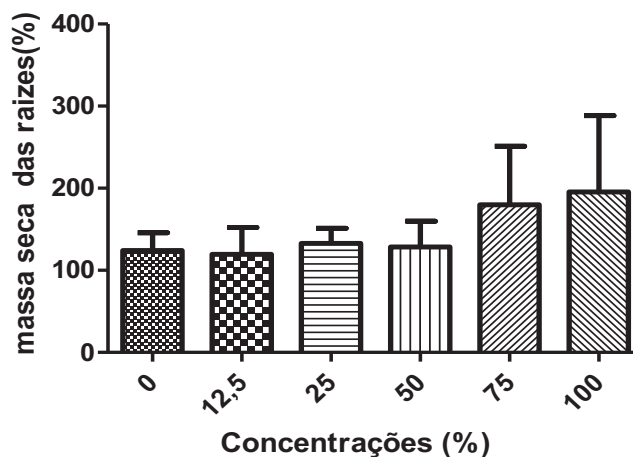
Concentrações	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Média	Desvio padrão.
0,00	121,89	166,23	117,74	120,42	103,30	115,74	124,22	21,61
12,50	108,39	114,87	104,77	102,15	185,22	102,38	119,63	32,48
25,00	120,09	144,44	139,22	103,53	154,26	135,34	132,81	18,23
50,00	133,21	100,00	188,71	114,96	114,65	119,87	128,57	31,33
75,00	130,62	141,15	183,69	310,34	114,95	197,44	179,70	71,39
100,00	139,13	132,68	309,09	123,97	147,37	321,15	195,56	93,00

**Tabela 31:** Resultado de significância por meio do teste de Análise de Variância (Anova) da relação da massa seca e massa úmida das raízes da amostra (A) do efluente (F).

Tabela Analisada	Relação massa seca / úmida das raízes (%) (F) Amostra (A)
Análise de Variância Unidirecional	
P valor	0,0725
P valor Resumo	Ns
São amostras com diferenças significativas? ( $P < 0.05$ )	No
Número de amostras	6
F	2,274
$R^2$	0,2748

A figura 38 apresenta os resultados do teste de toxicidade com *Allium cepa* L., relacionando o percentual de massa seca da raiz. A análise estatística não mostra diferenças significativas entre as concentrações. Como pode se perceber os bulbos expostos a concentração de 100%, obteve um maior percentual de massa seca.

**Figura 38:** Relação massa seca massa úmida de *Allium cepa* L.expostas nas concentrações de 100%, 75%, 50%, 25%, 12,5% e 0% (controle) para a amostra (A) do efluente (F). Os valores foram expressos em (M±SD), para n=6. Estatística conduzida com (Anova) Análises de Variância.



Considerando o valor de significância  $\alpha$  5% ( $p = 0,05$ ) escolhido, e o valor de  $p$  encontrado (0,0725). Pode-se concluir que não ocorreu uma variação significativa entre as cinco concentrações do efluente e o controle negativo. Sendo a hipótese de nulidade aceita. Apontando a não toxicidade do efluente (F) da amostra (A) para os bulbos de *Allium cepa*.

#### 4.5.11 Percentual de Massa Seca da Raiz (g) dos Bulbos Expostos na Amostra (B) do Efluente (NF)

Os resultados obtidos nas comparações das médias da massa seca da raiz mostrada na tabela 32 não apresentaram diferenças, sendo que as médias das concentrações em relação ao 0% (controle) foram praticamente iguais, somente se distanciando a concentração 12,5% mesmo em menor proporção.

**Tabela 32:** Relação da massa seca e massa úmida das raízes expostas por sete dias ao efluente da nas concentrações de 100%, 75%, 50%, 25%, 12,5 e 0% (controle negativo) expressos por (M±SD), para n=6, referentes à amostra (B) do efluente (NF).

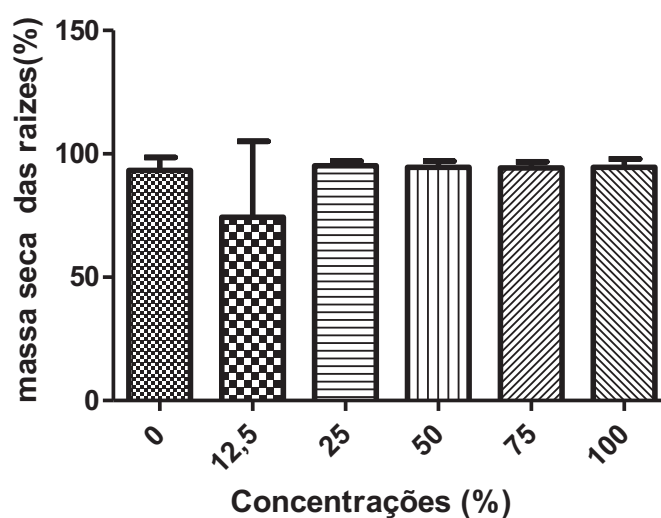
Concentrações	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Media	Desvio padrão
0,00	100,00	93,44	98,74	87,54	92,22	87,70	93,27	5,30
12,50	92,80	34,19	34,99	94,24	94,24	95,15	74,27	30,75
25,00	95,49	93,27	94,66	98,45	94,13	95,41	95,23	1,78
50,00	99,33	93,56	93,94	92,42	94,41	93,83	94,58	2,42
75,00	96,80	93,75	97,94	92,50	92,36	92,60	94,33	2,44
100,00	101,16	95,09	92,47	93,00	92,86	92,59	94,53	3,39



**Tabela 33:** Resultado de significância por meio do teste de Análise de Variância (Anova) do percentual de massa seca das raízes da amostra (B) do efluente (NF).

Tabela Analisada	Relação massa seca / úmida das raízes (%) (NF) Amostra (B)
Análise de Variância Unidirecional	
P valor	0,0568
P valor Resumo	ns
São amostras com diferenças significativas? (P < 0.05)	No
Número de amostras	6
F	2,444
R <sup>2</sup>	0,2895

**Figura 39:** Relação massa seca massa úmida de *Allium cepa* L.expostas nas concentrações de 100%, 75%, 50%, 25%, 12,5% e 0% (controle) para a amostra (B) do efluente (NF). Os valores foram expressos em (M±SD), para n=6. Estatística conduzida com (Anova) Análises de Variância.



Considerando o valor  $\alpha$  escolhido igual a (0,05), bem como estabelecendo a relação entre esse ao valor  $p$  encontrado de (0,0568) observa-se que não ocorreram variações significativas entre as amostras para o percentual de massa seca das raízes da *Allium cepa* L expostas à amostra (B) do efluente (NF).

Assim, constata-se que os efluentes não apresentaram toxicidade para o parâmetro analisado, considerando as cinco concentrações quando comparadas ao 0% (controle).

#### 4.5.12 Percentual de Massa Seca da Raiz (g) dos Bulbos Expostos na Amostra (B) do Efluente (F).

Os resultados obtidos nas comparações das médias indicando o percentual de massa seca, a qual se refere o real peso das raízes sem umidade, apresentados na tabela abaixo se observam que a concentração 75% apresentou praticamente o dobro das médias obtidas nas demais concentrações.

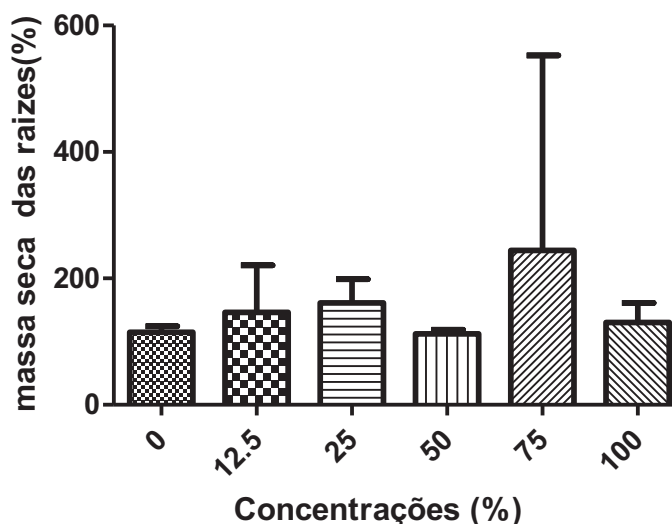
**Tabela 34:** Relação da massa seca e massa úmida das raízes expostas por sete dias ao efluente da nas concentrações de 100%, 75%, 50%, 25%, 12,5 e 0% (controle negativo) expressos por (M±SD), para n=6, referentes à amostra (B) do efluente (F).

Concentrações	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Média	Desvio padrão
0,00	123,57	125,80	118,02	106,75	101,42	114,36	114,98	9,51
12,50	110,05	103,49	295,14	145,68	115,75	107,90	146,33	74,44
25,00	168,73	222,91	131,58	139,23	123,15	180,87	161,08	37,57
50,00	106,65	104,74	112,31	114,13	111,84	123,15	112,14	6,49
75,00	104,04	173,77	870,71	104,32	124,14	88,95	244,32	308,29
100,00	110,13	149,67	118,06	183,89	117,28	101,63	130,11	30,97

**Tabela 35:** Resultado de significância por meio do teste de Análise de Variância (Anova) do percentual da massa seca das raízes da amostra (B) do efluente (F).

