

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
MESTRADO EM ECOLOGIA E PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL

ALEXANDRE CEZAR BORGES MATTIAZZO

ANÁLISE DA TOXICIDADE E ECOTOXICIDADE DE REVELADOR DE IMAGENS
RADIOGRÁFICAS MÉDICAS DE HOSPITAL PÚBLICO DE GOIÂNIA (GO)

Goiânia

2013

ALEXANDRE CEZAR BORGES MATTIAZZO

ANÁLISE DA TOXICIDADE E ECOTOXICIDADE DE REVELADOR DE IMAGENS
RADIOGRÁFICAS MÉDICAS DE HOSPITAL PÚBLICO DE GOIÂNIA (GO)

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado em Ecologia e Produção Sustentável da Pontifícia Universidade Católica de Goiás como requisito parcial para obtenção do título de Mestre.

Orientadora: Profa. Dra. Cleonice Rocha.

Goiânia

2013

Mattiazzo, Alexandre Cezar Borges.

M444a Análise da toxicidade e ecotoxicidade de revelador de imagens radiográficas médicas de hospital público de Goiânia (GO) [manuscrito] / Alexandre Cezar Borges Mattiazzo. – 2013. 66 f. ; 30 cm.

Dissertação (mestrado) – Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Mestrado em Ecologia e Produção Sustentável, 2013.

“Orientadora: Profa. Dra. Cleonice Rocha”.

1. Testes de toxicidade – Hospitais – Goiânia. 2. Radiografia – Processamento. I. Título.


CDU: 504.5:628.4.047(043)

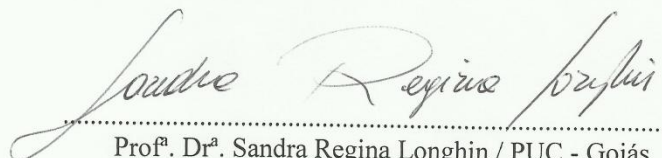
ALEXANDRE CEZAR BORGES MATTIAZZO

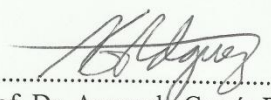
**ANÁLISE DA TOXICIDADE E ECOTOXICIDADE DE REVELADOR DE IMAGENS
RADIOGRÁFICAS MÉDICAS DE HOSPITAL PÚBLICO DE GOIÂNIA (GO)**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DEFENDIDA E APROVADA EM 01 DE MARÇO DE 2013

BANCA EXAMINADORA


.....
Prof.^a. Dr.^a. Cleonice Rocha / PUC Goiás
(presidente-orientadora)


.....
Prof.^a. Dr.^a. Sandra Regina Longhin / PUC - Goiás
(avaliadora interna)


.....
Prof. Dr. Armando García Rodriguez / UFG
(avaliador externo)

Dedico este trabalho a DEUS.

Dedico à família, Waléria minha eterna esposa, Ana Beatriz e Gabriela minhas amáveis filhas.

Dedico aos meus pais, Paulo e Lígia, meus tutores, meus educadores, meus incentivadores, meus...

Dedico aos meus irmãos, Ana Paula, Leandro e Janaína, meus diletos.

Dedico à minha encantadora sobrinha Yamani e ao meu sobrinho Rafael, que está para chegar.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a DEUS pela vida e saúde.

Agradeço à minha família pelo amor e motivação.

Agradeço à Pontifícia Universidade Católica de Goiás pela pós-graduação.

Agradeço à Profa. Dra. Cleonice Rocha pela orientação.

Agradeço ao Prof. Dr. Armando Garcia Rodriguez e Profa. Dra. Sandra Regina Longhin pelo auxílio.

Agradeço aos funcionários do Laboratório de Química pela ajuda.

Agradeço aos funcionários e docentes do Mestrado em Ecologia e Produção Sustentável pela colaboração e ensino.

Agradeço aos colegas de curso pela amizade e companheirismo.

Agradeço a todos que, de uma forma ou de outra, me ajudaram a concluir o mestrado.

*Que aproveita ao
homem ganhar o mundo
inteiro, se vier a perder-se
ou a causar dano a si
mesmo? Lucas 9:25*

RESUMO

O efluente líquido de centros de radiologia médica é poluente e tóxico, podendo resultar em prejuízos ao homem e meio ambiente se descartado na rede coletora de esgotos sanitários sem o prévio tratamento. O presente trabalho objetivou a análise química DBO₅, DQO, prata e sulfato total e, ainda, por meio de bioensaios a determinação do potencial tóxico do resíduo revelador gerado durante a revelação de radiografias médicas. A amostra de resíduo revelador para execução da pesquisa foi coletada em uma das unidades hospitalares pertencentes ao estado de Goiás localizada em sua capital, Goiânia. Os parâmetros DBO₅, DQO, prata e sulfato total foram analisados na amostra com pH natural (9,9) e após sua correção com HCl (1:1) para 8,5. Os bioensaios foram realizados apenas com a amostra após correção do pH e consistiram de análise de crescimento radicular e germinação de sementes de *Allium cepa* L., bem como de avaliação ecotoxicológica utilizando *Artemia salina*. Nos experimentos para avaliação da Taxa de Crescimento Radicular e Taxa de Germinação de Sementes *Allium cepa* L. foram utilizadas as concentrações de resíduo revelador 0; 0,5; 1; 2 e 4% (v/v). Nos ensaios ecotoxicológicos com *Artemia salina* para obtenção da DL₅₀ utilizou-se concentrações 0; 0,25; 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5 e 3% (v/v). Os resultados de DBO₅, DQO e sulfato total (pH 9,9) mostraram-se bem acima dos limites permissíveis pela Saneago. A amostra com o pH 8,5 apresentou valores de DBO₅ 15% e de DQO 25% superiores àqueles encontrados na amostra sem correção do pH. Já a concentração de sulfato total, com a correção do pH para 8,5, adequou-se às normas da Saneago. Em ambas as análises com pH 9,9 e 8,5 o parâmetro prata total não ultrapassou os padrões de qualidade da Saneago para lançamento na rede coletora de esgotos. Foi verificado que o resíduo revelador provoca efeito citotóxico em *Allium cepa* L., inibe o crescimento das raízes e altera sua qualidade. A DL₅₀ (24h) encontrada a partir do ensaio Taxa de Sobrevivência *Artemia salina* é de 0,86% (v/v). Os resultados obtidos mostram que são imprescindíveis melhorias no gerenciamento de resíduos de estabelecimentos de saúde e a adoção urgente de ações que promovam a redução da geração de efluentes radiológicos, como a substituição da técnica convencional de produção de imagem pela digital.

Palavras-chave: toxicidade; efluente radiológico; *Allium cepa* L.; *Artemia salina*.

ABSTRACT

The liquid effluent from medical radiology centers is polluting and toxic and it can result in damage to humans and to the environment when it is discarded in the sanitary sewer system without prior treatment. This study aimed to chemically analyze OBD₅, OCD, silver and total sulphate and also, through bioassays, to determine the toxic potential of the waste generated during the revealing of medical radiographs. The residual sample of this waste, for this research, was collected in one of the hospitals belonging to the state of Goiás, located in its capital, Goiânia. The parameters OBD₅, OCD, silver and total sulphate were analyzed in the sample with natural pH (9.9) and after its correction with HCl (1:1) to 8.5. The bioassays were performed only with the sample after pH correction and they consisted of analysis of root growth and germination seeds of *Allium cepa* L., and also ecotoxicological evaluation using *Artemia salina*. In the experiments, to evaluate the Root Growth Rate and Seed Germination Rate of *Allium cepa* L., revealing residual concentrations of 0; 0.5; 1; 2 and 4% (v/v) were used. In the ecotoxicological assays with *Artemia salina*, used to obtain the DL₅₀, concentrations of 0; 0.25; 0.5; 1; 1.5; 2; 2.5 and 3% (v/v) were used. The results of OBD₅, OCD and total sulphate (pH 9.9) were well above the permitted limits imposed by Saneago. The sample with pH 8.5 was reported to be OBD₅ 15% and OCD 25% higher than those found in the sample without pH correction. Yet, the concentration of total sulphate, with pH correction to 8.5 has adapted to standards of Saneago. In both analyzes with pH 9.9 and 8.5 the total silver parameter did not exceed the quality standards of Saneago for the ones to be released in the sewer system. It was found that the revealing residue causes cytotoxic effect on *Allium cepa* L., inhibits root growth and changes its quality. The DL₅₀ (24h) found from the Survival *Artemia salina* test rate is 0.86% (v/v). The results show that improvements are essential in the management of waste from health facilities as well as the adoption of urgent actions that promote the reduction of radiological effluent generation, such as the replacement of the conventional image production for digital.