Tabela Analisada	Relação massa seca / úmida das raízes (%) (F) Amostra (B)
Análise de Variância Unidirecional	
P valor	0,5299
P valor Resumo	ns
São amostras com diferenças significativas? (P < 0.05)	No
Número de amostras	6
F	0,8433
R <sup>2</sup>	0,1232

**Figura 40:** Relação massa seca massa úmida de *Allium cepa* L.expostas nas concentrações de 100%, 75%, 50%, 25%, 12,5% e 0% (controle) para a amostra (B) do efluente (F). Os valores foram expressos em (M±SD), para n=6. Estatística conduzida com (Anova) Análise de Variância.



Para o nível  $\alpha$ , de significância escolhido igual a 5% (0,05), não foram observadas variações significativas entre as cinco diferentes concentrações e controle negativo, visto que o *valor de p* apresentado no teste Tukey 0,5299, indicando assim que a hipótese de nulidade é verdadeira, descartando a toxicidade do efluente para este parâmetro analisado. Vale ainda lembrar que para a percentagem de massa seca a concentração 75% se mostrou com valor acima até mesmo do controle.

#### **4.6 Testes Fitotoxicidade (não estático), com o Bioindicador, *Lactuca sativa* (alface), expostos ao Efluente (NF) e (F) das Amostras (A) e (B), analisando o número de germinações e o comprimento da maior raiz em (mm) das sementes.**

Nas tabelas abaixo foram apresentados os dados relativos à média do número de germinações das sementes de alface *Lactuca sativa* expostas ao controle negativo (água destilada) e nas concentrações, 50%, 66,7%, 83,3% e 100%, durante 120h, ao nível de 95% de probabilidade.

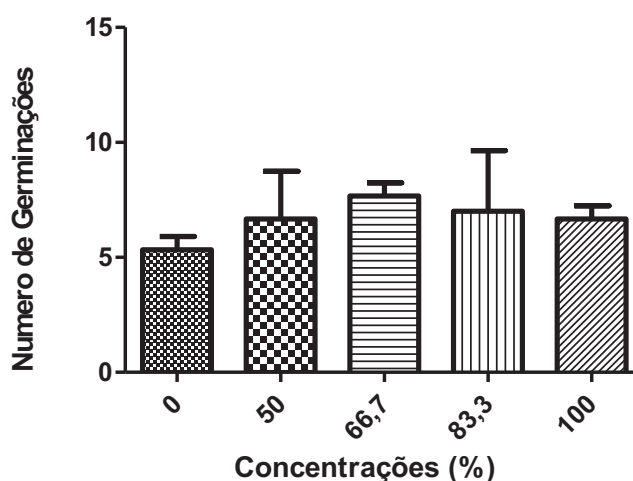
**Tabela 36:** Números de germinações das sementes *Lactuca sativa* (alface), analisadas pela média  $\pm$  desvio padrão ( $M \pm SD$ ) das diferentes concentrações a que foram expostas, na amostra (A) efluente (NF).

Concentrações (%)	Placa 1	Placa 2	Placa 3	Média	Desvio Padrão
0	5	5	6	5,3	0,5873
50	6	5	9	6,7	2,0816
66,7	8	8	7	7,7	0,5773
83,3	4	9	8	7,0	2,6457
100	6	7	7	6,7	0,5773

**Tabela 37:** Resultados de significância por meio do teste de Análise de Variância (Anova) do número de sementes germinadas para a amostra (A) do efluente (NF).

Tabela Analisada	Amostra (A) do efluente (NF)
Análise de Variância Unidirecional	
P valor	0,5104
P valor Resumo	ns
São amostras com diferenças significativas? ( $P < 0.05$ )	No
Número de amostras	5
F	0,8784
$R^2$	0,2600

**Figura 41:** Número de germinações das sementes da alface *Lactuca sativa*, durante 120 h de exposição nas concentrações 0% (controle), 50%, 66,7%, 83,3% e 100%. Sendo os resultados obtidos pela ( $M \pm SD$ ) de cada réplica.



Esta análise demonstra as médias das quatro concentrações incluindo ao 0% (controle), do número de germinações para as réplicas dos testes realizados com as sementes de alface *Lactuca sativa*, expostas por 120h no efluente (NF) da

amostra (A). Observa-se que não ocorreram variações significativas para percentual de número de germinações por concentração, considerando o valor  $\alpha$  igual a 5 % (0,05), visto que o valor p encontrado foi de (0,5104) que é maior do que o estipulado para o nível de significância escolhido.

Percebe-se através da análise estatística que a concentração de 83,3% obteve o maior número de germinações, considerando a segunda concentração com menor diluição do efluente, além disto a concentração de 0% (controle) apresentou o menor número de germinação, mesmo quando comparado com a concentração de 100%.

Conclui-se estatisticamente que não foi constatada uma toxicidade do efluente, confirmando a hipótese de nulidade  $H_0$  que afirma que quanto maior for o valor de p em relação ao nível de significância escolhido, menor a possibilidade de a amostra ser considerada tóxica, além disso, o efluente testado não inibiu o crescimento das raízes.

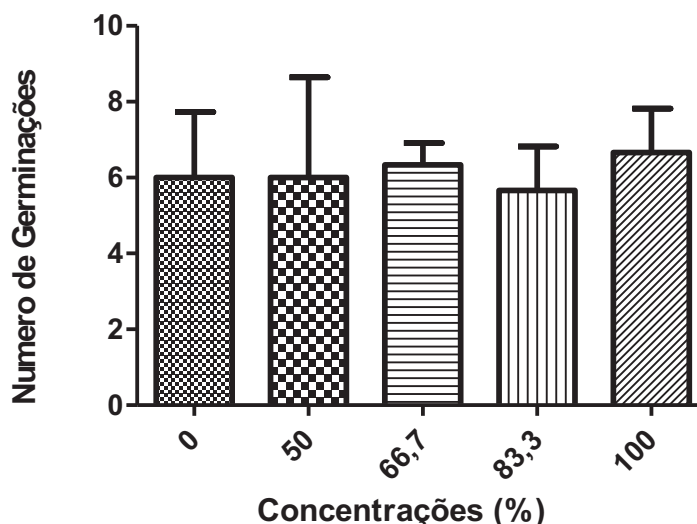
**Tabela 38:** Números de germinações das sementes *Lactuca sativa* (alface), analisadas pela ( $M \pm SD$ ) das diferentes concentrações a que foram expostas, amostra (A) do efluente (F).

Concentrações (%)	Placa 1	Placa 2	Placa 3	Media	Desvio Padrão
0	8	5	5	6,0	1,7320
50	8	7	3	6,0	2,6457
66,7	7	6	6	6,3	0,5773
83,3	5	5	7	5,7	1,1547
100	6	8	6	6,6	1,1547

**Tabela 39:** Resultados de significância por meio do teste de Análise de Variância (Anova) do número de sementes germinadas para a amostra (A) do efluente (F).

Tabela Analisada	Amostra (A) do efluente (F)
Análise de Variância Unidirecional	
P valor	0,9505
P valor resumo	ns
São amostras com diferenças significativas? (P < 0.05)	No
Número de amostra	5
F	0,1667
R <sup>2</sup>	0,06250

**Figura 42:** Número de germinações das sementes da alface *Lactuca sativa*, durante 120 h de exposição nas concentrações 0% (controle), 50%, 66,7%, 83,3% e 100%. Sendo os resultados obtidos pela ( $M \pm SD$ ) de cada concentração.



Considerando o valor de significância  $\alpha$  5% (0,05) escolhido observa-se que não ocorreram variações significativas entre as quatro concentrações comparadas ao 0% (Controle), sendo que o valor de  $p$  encontrado foi acima do estipulado mostrando-se igual a (0,9505), estando esse acima do valor de  $\alpha$  pré estabelecido, aceitando-se portanto a hipótese de nulidade  $H_0$ , mostrando a não toxicidade do efluente (F) da amostra (A) para as sementes de *Lactuca sativa*

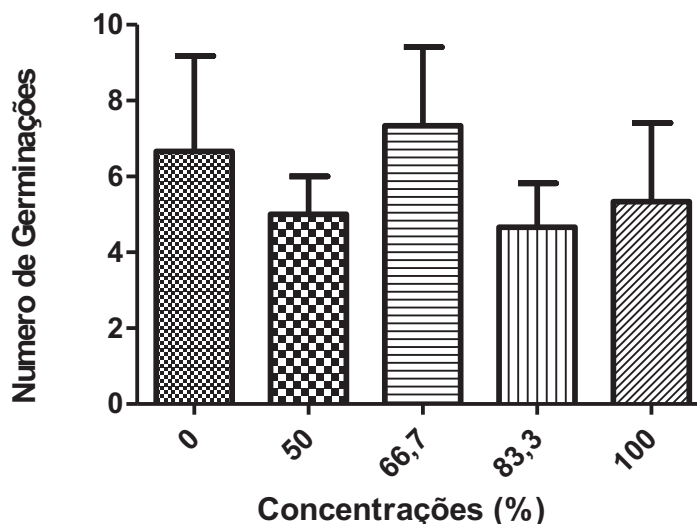
**Tabela 40:** Números de germinações das sementes *Lactuca sativa* (alface), analisadas pela ( $M \pm SD$ ) das diferentes concentrações a que foram expostas, na amostra (B) do efluente (NF).

Concentrações (%)	Placa 1	Placa 2	Placa 3	Media	Desvio Padrão
0	9	4	7	6,7	2,5166
50	6	5	4	5,0	1,0000
66,7	8	9	5	7,4	2,0816
83,3	4	4	6	4,6	1,1547
100	7	6	3	5,4	2,0816

**Tabela 41:** Resultados de significância por meio do teste de Análise de Variância (Anova) do número de sementes germinadas para a amostra (B) do efluente (NF).

Tabela analisada	Amostra (B) do efluente (NF)
Análise de Variância Unidirecional	
P valor	0,3943
P valor resumo	ns
São amostras com diferenças significativas? ( $P < 0.05$ )	No
Número de amostra	5
F	1,135
$R^2$	0,3122

**Figura 43:** Número de germinações das sementes da alface *Lactuca sativa*, durante 120 h de exposição nas concentrações 0% (controle), 50%, 66,7%, 83,3% e 100%. Sendo os resultados obtidos pela (M±SD) de cada concentração.



Para o teste realizado com o efluente (NF) da amostra (B) verificou-se a não ocorrência de variações significativas para o nível  $\alpha$  5% (0,05), visto que o valor de  $p$  encontrado (0,3943) foi superior ao estipulado, indicando assim que a hipótese de nulidade  $H_0$ , foi aceita, mostrando a não toxicidade do efluente, indícios reais de que não ocorreram efeitos adversos as sementes expostas as diferentes concentrações, já que em média o número de germinações das sementes não apresentaram diferenças significativas.

**Tabela 42:** Números de germinações das sementes *Lactuca sativa* (alface), analisadas pela (M±SD) das diferentes concentrações, a que foram expostas amostra (B) efluente (F).

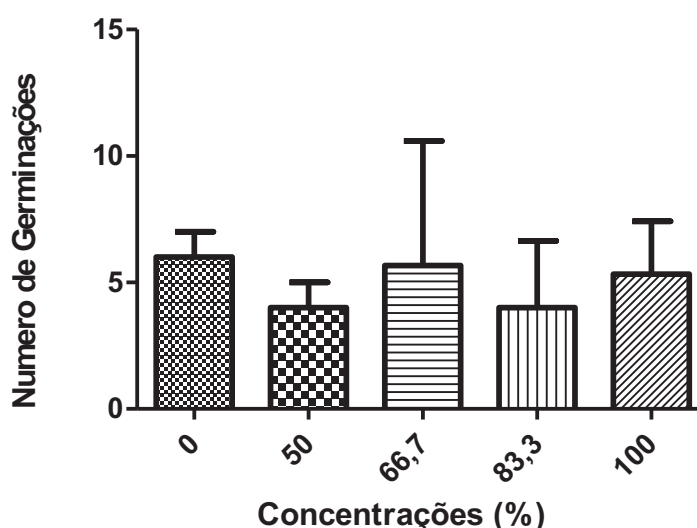
Concentrações (%)	Placa 1	Placa 2	Placa 3	Media	Desvio Padrão
0	6	5	7	6,0	1,0000
50	5	3	4	4,0	1,0000
66,7	9	0	8	5,7	4,9328
83,3	1	5	6	4,0	2,6457
100	7	6	3	5,4	2,0816



**Tabela 43:** Resultados de significância por meio do teste de Análise de Variância (Anova) do número de sementes germinadas para a amostra (B) do efluente (F).

Tabela analisada	Amostra (B) do efluente (F)
Análise de Variância Unidirecional	
P valor	0,8356
P valor resumo	ns
São amostras com diferenças significativas? (P < 0.05)	No
Número de amostra	5
F	0,3540
R <sup>2</sup>	0,1240

**Figura 44:** Número de germinações das sementes da alface *Lactuca sativa*, durante 120 h de exposição nas concentrações 0% (controle), 50%, 66,7%, 83,3% e 100%. Sendo os resultados obtidos pela (M±SD) de cada concentração.



Idealizando, o valor de significância  $\alpha$  5% (0,05) escolhido observa-se que na análise de variância (Anova) para todas as concentrações da amostra (B) do efluente(F), não ocorreram diferenças significativas, não havendo a necessidade de realizar o teste Tukey que avalia a diferença entre as amostras. Apesar das médias alcançadas não serem muito elevadas, o valor de  $p$  encontrado foi de (0,8356) estando esse acima do nível de significância e, por conseguinte atendendo a hipótese de nulidade  $H_0$ , portanto amostra não tóxica.

**4.6.1 Resultados dos Testes do Comprimento das Raízes (mm) das sementes germinadas da *Lactuca sativa* (alface), expostas ao Efluente (NF) (F) e, respectivo controle negativo com as Amostras (A) e (B).**

Na tabela foram apresentados os dados relativos à média do comprimento das raízes germinadas das sementes de alface *Lactuca sativa* expostas ao controle negativo (água destilada) e nas concentrações, 50%, 66,7%, 83,3% e 100%, durante 120h, ao nível de 95% de probabilidade.

**Tabela 44:** Comprimento das raízes das sementes germinadas da *Lactuca sativa* (alface), resultados obtidos pela ( $M \pm SD$ ) das diferentes concentrações, a que foram expostas amostra (A) do efluente (NF).

Amostras/ Concentrações	0%	50%	66,70%	83,30%	100%
Placa 1	49	55	67	6	32
	38	39	9	5	16
	7	41	11	3	3
	3	16	9	2	2
	5	2	12	0	3
	0	2	6	0	2
	0	0	3	0	0
	0	0	3	0	0
	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0
Placa 2	16	20	27	34	19
	2	19	19	18	24
	8	7	9	20	13
	9	10	8	22	12
	5	18	14	9	6
	0	0	9	2	1
	0	0	8	2	1
	0	0	1	3	0
	0	0	0	5	0
	0	0	0	0	0
Placa 3	35	41	9	20	9
	38	56	20	11	6
	12	42	19	6	4
	9	29	9	4	6
	2	30	9	3	3
	0	14	1	2	4
	0	24	0	1	0
	0	9	0	0	0
	0	0	0	0	0
	31	43	3	39	26
<b>Média</b>	<b>9,3</b>	<b>17,2</b>	<b>10,8</b>	<b>7,2</b>	<b>6,4</b>
<b>Desvio Padrão</b>	<b>14,0960</b>	<b>18,4197</b>	<b>13,6531</b>	<b>10,3380</b>	<b>8,7792</b>

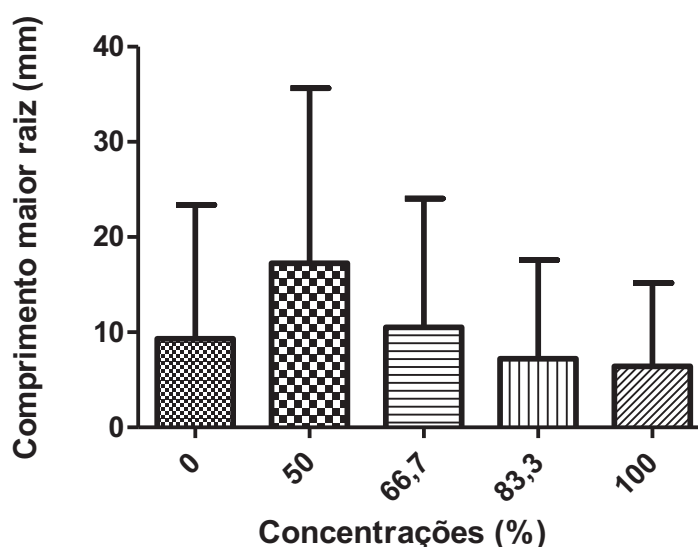
**Tabela 45:** Resultados de significância por meio do teste de Análise de Variância (Anova) para a média do comprimento das raízes das sementes da *Lactuca sativa* (alface), na amostra (A) do efluente (NF).

Tabela analisada	Amostra (A) efluente (NF)
Análise de Variância Unidirecional	
P valor	0,0191
P valor resumo	*
São amostras com diferenças significativas? (P < 0.05)	Yes
Número de amostra	5
F	3,046
R <sup>2</sup>	0,07752

**Tabela 46:** Resultado do teste de Tukey para as médias do comprimento das raízes das sementes germinadas na amostra (A) no efluente (NF).

Teste de Comparação Múltipla de Tukey	Comparação.	q	Significativo? P < 0.05?	Resumo
0 vs 50	-7,933	3,228	No	Ns
0 vs 66,7	-1,200	0,4883	No	Ns
0 vs 83,3	2,067	0,8410	No	Ns
0 vs 100	2,900	1,180	No	Ns
50 vs 66,7	6,733	2,740	No	Ns
50 vs 83,3	10,00	4,069	Yes	*
50 vs 100	10,83	4,408	Yes	*
66,7 vs 83,3	3,267	1,329	No	Ns
66,7 vs 100	4,100	1,668	No	Ns
83,3 vs 100	0,8333	0,3391	No	Ns

**Figura 45:** Comprimento das raízes da alface *Lactuca sativa* (mm) durante 120 h de exposição nas concentrações 0% (controle), 50%, 66,7%, 83,3% e 100%. Sendo os resultados obtidos pela (M±SD) de cada concentração.