Keywords: toxicity, radiological effluent; *Allium cepa* L.; *Artemia salina*.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: Grupo de cebolas com palitos de madeira fixados para apoio em copos plásticos contendo solução controle negativo	37
FIGURA 2: Sementes <i>Allium cepa</i> L. semeadas em placas de Petri forradas no fundo com papel filtro	39
FIGURA 3: Placa de Petri envolvida com saco plástico transparente com objetivo de evitar a evaporação da solução controle e concentrações de resíduo revelador	39
FIGURA 4: Experimento <i>Artemia salina</i> , DL ₅₀ 24h. (A) eclosão de ovos de <i>Artemia salina</i> ; (B) náuplios após 48h do início do processo de eclosão; (C) tubos de ensaio contendo diferentes concentrações de resíduo revelador onde foram expostos os náuplios; (D) náuplios sobreviventes após 24h	41
FIGURA 5: Análise das raízes dos conjuntos controle e concentrações 0,5%, 1%, 2% e 4% (v/v) de resíduo revelador. As linhas horizontais referenciam o somatório dos comprimentos das raízes em mm de cada grupo de acordo com o intervalo de medida (1 ^o , 2 ^o , 3 ^o , 4 ^o e 5 ^o dia)	47
FIGUARA 6: Taxa de crescimento de <i>Allium cepa</i> L.. (A) bulbos cada qual com o prato imerso em água de abastecimento público ou nas concentrações 0,5%; 1%; 2% e 4% (v/v); (B) crescimento radicular de uma das cebolas do grupo controle no 5 ^o dia de experimento; (C) crescimento do grupo de concentração 0,5%; (D) crescimento do grupo de concentração 1%; (E) crescimento do grupo de concentração 2%; (F) crescimento do grupo de concentração 4%	50
FIGURA 7: Germinações nos conjuntos controle e concentrações 0,5%, 1%, 2% e 4% (v/v) de resíduo revelador. As linhas horizontais referenciam o somatório de germinações nas cinco (5) placas de Petri de cada grupo de acordo com o intervalo de medida (5 ^o , 10 ^o e 14 ^o dia)	51
FIGURA 8: Taxa de Germinação de Sementes <i>Allium cepa</i> L.. (A) grupo CN, raízes saudáveis e ausência de mofo; (B) grupo 0,5%, presença de pequenos pontos de mofo; (C) grupo 1%, presença de pontos de mofo; (D) grupo 2%, crescimento inibido das raízes e áreas médias de mofo; (E) grupo 4%, raízes danificadas e manchas maiores de mofo	53
FIGURA 9: Ajuste logarítmico sigmoidal da curva experimental da taxa de sobrevivência das populações de <i>Artemia salina</i> em função das diferentes concentrações de resíduo revelador a que foram expostas, evidenciando a DL ₅₀ (24h) = 0,86%	55

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: Parâmetros DBO ₅ , DQO, prata e sulfato total das análises químicas do resíduo revelador sem correção do pH	43
TABELA 2: Parâmetros DBO ₅ , DQO, prata e sulfato total das análises químicas do resíduo revelador com pH corrigido	44
TABELA 3: Taxa de crescimento radicular <i>Allium cepa</i> L.: número de radículas das cebolas (5 ^o dia de ensaio)	47
TABELA 4: Análise estatística da taxa de crescimento radicular <i>Allium cepa</i> L. referente ao número de radículas ($\alpha = 5\%$)	48
TABELA 5: Taxa de crescimento radicular <i>Allium cepa</i> L.: comprimento médio das radículas (5 ^o de dia de ensaio)	48
TABELA 6: Análise estatística da taxa de crescimento radicular <i>Allium cepa</i> L. referente ao comprimento médio das radículas ($\alpha = 5\%$)	49
TABELA 7: Taxa de germinação de sementes <i>Allium cepa</i> L.: número de germinações (10 ^o de dia ensaio)	52
TABELA 8: Taxa de germinação de sementes <i>Allium cepa</i> L.: número de germinações (14 ^o de dia de ensaio)	52
TABELA 9: Taxa de sobrevivência <i>Artemia salina</i> : porcentagem de sobrevivência (24h de exposição)	54