Tendo observado médias do comprimento das raízes das sementes para essa amostra, se entendem que todas as concentrações, com exceção da concentração 50%, reduziram o desenvolvimento das raízes, indícios estes de que a amostra pode ser considerada tóxica. Assim considerando essa variação significativa, realizou-se o teste de Tukey para identificar os parâmetros onde as mesmas ocorreram.

Além dessas variações, com base nos resultados do teste de Tukey constata-se que na comparação entre as concentrações com diferenças significativas, a concentração de 100% foi a mais indicadora em relação ao não desenvolvimento das raízes. Constata-se a toxicidade do efluente para o parâmetro analisado.

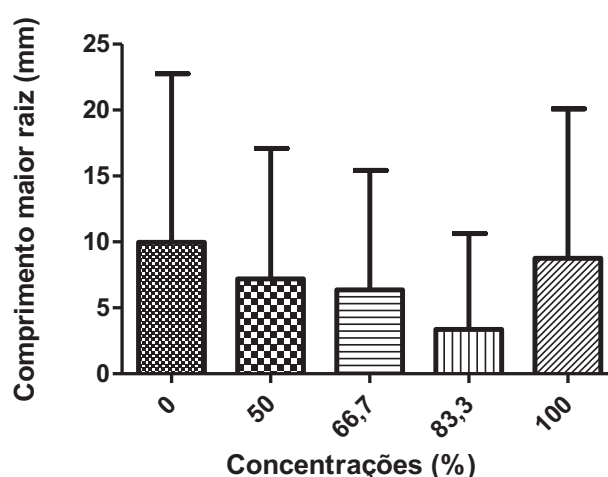
**Tabela 47:** Comprimento das raízes das sementes germinadas da *Lactuca sativa* (alface), resultados obtidos pela ( $M \pm SD$ ) das diferentes concentrações, a que foram expostas amostra (A) do efluente (F).

Amostra/Concentração	0%	50%	66,70%	66,70%	100%
Placa 1	31	40	30	5	48
	42	23	12	3	19
	36	16	3	2	16
	29	11	3	2	12
	22	12	2	3	5
	12	3	2	0	3
	6	6	1	0	0
	1	1	0	0	0
	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0
Placa 2	33	22	16	39	21
	8	23	6	6	25
	5	14	5	3	27
	4	19	5	2	7
	3	4	2	2	5
	0	6	3	0	4
	0	1	0	0	2
	0	0	0	0	1
	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0
Placa 3	20	5	21	5	15
	17	4	32	11	21
	12	6	21	9	16
	10	0	11	3	10
	8	0	11	2	2
	0	0	5	2	4
	0	0	0	2	0
	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0
<b>Média</b>	<b>9,9</b>	<b>7,2</b>	<b>6,4</b>	<b>3,8</b>	<b>8,7</b>
<b>Desvio Padrão</b>	<b>12,7089</b>	<b>9,8974</b>	<b>9,0648</b>	<b>7,2705</b>	<b>11,3340</b>

**Tabela 48:** Resultados de significância por meio do teste de Análise de Variância (Anova) para a média do comprimento das raízes das sementes da *Lactuca sativa* (alface), na amostra (A) do efluente (F).

Tabela analisada	Amostra (A) efluente (F)
Análise de Variância Unidirecional	
P valor	0,1282
P valor resumo	ns
São amostras com diferenças significativas? (P < 0.05)	No
Número de amostra	5
F	1,819
R <sup>2</sup>	0,04779

**Figura 46:** Comprimento das raízes da alface *Lactuca sativa* (mm) durante 120 h de exposição nas concentrações 0% (controle), 50%, 66,7%, 83,3% e 100%. Sendo os resultados obtidos pela (M±SD) de cada concentração.



Para as sementes expostas a amostra (A) do efluente (F), observa-se que não ocorreu variação significativa para o nível  $\alpha$  5% (0,05) recomendado, visto que os valores de  $p$  encontrados registraram números maiores do que o apontado para o valor de  $\alpha$ , ou seja, sendo válida a hipótese de nulidade  $H_0$ , não evidenciando assim diferenças entre as médias das concentrações e a média do controle experimental. Assim os resultados demonstram que não ocorreram alterações no desenvolvimento raízes da planta que indiquem uma inibição no crescimento. Aceitando-se a hipótese de nulidade  $H_0$  conclui-se que a amostra não é tóxica.

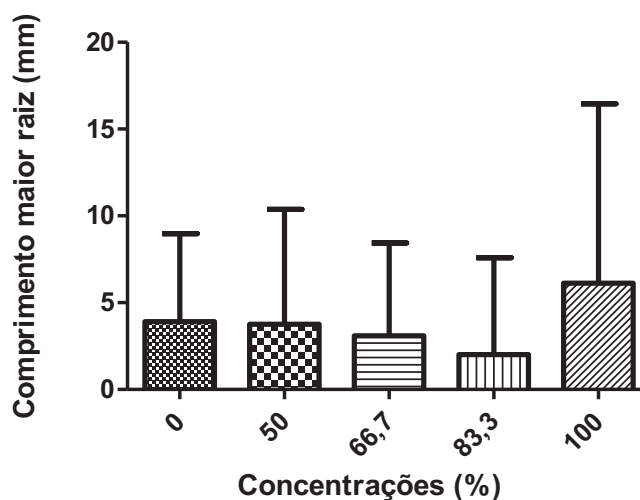
**Tabela 49:** Comprimento das raízes das sementes germinadas da *Lactuca sativa* (alface), resultados obtidos pela (M±SD) das diferentes concentrações, a que foram expostas amostra (B) do efluente (NF).

Amostras/ Concentrações	0%	50%	66,70%	83,30%	100%
Placa 1	11	9	5	30	31
	9	12	7	6	29
	7	7	2	2	26
	4	5	2	1	12
	4	3	1	0	9
	2	1	1	0	5
	2	0	1	0	2
	1	0	1	0	0
	1	0	0	0	0
	0	0	0	0	0
Placa 2	3	7	4	7	36
	5	5	3	5	9
	2	4	1	1	7
	1	1	1	1	4
	0	1	1	0	3
	0	0	1	0	2
	0	0	1	0	0
	0	0	1	0	0
	0	0	0	0	0
Placa 3	23	32	26	2	5
	9	14	11	1	3
	9	7	12	1	1
	11	5	7	1	0
	5	0	3	1	0
	4	0	0	0	0
	4	0	0	0	0
	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0
<b>Média</b>	<b>3,9</b>	<b>3,7</b>	<b>3,1</b>	<b>1,9</b>	<b>6,1</b>
<b>Desvio Padrão</b>	<b>5,0674</b>	<b>6,6159</b>	<b>5,3456</b>	<b>5,5985</b>	<b>10,3281</b>

**Tabela 50:** Resultados de significância por meio do teste de Análise de Variância (Anova) para a média do comprimento das raízes das sementes da *Lactuca sativa* (alface), na amostra (B) do efluente (NF).

Tabela Analisada	Amostra (B) efluente (NF)
Análise de Variância Unidirecional	
P valor	0,2175
P valor resumo	ns
São amostras com diferenças significativas? (P < 0.05)	No
Número de amostra	5
F	1,460
R <sup>2</sup>	0,03871

**Figura 47:** Comprimento das raízes da alface *Lactuca sativa* (mm) durante 120 h de exposição nas concentrações 0% (controle), 50%, 66,7%, 83,3% e 100%. Sendo os resultados obtidos pela ( $M \pm SD$ ) de cada concentração.



A análise demonstra as médias das cinco concentrações incluindo ao 0% (controle) das sementes testadas com a amostra (B) do efluente (NF). Observa-se que não ocorreram variações significativas para o crescimento das raízes, apesar do pouco desenvolvimento das raízes para todas as concentrações.

Considerando o valor  $\alpha$  igual a 5 % (0,05), e visto que o valor  $p$  encontrado foi de (0,2175) que é maior do que o estipulado para o nível de significância escolhido, aceita-se a hipótese de nulidade  $H_0$  e , conclui-se a não toxicidade dessa amostra para o desenvolvimento das raízes.

**Tabela 51:** Comprimento da maior raiz das sementes germinadas da *Lactuca sativa* (alface), resultados obtidos pela ( $M \pm SD$ ) das diferentes concentrações, a que foram expostas, na amostra (B) efluente (F).

Amostra/Concentração	0%	50%	66,70%	83,30%	100%
Placa 1	52	5	10	3	10
	7	11	9	0	5
	6	1	8	0	3
	4	1	5	0	2
	4	1	4	0	2
	3	0	1	0	2
	0	0	1	0	2
	0	0	1	0	0
	0	0	1	0	0
	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0
Placa 2	8	11	0	9	23
	2	9	0	8	9
	2	4	0	5	5
	2	0	0	3	3
	1	0	0	2	3
	0	0	0	0	3
	0	0	0	0	0

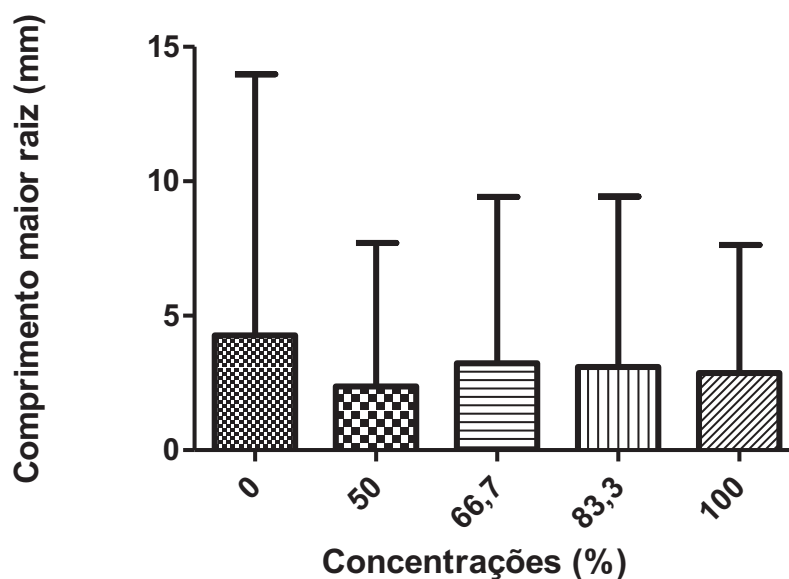


Amostra/Concentração	0%	50%	66,70%	83,30%	100%
	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0
	16	25	31	32	9
	5	1	8	9	3
	9	1	9	7	2
	3	1	5	5	0
	2	0	1	1	0
	1	0	1	1	0
	1	0	1	0	0
	0	0	1	0	0
	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0
<b>Média</b>	<b>4,2</b>	<b>2,4</b>	<b>3,3</b>	<b>2,8</b>	<b>2,8</b>
<b>Desvio Padrão</b>	<b>9,7164</b>	<b>5,3400</b>	<b>6,1905</b>	<b>6,2482</b>	<b>4,7686</b>

**Tabela 52:** Resultados de significância por meio do teste de Análise de Variância (Anova) para a média do comprimento das raízes das sementes da *Lactuca sativa* (alface), na amostra (B) do efluente (F).

Tabela analisada	Amostra (B) efluente (F)
Análise de Variância Unidirecional	
P valor	0,8601
P valor resumo	ns
São amostras com diferenças significativas? (P < 0.05)	No
Número de amostra	5
F	0,3260
R <sup>2</sup>	0,008914

**Figura 48:** Comprimento das raízes da alface *Lactuca sativa* (mm) durante 120 h de exposição nas concentrações 0% (controle), 50%, 66,7%, 83,3% e 100%. Sendo os resultados obtidos pela (M±SD) de cada concentração



Considerando as três réplicas avaliadas para cada concentração, incluindo as réplicas do 0% (controle), observa-se que não ocorreu uma variação significativa entre as amostras estando portanto, válida a hipótese de nulidade ( $H_0$ ), sendo comprovada por meio de teste Anova, o qual obteve um *valor p* superior ao nível de significância escolhido 5%(0,05) .

Assim constata-se que mesmo para concentrações mais elevadas (100%), o nível de crescimento não apresentou uma variedade relevante para ser atribuída toxicidade, quando comparada com o valor do controle para essas amostras.

#### **4.7 Resultados dos Testes de Toxicidade Aguda com o Microcrustáceo *Artemia* sp., expostos ao Efluente (F) das Amostras (A) e (B).**

Os resultados obtidos no teste de toxicidade aguda com *Artemia* sp., sendo expressos em média das quatro réplicas, onde foram expostos 10 indivíduos nas concentrações de 100%, 75%, 50%, 25%, 12,5% e 0% (controle negativo) usando sal marinho sintético, diluído em água mineral, durante 24h. Os testes foram realizados com as amostras (A) e (B) do efluente (F). Lembrando que a realização dos testes com o efluente (NF) não foi possível devido à dificuldade de visualizar os organismos, mesmo com auxílio de lupa e/ou microscópio.

A duplicata de testes realizados com a amostra (A), do efluente (F), apresentou mortalidade nas concentrações 50%, 75% e 100%, visto que nas demais concentrações não houve mortalidade. Nas médias obtidas das quatro réplicas da concentração 100% obtiveram-se 20% de mortalidade, na concentração de 75% foram médias de 17,5% de mortalidade. Para a concentração de 50% ocorreu média de 5% de mortes dos indivíduos, expostos para as quatro réplicas. Pontuando mortalidade somente para o primeiro teste realizado com a amostra (A), visto que, no segundo teste realizado com a mesma amostra os indivíduos mostrarão 100% de sobrevivência quando expostos as concentrações, incluindo o controle negativo.

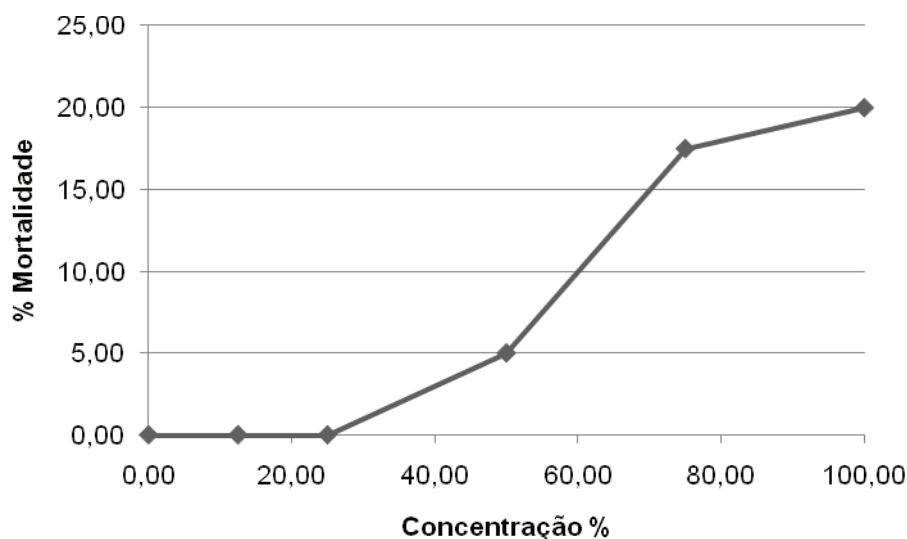
Na duplicata de testes realizados com a amostra (B) do efluente (F), não houve mortalidade para as *Artemias* sp., expostas por 24h em nenhuma das concentrações estabelecidas.

A tabela 53 e a figura 49 a seguir mostram o resultado do percentual de mortalidade das *Artemias* expostas por 24 h na amostra (A) do efluente (F)

**Tabela 53:** Percentual de mortalidade das réplicas dos testes de *Artemias* sp expostas ao efluente (F) da amostra (A).

Amostra	1	2	3	4	média
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
25,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
50,00	0,00	20,00	0,00	0,00	5,00
75,00	20,00	50,00	0,00	0,00	17,50
100,00	40,00	0,00	0,00	40,00	20,00

**Figura 49:** Gráfico com dados do percentual de mortalidade das réplicas dos testes de *Artemia* sp. , expostas ao efluente (F) da amostra (A).



Confirmando assim os resultados obtidos em ensaios com *Artemia* sp., constata-se que o efluente (F) , não mostrou sinais de toxicidade aguda para o organismo, pois o percentual de mortalidade foi de 20%, não sendo possível assim a determinação do teste Probit, inviabilizando o cálculo da CL50.

## CONCLUSÃO

As análises físico-químicas demonstraram que as concentrações dos parâmetros fenóis para a amostra (A) e sulfetos para a amostra (B) do efluente coletado, tiveram seus valores acima do previsto pela Resolução CONAMA nº430 de 13 de maio de 2011. Os parâmetros fenóis e sulfetos também se encontram em desacordo com a Lei nº14.675 do estado de Santa Catarina.

Os bioensaios de toxicidade realizados com o bioindicador da espécie *Eisenia foetida* (minhoca-vermelha-da-califórnia) expostas ao efluente (NF) e (F) de ambas as amostras (A) e (B), não expressaram toxicidade do efluente para os organismos, tendo como resultado 100% de sobrevivência dos mesmos.

Os testes de fitotoxicidade realizados com o bioindicador *Allium cepa* L, o efluente (NF) e (F) da amostra (A) apresentaram toxicidade estatisticamente comprovada pelo teste Tukey, mostrando diferenças significativas entre as amostras, inibindo o desenvolvimento das raízes dos bulbos expostos por sete dias ao efluente. Para os demais parâmetros analisados o efluente não apresentou potencial tóxico às plantas.

Para os testes com o bioindicador, *Lactuca sativa*, o efluente da amostra (A) com suas características originais e com o processo de filtração apresentaram um grau de toxicidade nas sementes da planta, inibindo o desenvolvimento no comprimento das raízes (mm). Para os demais parâmetros analisados o efluente não se mostrou tóxico.