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1: Ficha de informação de segurança de revelador utilizado em imagiologia, quanto aos danos causados pela hidroquinona	22
QUADRO 2: Ficha de informação de segurança de revelador utilizado em imagiologia, quanto aos danos causados pelo dietilenoglicol	23
QUADRO 3: Estabelecimentos de saúde em Goiânia, Goiás, em 2009	24
QUADRO 4: Equipamentos de imagiologia em Goiânia, Goiás, em 2009	24
QUADRO 5: Estabelecimentos de saúde em Goiás, Brasil, em 2009	25
QUADRO 6: Equipamentos de imagiologia em Goiás, Brasil, em 2009	25
QUADRO 7: Estabelecimentos de saúde no Brasil, em 2009	25
QUADRO 8: Equipamentos de imagiologia no Brasil, em 2009	26
QUADRO 9: Valores limites para lançamento no sistema coletor público de esgotos sanitários adotados pela Saneago	29
QUADRO 10: Taxa de crescimento radicular <i>Allium cepa</i> L.: preparo do controle e diluições testes	37
QUADRO 11: Taxa de germinação de sementes <i>Allium cepa</i> L.: preparo das placas de Petri	40
QUADRO 12: Taxa de sobrevivência <i>Artemia salina</i> : preparo dos tubos de ensaio	42
QUADRO 13: DBO ₅ e DQO de um modelo específico de revelador da fabricante KODAK	45

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANVISA: Agência Nacional de Vigilância Sanitária
CN: Controle Negativo
CONAMA: Conselho Nacional do Meio Ambiente
Corpo receptor: corpo hídrico superficial que recebe que recebe o lançamento de um efluente
DBO₅: Demanda Biológica de Oxigênio, amostra incubada cinco (5) dias a 20°C
DL₅₀ = LD₅₀: Dose Letal para 50% dos organismos
DOU: Diário Oficial da União
DQO: Demanda Química de Oxigênio
ETE: Estação de Tratamento de Efluentes
FISPQ: Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico
HCl: Ácido Clorídrico
IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
L1: Limites Permissíveis – Saneago
LDLo: Dose Letal Mínima
LQ: Limite de Quantificação Experimental
MN: Medicina Nuclear
NaCl: Cloreto de Sódio
NBR: Normas Brasileiras de Referência
OMS: Organização Mundial de Saúde
ONU: Organização das Nações Unidas
pH: Potencial Hidrogeniônico
PUC Goiás: Pontifícia Universidade Católica de Goiás
RDC: Resolução da Diretoria Colegiada – ANVISA
RM: Ressonância Magnética
RSS: Resíduos de Serviços de Saúde
Saneago: Empresa de Saneamento de Goiás
TC: Tomografia Computadorizada
US: Ultrassom
(v/v): concentração volume por volume

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	14
1 REFERENCIAIS TEÓRICOS	17
1.1 A Medicina e os Raios X	17
1.2 Novos Meios de Produção de Imagem	18
1.3 Imagem Digital X Convencional	20
1.4 Geração de Resíduo Radiográfico	20
1.5 Descarte de Resíduo Revelador	21
1.6 Composição do Revelador Radiográfico	22
1.7 Alcance da Radiologia Médica	24
1.8 Normas de Descarte de Resíduo Revelador	26
1.8.1 Legislação Federal	26
1.8.1.1 Resolução CONAMA 357 / 2005	27
1.8.1.2 Resolução CONAMA 358 / 2005	27
1.8.1.3 Resolução CONAMA 430 / 2011	28
1.8.1.4 Resolução ANVISA RDC 306 / 2004	28
1.8.2 Legislação Estadual	29
1.8.2.1 Lei Estadual 8.544 / 1978	29
1.8.2.2 Regulamento dos Serviços de Água e Esgotos Sanitários da Saneago	29
1.9 Estações de Tratamento de Efluentes (ETE)	30
2 OBJETIVOS	32
2.1 Objetivo Geral	32
2.2 Objetivos Específicos	32
3 METODOLOGIA	33
3.1 Obtenção das Amostras	33
3.2 Preparação e Análises das Amostras	33
3.2.1 Medida e Correção do pH	33
3.2.2 Análises Químicas	34
3.2.2.1 Demanda Biológica de Oxigênio (DBO ₅)	34
3.2.2.2 Demanda Química de Oxigênio (DQO)	34
3.2.2.3 Prata (total)	35
3.2.2.4 Sulfato (total)	35
3.2.3 Bioensaios	36
3.2.3.1 Ensaios Toxicológicos	36