Os testes com o bioindicador *Artemia sp.*, somente o primeiro teste, com a amostra (A), apresentou entre as réplicas uma média de 20% de mortalidade, impossibilitando o cálculo da CL50. Sendo que para os demais testes os organismos, mostraram 100% de sobrevivência. Portanto considera-se a não toxicidade do efluente para este bioindicador.

Como sugestões para trabalhos e pesquisas futuras cabem deixar alguns pareceres:

Os dados obtidos nas análises dos parâmetros físicos e químicos mostraram certa correlação com a toxicidade aos organismos testados, influenciando no padrão de resposta dos bioindicadores, quando expostos ao efluente, seja no grau de mortalidade ou inibição no desenvolvimento.

Neste ponto já se poderia observar que certamente o efluente apresentaria certo grau de toxicidade aos organismos, visto que alguns parâmetros se encontravam em desacordo com o estabelecido na legislação, não apresentando um padrão definido, evidenciados nas diferenças entre as amostras.

Comparando uma amostra à outra, a não padronização do efluente fica evidente, e isso distancia a possibilidade de mostrar a real ou não toxicidade do efluente para os bioindicadores.

Haveria a necessidade de contínuas pesquisas com amostras desse efluente, no mínimo por mais doze meses consecutivos, realizando os mesmos testes e, aumentando o número de réplicas, o que poderia mostrar de forma mais clara o seu grau de toxicidade aos organismos, podendo assim evidenciar o potencial poluidor do efluente ao meio ambiente.

Fica também como sugestão que a Empresa em questão não direcione o coletor de água pluvial para dentro dos tanques de recepção do efluente, pois isso evidencia a diminuição da concentração do mesmo, impossibilitando a comparação entre as amostras e inviabilizando a continuação da pesquisa.

Todos os relatos do presente trabalho indicam que se deve considerar a importância dos testes de toxicidade, contemplados no âmbito da legislação estadual, que de forma clara regulamenta e estabelece critérios de lançamento de efluentes de diversas atividades que agredem os ecossistemas.

Os bioensaios de toxicidade devem continuar a ser realizados em pesquisas futuras com o efluente em questão, estabelecendo até mesmos outros organismos de diferentes níveis tróficos na realização dos testes, podendo assim obter melhores conclusões sobre o efeito tóxico do efluente.

## REFERÊNCIAS

ANDRADE, Dalton, F.; OGLIARI, Paulo J. **Estatística para as ciências agrárias e biológicas: com noções de experimentação**. Florianópolis, SC: Editora UFSC, 2010, 348 -349 2° Ed.

ANJOS, A dos. **Análise de Variância**. Paraná-PR: Departamento de Estatística UFPR, 2009, cap. 7, p. 109 – 118. Disponível em: <[HTTP://www.est.ufpr.br/ce003/material/cap7.pdf](http://www.est.ufpr.br/ce003/material/cap7.pdf).> Acessado em 13 de Maio de 2011.

ASMT E 1963-02(American Society for Testing and Materials), 2003, **Standard Guide for Conducting Terrestrial Plant Toxicity**.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 2713: Ecotoxicologia Aquática – toxicidade Aguda – Método de Ensaio com Daphnia ssp (Cladocera, Crustáceo). Rio de Janeiro: 2004. p.17.

ANDRADE, Vivian Tavares. **Avaliação da toxicidade de Água Produzida tratada por Processo Evaporativo com a Finalidade de Reuso**, 2009. 144 p. Tese de Doutorado – Universidade Federal do Rio de Janeiro. Disponível em: <[http://fenix3.ufri.br/60/teses/coppe\\_d/VivianTavaresDeAndrade.pdf](http://fenix3.ufri.br/60/teses/coppe_d/VivianTavaresDeAndrade.pdf).> Acessado em 27 de fevereiro de 2011.

ARAGÃO, M. A. e ARAÚJO, R.P.A. 2006. Métodos de Ensaio de Toxicidade com Organismos Aquáticos. Cap. 6, p: 117 – 152. 2006. In: ZAGATO, P.A. e BERTOLETTI, E. 2006. *Ecotoxicologia aquática – princípios e aplicações*. ZAGATTO e BERTOLETTI (org.) São Carlos: Rima; 2006.

BADARÓ-PEDROSO, C; RACHID, B.R.F, Técnicas para Identificação de Agentes Tóxicos em Amostras Líquidas In: NASCIMENTO, Iracema. A; SOUSA, Eduinetty Ceci P.M. NIPPER, Marion (Org). **Métodos em Ecotoxicologia Marinha**. São Paulo: Editora Artes Gráficas e IND.LTDA.2002.p.217-232.

BARROS, Silvia Berlanga; DAVINO, Solange C. Avaliação da Toxicologia. In CHASIN, Alice Aparecida da Matta; AZEVEDO, Fausto Antônio. (Org.) **As Bases Toxicológicas da Ecotoxicologia** São Carlos: Editora Rima. 2003. p. 57-67.

BLASCO, et al. Tratamiento de Emisiones Gaseosas, Efluentes Líquidos y Residuos Sólidos de la Industria Cerâmica. Itália. AICE, 2000. 191 p.

BENASSI, J.C. **O uso de bioindicadores e biomarcadores na avaliação do processo de remediação de efluente de lixiviação de carvão mineral utilizando microesferas de quitosana**. 2004. 106 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

BERTOLETTI, E. 1990. **Toxicidade e Concentração de Agentes Tóxicos em efluentes Industriais**. Revista Ciência e Cultura. 43(3/4): p.271-277. 1990.

BRANCO, S.M. **Hidrografia Aplicada a Engenharia Sanitária**. São Paulo: Convenio CETESB, 1986.

BRANCO, S.M. **Poluição: A Morte de Nossos Rios**. São Paulo: Convenio CETESB. 1972.

BRASIL – **Lei Federal nº. 6.938 de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Disponível em: [www.lei.adv.br/6938-81.htm](http://www.lei.adv.br/6938-81.htm). Acessado em: 08mar 2011.

BRASIL, Resolução CONAMA nº 382 de 26, de dezembro de 2006: Estabelece os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas. Brasília: **Diário Oficial da União**. 2 de janeiro de 2007 Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=520>.> Acessado em 28 de abril de 2011.

BRASIL, Resolução CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005: Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília: **Diário Oficial da União**. 18 de março de 2005: Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>.> Acessado em 17 de março de 2011.

BRASIL, Resolução CONAMA nº 430 de 13 de maio de 2011: Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, que complementa e altera a Resolução nº. 357 de 17 de março 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente CONAMA.

BOMFIM, Cíntia levita Lins. **EFEITOS DO FENOL 4-CLOROFENOL SOBRE O DESENVOLVIMENTO EMBRIOLARVAL DE ECHINOMETRIA LUCUNTER (LINNAEUS, 1758)**: Avaliação dessas Substâncias como Referencia.

Dissertação de Mestrado e Pós Graduação em Ecologia e Biomonitoramento, Instituto de Biologia da Universidade Federal da Bahia, Salvador. 69 f, 2005.

BORTOLOTTO, et AL, Evaluation of toxic and genotoxic potential of landfill leachates using bioassays. **Environmental Toxicology and Pharmacology**, v.28, p.288-293, 2009.

CÉSAR, Augusto; SILVA, Sérgio Luiz Rodrigues; SANTOS, Aldo Ramos. Testes de Toxicidade Aquática no Controle da Poluição. Universidade de Santa Cecília-UNISANTA. Santos SP. 1997.p.37. Disponível em: <http://www.unisanta.br/labortorios/ecotoxicologia/apostilaecotox.pdf>. Acessado em: 12 mar.2011.

CETESB (COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL). **Métodos de Avaliação da toxicidade de poluentes a organismos Aquáticos. Cursos e Treinamentos**, volume I. São Paulo, 2005. 312 p.

CETESB – Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental. Manual para preenchimento do MCE (Memorial de Caracterização de Empreendimento). São Paulo. 2006. p 17. Disponível em:



<[http://www.cetesb.sp.gov.br/licenciamentoo/cetesb/documentos/mce\\_manual.pdf](http://www.cetesb.sp.gov.br/licenciamentoo/cetesb/documentos/mce_manual.pdf).>  
Acessado em 27 de fevereiro de 2011.

CETESB - Companhia de Tecnologia E Saneamento Ambiental. **Métodos de Avaliação da toxicidade de poluentes a organismos Aquáticos**. Cursos e Treinamentos, volume I. São Paulo, 2005. 312 p.

CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Considerações preliminares sobre toxicidade aos organismos aquáticos**. n. 3. 1990. 11p. Informativo Técnico.

CETESB, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, 1986. **Avaliação da toxicidade das Águas, Sedimentos dos Rios e Efluentes Industriais da região de Cubatão**. 226p. São Paulo.

CETESB, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, 1990. **Implementação de Testes de Toxicidade no Controle de Efluentes Líquidos Avaliação**. B. 3231. São Paulo.

CETESB, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, 1991. **Avaliação do Estado de degradação dos ecossistemas as Baixada Santista**. 32p. São Paulo.

CETESB, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental 1987. **Avaliação da toxicidade de Despejos Industriais na Região da Grande**. São Paulo. 88p. São Paulo.