3.2.3.1.1 Taxa de Crescimento Radicular <i>Allium cepa</i> L.	36
3.2.3.1.2 Taxa de Germinação de Sementes <i>Allium cepa</i> L.	38
3.2.3.2 Ensaio Ecotoxicológico	40
3.2.3.2.1 Taxa de Sobrevivência <i>Artemia salina</i>	40
3.3 Análises Estatísticas	42
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	43
4.1 Parâmetros DBO ₅ , DQO, prata e sulfato total	43
4.2 Testes Toxicológicos	46
4.2.1 Taxa de Crescimento Radicular <i>Allium cepa</i> L.	46
4.2.2 Taxa de Germinação de Sementes <i>Allium cepa</i> L.	50
4.3 Teste Ecotoxicológico	53
4.3.1 Taxa de Sobrevivência <i>Artemia salina</i>	53
CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS	57
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	61

INTRODUÇÃO

Meio ambiente é definido como “o conjunto de condições e influências naturais que cercam um ser vivo ou uma comunidade, e que agem sobre eles” (Ferreira 2007, p.546). O meio ambiente interfere na vida humana e pode-se entender que a preservação ambiental é um dos caminhos para o bem-estar do homem atual e futuro.

Sendo assim, a produção industrial e até mesmo a manufaturada em obediência à ecologia preservacionista deve abranger processos de produção sustentável transformando minimamente o meio ambiente. Mas a preocupação não para por aí, após o uso do produto ainda é necessário o depósito adequado dos resíduos que algumas vezes, além de poluentes, são tóxicos.

Em meio aos grandes consumidores geradores de resíduos estão os estabelecimentos de saúde. E atenção maior deve ser dada aos resíduos gerados em centros de radiologia, também denominados por departamentos de diagnóstico por imagem ou de imaginologia. Embora a sociedade médica considere a radiologia um recurso de grande importância ao diagnóstico, durante o processo convencional de obtenção de imagens é consumido revelador. A inalação, ingestão e contato com esta substância durante o manuseio ou descarte após a sua utilização são fatores de risco à saúde humana e ao meio ambiente.

Sisinno e Moreira (2005) defendem que a solução para a problemática referente à destinação final de resíduos de estabelecimentos de saúde não somente se dá implementando planos de gerência, mas também por meio de ações de redução da quantidade produzida. A prática da revelação química de imagens radiográficas pode ser substituída por outra que não gera poluente como a técnica de produção de imagem digital, contudo a mudança ainda tem alto custo. E com o crescimento populacional e avanço tecnológico a demanda pelo diagnóstico por imagem vem aumentando consideravelmente.

Na função de coordenador do Curso Técnico em Radiologia de um colégio profissionalizante vistoriei campos de estágios em Goiânia ofertados pelo poder público municipal e estadual, entre os anos de 2006 e 2010, e pude verificar o processamento de imagens radiográficas empregando reveladores e o descarte ao

final de seu ciclo de vida útil, sem prévio tratamento, na rede coletora de esgotos sanitários da cidade.

A ideia precedente a pesquisa foi de verificar o potencial poluente e tóxico dos resíduos de revelador gerados em departamentos de diagnóstico por imagem. Espera-se que os resultados obtidos, aliados a outros existentes, possam contribuir para que a administração pública venha a estabelecer mudança da imagem diagnóstica convencional para a digital em suas seções de imagiologia e incentivar e/ou subsidiar o mesmo nas particulares, promovendo a sustentabilidade socioambiental. Em época presente o suporte científico é essencial para a melhoria da qualidade de vida.

Neste caso, o objetivo do trabalho foi o de confrontar os valores das análises químicas com os permissíveis pela legislação vigente que trata do lançamento de efluentes na rede coletora de esgotos sanitários de Goiânia e constatar se a correção do pH para um ponto qualquer entre 7 e 9 torna o resíduo revelador apto ao descarte no tocante aos parâmetros demanda biológica de oxigênio (DBO_5), demanda química de oxigênio (DQO), prata e sulfato total. Ainda, avaliar a toxicidade e ecotoxicidade através de bioindicadores testes (*Allium cepa* L. e *Artemia salina*) expostos a diferentes concentrações do resíduo revelador.

Para tanto, a amostra do resíduo revelador coletada em uma unidade pública de Goiânia foi submetida às análises químicas DBO_5 , DQO, prata e sulfato total e ensaios toxicológicos. Esta dissertação descreve em referenciais teóricos o momento da inserção da radiação no diagnóstico por imagem, algumas tecnologias atuais de obtenção de imagens tal como a técnica digital que em relação à convencional apresenta a vantagem de não produzir efluentes tóxicos, a problemática do descarte de resíduo de revelador na rede coletora de esgotos, a dimensão atual da radiologia na área da saúde e leis que dispõem sobre o lançamento de efluentes.

No tópico seguinte reporta a metodologia experimental. Logo depois apresenta os resultados obtidos para os valores de DBO_5 , DQO, prata e sulfato total obtidos nas análises químicas da amostra de resíduo revelador ora com o pH 9,9 e outrora 8,5. E os resultados dos testes de toxicidade e ecotoxicidade com o vegetal

Allium cepa L. e microcrustáceo *Artemia salina* realizados com a amostra após correção do pH para 8,5.

E finalizando, também são apresentadas as discussões e conclusões da pesquisa e pautado nos resultados propõe-se maior detalhamento das normas para descarte do resíduo radiográfico, maior empenho da fiscalização sanitária, e ações governamentais alternativas, além de propostas para novas pesquisas.

1 REFERENCIAIS TEÓRICOS

1.1 A MEDICINA E OS RAIOS X

No ano de 1895 o alemão Wilhelm Conrad Röntgen, então professor de física da Universidade de Würzburg, descobriu uma nova radiação e por desconhecer sua natureza a chamou de raios X (MARTINS, 1997). A descoberta dos raios X foi de tão grande repercussão e importância que Röntgen recebeu em 1901 o Prêmio Nobel de Física. Röntgen verificou que os raios X eram capazes de sensibilizar “chapas” radiográficas (MARTINS, 1997) e, deste conhecimento, foi possível pela primeira vez a visualização interna do corpo humano de forma não invasiva (LIMA, 2007). Logo após a sua descoberta, os raios X passaram a ser amplamente utilizados na medicina para se obter radiografias (ALVES, 2007), que na época eram conhecidas como fotografias de Röntgen ou expressões semelhantes (MARTINS, 1997). O próprio Röntgen fez uso de raios X com a finalidade de observar o interior do corpo humano (ALVES, 2007; LIMA, 2007; MARTINS, 1997), conseguiu a radiografia dos ossos da mão humana (ALVES, 2007). Imediatamente após o anúncio da descoberta dos raios X os cientistas contemporâneos de Röntgen se dedicaram ao estudo do novo assunto, “repetindo e aprofundando os primeiros estudos de Röntgen” (MARTINS, 1997, p.81).

A radiografia convencional nada mais é do que uma fotografia – imagem formada da interação da luz com película radiográfica. O processo radiográfico se dá a partir do posicionamento, numa mesma linha, do tubo de raios-X, anatomia de interesse e chassi carregado com filme virgem. Os raios-X emitidos do tubo após perpassarem o paciente chegam ao écran do chassi, tela fluorescente, de onde são emitidos fótons de luz responsáveis por sensibilizar o filme, formando assim a imagem latente que se torna visível e duradoura após a revelação química (FERREIRA, 2007; MACHADO, 2011).

Hoje são poucas as pessoas que atingem a fase adulta sem nunca ter radiografado uma parte de seu corpo. O avanço da tecnologia aplicada à radiologia médica, o crescimento populacional e o desenvolvimento social de hábitos de prevenção são causas do aumento da quantidade de exames radiológicos realizados (LIMA, 2007). São inúmeros os centros de radiologia médica em

funcionamento, além de clínicas especializadas muitos hospitais possuem equipamentos radiológicos, o acesso facilitado também avoluma a realização de exames radiográficos (FREITAS e YOSHIMURA, 2005; OLIVEIRA et al., 2005).