CHASIN, Alice A. da Matta; PEDROZO, Maria de Fátima Menezes. O estudo da Toxicologia. In: CHASIN, Alice Aparecida da Matta; AZEVEDO, Fausto Antônio. (Org.) **As Bases Toxicológicas da Ecotoxicologia**. São Carlos: Editora Rima. 2003. p. 1-25.

CHASIN, Alice Aparecida da Matta; AZEVEDO, Fausto Antônio. **As Bases Toxicológicas da Ecotoxicologia**. São Carlos: Editora Ria. 2003. 322 p.

CLEZAR, Carlos Alfredo; NOGUEIRA, Antonio Carlos Ribeiro. **Ventilação industrial**. Florianópolis: Ed. UFSC, 1999. 298 p.

CUNHA, Yasmine Moura; FURTADO, Sandra Maria de Arruda. Aspectos da paisagem oleira de morro da fumaça (SC). In SCHEIBE, Luiz Fernando; FURTADO, Sandra Maria Arruda; BUSS, Maria Dolores (Org.). **Geografia Entrelaçadas Ambiente rural e urbano no sul de Santa Catarina**. Florianópolis: Editora da UFSC Editora/UNESC. 2005. p. 315-343.

CÓRDOVA, M.V. **Diagnostico da poluição atmosférica no setor de cerâmica estrutural do município de Morro da Fumaça - SC. 2007.79f**. Trabalho de Conclusão de Curso-Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma.

DERÍSIO, José Carlos. **Introdução ao Controle de Poluição Ambiental**. 2. Ed. São Paulo: Signus, 2007. 164 p.

DIAS, Reinaldo. **Gestão Ambiental**. Responsabilidade Social e Sustentabilidade. São Paulo. Editora Atlas S.A. 2007. 196 p.

DOMINGUES, D.F.; BERTOLETTI, E. Seleção, Manutenção e Cultivo de Organismos Aquáticos. In: ZAGATTO, P.A.; BERTOLETTI, E. (Org.) **Ecotoxicologia Aquática Princípios e Aplicações**. São Paulo: Editora RIMA. 2008. p. 153-184.

EMBRAPA, Agrotóxicos & Ambiente. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2004.400 p.

El-Shahaby AO, Abdel Migid HM, Soliman MI, Mashaly IA 2003. Genotoxicity screening of industrial wastewater using the *Allium cepa* chromosome aberration assay. *Pak J Biol Sci* 6: 23-28.

ESTON, S.M. **Impactos Ambientais na Mineração: Gases e Aerossóis**. Controle Ambiental na Mineração, série didática, São Paulo, v15, 1994.

FERNANDES P.F. OLIVEIRA A.P.N. HOTDO D., **Reciclagem do lodo da estação de tratamento de efluente de uma indústria de revestimentos cerâmicos**.Parte 1:ensaios em laboratório,Revista cerâmica industrial,8(2),março/abril, 2003.

FELLENBERG, Günter. **Introdução aos Problemas da Poluição Ambiental**. Ed. E.P.U. São Paulo, 1980.196 p.

FILMANN, G.E; YUNES. J.S (Eds). Resumo do Encontro de Ecotoxicologia, 1992: Cassino, Rio Grande. RS. In Encontro de Ecotoxicologia, 1992. FURG, 1992.102 p.

FICAGNA, et al.Avaliação da atividade tóxica e genotóxica de percolados de aterro sanitário utilizando *Artemia* sp. e *Allium cepa* L.In:CONGRESSO BRASILEIRO DE GENÉTICA,Águas de Lindóia.**Anais...:sociedade brasileira de genética,2008,p.136.**

FISKESJO, G. The *Allium* test as a standard in environmental monitoring. **Hereditas**, v. 102, p. 99-112, 1985.

FONSECA, A.L. **A biologia das espécies *Daphnia leavis*, *Ceriodaphnia dubis silvestri* (Crustacea, Cladocera) e *Poecilia reticulada* (Pisces, Poeciliidae) e o comportamento destes em testes de toxicidade aquática com efluentes industriais**. 1991.210p. Dissertação (mestrado em Hidráulica e Saneamento). UFSCAR, São Paulo, 1991.

FUNDAÇÃO DO MEIO AMBIENTE DE SANTA CATARINA – FATMA. Portaria nº 017/02 de 18 de abril de 2002. Limites Máximos de Toxicidade aguda para efluentes de Diferentes Origens.

GARCIA, M. **Effects of pesticides on soil fauna: development of ecotoxicological test methods for tropical regions**.2004, 291f.Tese (Doutorado)-Hohen Landwirtschaftlichen Fakultät, Universidad de Bonn.

GREINEVICIUS, V. M.A. de S. **Avaliação da remediação de efluentes de uma indústria têxtil utilizando bioindicadores e biomarcadores**. 2006. 179 f. Dissertação ( Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

GUGLIELMI, C.G. **Análise do Processo Produtivo e Argilas Utilizadas na Fabricação de Blocos pela Cerâmica Flávio Salvan LTDA.2008. 83 p.** Trabalho de Conclusão de Curso-Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma.

ISO 11268-1 International organization for Standardization,1993,Soil quality-Effects of pollutants on earthworms (*Eisenia fetida*) – pat 1:determination of Acut Toxicity Using artificial Soil substrat.Geneva,ISO.

ISO 17512-1 International organization for Standardization,2006,Soil quality-avoidance test for testing The quality of Soils and of chemicals-test with earthworms (*eisenia fetida*).

JARDIM, G.M. **Estudos ecotoxicológicos da água e do sedimento do Rio Corumbataí SP.** 2004. 138 f. Dissertação ( Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de queiros, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

JUNIOR, A.S.de Andrade; KLAR, A.E. Manejo **da Irrigação da Cultura da Alface (*Lactuca sativa*)** Através do Tanque Classe A.Sci. agric .São Paulo,v.54,n.1-2,Jan/Agos.1997.Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-0161997000100005](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-0161997000100005)> em: 07 março de2011.

KNIE, Joachim L.W.; LOPES, Ester W.B. **Testes Ecotoxicológicos: Métodos, técnicas e aplicações.** Florianópolis. 2004. p. 288.

KRIBENSIS. ***Artemia* sp.** Disponível em: <<http://www.kribensis.ki.net/conteudo/artemia.jpg>> Acessado em: 20 de abril de 2011.

LARINI, Lourival. Avaliação Toxicológica. In: LARINI, Lourival (Org) Toxicologia. São Paulo, Editora Manole Ltda.1997.p.43-58.

LEWIS, D, G. **Análise de Variância.** São Paulo, SP: Editora Harbra, 1995, p. 1 -19.

LIMA, Natalia Costa. Caracterização da Atividade Agrícola em Bom Repouso (MG) e Avaliação dos Efeitos Ecotoxicologicos por Meio de Testes com *Eisenia foetida* (Annelida, Oligochaeta). 2006. 83p. Monografia de Graduação Escola de Engenharia de São Carlos-Universidade de São Paulo, São Carlos. Disponível em: <[http://www.tcc.sc.usp.br/tce/disponiveis/.../tce.../Lima\\_Natalia\\_Costa\\_de.pdf](http://www.tcc.sc.usp.br/tce/disponiveis/.../tce.../Lima_Natalia_Costa_de.pdf)> Acessado: 03 março de 2011.

LIMAVERDE, João de Aquino. **A indústria da cerâmica vermelha no Nordeste.** Fortaleza: BNB. ETENE, 1983, 320p.

LOMBARDI, J.V. Fundamentos de Toxicologia Aquática. Instituto de Pesca – SP. Disponível em:< [http://www.aquicultura.br/conceitos\\_fundamentais.htm](http://www.aquicultura.br/conceitos_fundamentais.htm) >Acessado em: em 29 de março de 2011.

LOURENÇO, Nelson Miguel Guerreiro. Características da Minhoca Epígea *Eisenia foetida* - Benefícios, Características E Mais-Valias Ambientais Decorrentes Da Sua Utilização. Disponível em: <<http://www.slideshare.net/FuturambGSR/caractersticas->

da-minhoca-epgea-eisenia-foetida-benefcios-caractersticas-e-maisvalias-ambientais-decorrentes-da-sua-utilizao > Acesso em 25 março de 2011.

MACHADO, P. A. L. Direito ambiental brasileiro. 8. ed. rev. atual. e ampl. São Paulo: Malheiros, 2000. Disponível em: <[HTTP://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/holos/article/.../1087](http://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/holos/article/.../1087)> Acesso em 22 de abril de 2011.

MACINTYRE, Archibald Joseph. . **Ventilação industrial e controle da poluição**. 2 ed. Rio de Janeiro: LTC, c1990. 403 p.

MADEIRA, et al. Avaliação do biopolimento de drenagem ácida de mina através de ensaios toxicológicos e genotoxicológicos, utilizando *Artemia* sp., *Geophagus* brasilienses e DNA plasmidial. In: 55º CONGRESSO DE GENÉTICA, 2009, Águas de Lindóia. **Anais. Águas de Lindóia: Sociedade Brasileira de Genética, 2009, p 16.**

MADEIRA, Rosana Antonio. **Avaliação da atividade tóxica, genotóxica e nucleásica de efluentes dos lavadores de gases de olarias utilizando *Artemia* SP., *Allium Cepa* L. e Plasmidio PBSKII**. 2009. 38 f. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma.

MAGALHÃES, D.P. & FERRÃO-FILHO, A.S. A Ecotoxicologia como ferramenta no biomonitoramento de ecossistemas aquáticos. *Oecol. Bras.*, v. 12, n. 3, p. 355-381, 2008.

MARTINS, Cristina M. T. IV Análise de Variância. In: MARTINS, Cristina M. T. **1º Curso Intensivo de Estatística Computacional**. Coimbra, PT: DMat – Universidade de Coimbra, 2007, p. 13, cap. 4. Disponível em: <<http://www.mat.uc.pt/~cmtm/ECwww/ANOVA.pdf>>. Acessado em 14 de março de 2011.

MAROCO, João. **Análise Estatística: com utilização do SPSS**. Lisboa, PT: Edições Sílabo, 2003, p. 129 – 139. 2º Ed.

MAZZILLI, H. N. Notas sobre o Compromisso de Ajustamento de Conduta. In: 7º Congresso Internacional de Direito Ambiental - Instituto por um Planeta Verde. São Paulo SP, 2 a 3 de jun. de 2003, p. 571- 576.

MEIRELLES, H. L. Mandado de Segurança, Ação Popular, Ação Civil Pública, Mandado de Injunção, "Habeas Data". 19 ed. atual. por Arnaldo Wald. São Paulo: Malheiros, 1998.

MINISTERIO DE MINAS E ENERGIA. **Argilas Brancas e vermelhas**. Disponível em: <[http://www.pormin.gov.br/informacoes/arquivo/argilas\\_branca\\_vermelha\\_propriedades\\_aplicabilidade\\_ocorrencias.pdf](http://www.pormin.gov.br/informacoes/arquivo/argilas_branca_vermelha_propriedades_aplicabilidade_ocorrencias.pdf)>. Acessado em 27 fevereiro de 2011.

MOREIRA, Maria Suely. **Estratégia e Implantação do Sistema de Gestão Ambiental**. Modelo ISO 14000. Belo Horizonte. Editora DG. 2001. 286 p.

NUNES, Maria Edna. **Avaliação dos Efeitos de Agrotóxicos sobre a Fauna Edáfica por meio de Ensaio Ecotoxicológicos com *Eisenia andrei* (Annelida, Oligochaeta) e com a Comunidade natural do Solo**, 2010. Tese de Doutorado – Universidade de São Paulo. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/.../tde.../TeseMariaEdnaTNunes>> Acessado em: 06 de março de 2011.

OECD, Organization for Economic Cooperation and Development, 1984. **Earthworm acuty toxicity tests. Guideline for the testing of chemicals 207**, Paris, France.

OGA, Seizi; SIQUEIRA, Maria Elisa P.B. Introdução à toxicologia. In: OGA, Seizi (Org.). **Fundamentos de Toxicologia**. São Paulo: Editora Atheneu. 2003. p. 3-7.

OWOJORI, O. J., REINECKE, A. J., 2009, “Avoidance behavior of two ecophysiologicaly different earthworms (*Eisenia fetida* and *Aporrectodea caliginosa*) in natural and artificial saline soils”, *Chemosphere*, v. 75, pp. 279-283.

PAGNAN, Sérgio. Atividades Oleiras. **Jornal Atribuna do Dia, Criciúma, 9 março de 2011, Entrevistas 3, p.**

PERIN, Guido. **Ecotoxicologia Integrada Quantitativa**. Joinville. Editora Univille. 2005. 350 p.

PINHEIRO, A.C; MONTEIRO, A.L. **Ciências do Ambiente Ecologia, poluição e impacto ambiental**. São Paulo: Makron Books, 1992. 148 p.

PIZZATTO, A. H. Avaliação Toxicológica da Eficácia do Sistema de Tratamento de Drenagem Ácida de Minas da Empresa Cooperminas Utilizando *Allium cepa* L. *Daphnia magna* e *Artemia* sp. como organismos Bioindicadores. 2010. 67 f. Trabalho de Conclusão de Curso Engenharia Ambiental, UNESC – Universidade do Extremo Sul Catarinense.

RAND, G.M.; PETROCELLI, J.R. **Fundamentals of aquatic toxicity**. McGraw Hill Internation Book Company, 1985. 666p.

RIZZATTI E. **Influencia da geometria do bloco cerâmico no desempenho mecânico da alvenaria estrutural sob compressão**, Universidade Federal de Santa Catarina, Tese de Doutorado em Engenharia Civil, Florianópolis, 2003. Disponível em: <<http://www.ceramicapalmadeouro.com.br/downloads/santos1.pdf>> Acessado em 06 de março 2011.

RODGHER, S. **Avaliação dos Efeitos Ecotoxicológicos dos Metais Cadmo e Cromo em Organismos Planctônicos**. 2005. 252 f. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia. São Paulo, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.

SANTA CATARINA. **Diagnostico do Setor de Cerâmica Vermelha em Santa Catarina**. Florianópolis-SC, 1980. 38p.

SANTA CATARINA. **Diagnostico do Setor de Cerâmica Vermelha em Santa Catarina**. Florianópolis-SC, 1980. 38 p.



SANTA CATARINA. Ministério público de Santa Catarina-MP/SC. **Termo de Ajustamento de Conduta - TAC. Florianópolis: 17 de julho de 2006.** Disponível em: < <http://www.mp.sc.gov.br/portal/site/portal>.> Acessado em 04 de março de 2011.

SANTA CATARINA. **Portaria FATMA nº17**, de 18 de abril de 2002. Estabelece os Limites Máximos de Toxicidade Aguda para efluentes de diferentes origens e da outras providências. Florianópolis: FATMA, 2002.

SCOPE - Scientific Committee on Problems of the Environment. *Report 12: Principles of Ecotoxicology*. 1978. Edited by G.C. Butler, published on behalf of the Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE) of the International Council of Scientific Unions (ICSU) by John Wiley e Sons. Chichester, New York, Brisbane, Toronto. Disponível em: <[http://globalecology.stanford.edu/SCOPE/SCOPE\\_12/SCOPE\\_12.html](http://globalecology.stanford.edu/SCOPE/SCOPE_12/SCOPE_12.html)> em 08 de março de 2011.

SILVA, V.P. Impactos Ambientais da Expansão da Cerâmica Vermelha em Carnaúba dos Dantas-RN. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia – IFRN, Natal, 2007. Disponível em: < [www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/viewFile/.../121](http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/viewFile/.../121)> acessado em: 22 de abril de 2011.

SILVEIRA, et al. **Análise dos Efeitos Tóxicos e Genotóxicos provados pelo Inseticida Carbofuran em *Artemia* sp. e *Allium cepa* L.** In: Congresso de Humanidades de Ciências e Educação, 2008, Criciúma. **Anais...** Criciúma: Universidade do Extremo Sul Catarinense, 2008. UNESC.

SOUSA, Métodos em Ecotoxicologia Marinha: In: NASCIMENTO, Iracema. A; SOUSA, Eduinety Ceci P.M. NIPPER, Marion (Org). **Métodos em Ecotoxicologia Marinha.** Aplicações no Brasil São Paulo: Editora Artes Gráficas e IND.LTDA. 2002. p.9-14.

SOUZA, V. C.; LORENZI, H. **Botânica sistemática:** guia ilustrado para identificação das famílias de angiospermas da flora brasileira, baseado em APG II. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2005. 640 p.

SVENSSON, B.M. et al. *Artemia salina* as test organism for assessment of acute toxicity of leachatewater from landfills. **Environmental Monitoring And Assessment**, v. 102, n.1, p.309-321, 2005.

TOFFOLLI, M.S. **Materiais Cerâmicos.** Universidade de São Paulo. São Paulo, 1997. 43 p.

Universidade Estadual de Ohio. **Departamento de Ciências Horticolas e de Cultura.** Disponível em <[http://www.oard.ohio.state.edu/seedid/imagens/lactuca\\_sativa\\_2.jpg](http://www.oard.ohio.state.edu/seedid/imagens/lactuca_sativa_2.jpg).> Acessado em 20 de abril de 2011.

VIEIRA, Sonia. **Introdução à Bio Estatística.** Rio de Janeiro, RJ: Elsevier, 1980, p. 137 – 153, cap. 13, 3º ed.

WHATEN, T. **Um Guia para o Comércio e Meio Ambiente**. IN: Comércio e Meio Ambiente: Direito, Economia e Política – São Paulo, SP: Secretária do Estado do Meio Ambiente, 1996, p.21-30.

ZAGATO, P.A. Ecotoxicologia. In: ZAGATO, P.A. BERTOLETI, E. (Eds.). **Ecotoxicologia Aquática: princípios e Aplicações**. São Carlos. Editora RIMA. P.1-12. 2008.

ZANDONADI, Alexandre R.; JORDÃO, Marco Antonio P.. Cerâmica Vermelha. **Anuário Brasileiro de Cerâmica, 2002**.



## **ANEXO**

### **Resultados das Análises Físico-Químicas do Efluente**