O emprego de técnicas radiológicas tem sido intenso também na veterinária e odontologia. A radiologia é atualmente de grande importância para a medicina mundial, a sua aplicação auxilia equipes médicas de distintas especialidades no diagnóstico e terapêutica.

1.2 NOVOS MEIOS DE PRODUÇÃO DE IMAGEM

Devido ao emprego de novos tipos de energia na produção de imagens médicas muitos estudiosos em suas falas e publicações tem substituído o termo Radiologia Médica por Imaginologia. O emprego de novas energias, computadores e renovações tecnológicas, além do aperfeiçoamento de técnicas existentes, torna possível a criação de novos meios de produção de imagens médicas. A seguir a descrição de alguns dos novos meios de produção de imagens.

Utilizando-se de energia de ondas sonoras pesquisadores conseguiram a primeira imagem médica com ultrassom na década de 1950 (LIMA, 2007). O ultrassom (US) é inaudível ao ouvido humano, porém são ondas sonoras com as mesmas características das audíveis. Ondas sonoras emitidas se propagam pelo corpo e ao atravessarem de uma densidade à outra são refletidas e captadas pelo equipamento de ultrassom e, após processamento computacional, uma imagem dinâmica é projetada na tela quase em tempo real (PEIXOTO et al., 2010).

Em 1977 foi realizada a primeira Ressonância Magnética (RM) humana – método não invasivo de produção de imagem do interior do corpo. O exame de ressonância magnética consiste na composição de imagem diagnóstica por meio da captação de sinais de radiofrequência modificados após interação com átomos do corpo sob ação de forte campo magnético produzido pelo equipamento de RM. Segundo Mazzola (2009, p.117), a RM “se destaca como uma das técnicas [...] que vem permitindo explorar funções cerebrais como a memória, linguagem e controle da motricidade”. Paul C. Lauterbur (USA) e Peter Mansfield (UK) receberam o

Prêmio Nobel de Fisiologia ou Medicina de 2003 pela descoberta da técnica de imagem por ressonância magnética.

No ano de 1979 o engenheiro inglês Godfrey Newbold Hounsfield e o físico e matemático Allan MacLeod Cormack recebiam o Prêmio Nobel de Fisiologia ou Medicina pela invenção do tomógrafo computadorizado (TC): pela primeira vez, com o paciente posicionado entre a fonte de raios X e o detector se iniciava a transmissão de fótons de raios X de diferentes posições (0° a 360°) e a partir das medidas de energia detectadas os coeficientes de absorção dos diversos tecidos eram calculados por algoritmos matemáticos e convertidos numa tela em pontos luminosos brancos, cinzas e pretos, formando a imagem de uma secção plana do cérebro para servir de auxílio diagnóstico (CARVALHO, 2007). Tomógrafos de última geração exibem em poucos minutos imagens 3D de diferentes órgãos, inclusive de vasos sanguíneos (LAUREANO, ZIRRETTA e KOCH, 2002). A “chegada” do computador na radiologia diagnóstica foi de considerável importância, afirma Carvalho (2007).

A primeira contaminação radioativa de humanos destinada à pesquisa médica foi em 1927 (SANTOS-OLIVEIRA e CARNEIRO-LEÃO, 2008). A Medicina Nuclear (MN) é uma especialidade médica que emprega radionuclídeos com finalidade diagnóstica e terapêutica. Usualmente radiofármacos são administrados no próprio paciente e apresenta distribuição para determinados órgãos ou tipos celulares e da detecção da radiação emitida destas localidades inicia-se a formação da imagem: tecnologia nomeada de Medicina Nuclear (SBMN, 2012). O nível de concentração radioativa na região de estudo permite observar o estado fisiológico dos tecidos de forma não invasiva, vantagem sobre muitos exames radiológicos que tem como base a análise morfológica (SBMN, 2012).

As pesquisas vão além de novos meios de aquisição de imagem. A forma de apresentação da imagem diagnóstica à equipe médica tem sido também objeto de pesquisa. A imagem pode ser encaminhada em película radiográfica – revelada quimicamente ou impressa a laser, em papéis específicos, em mídias, transmitidas via e-mail ou, ainda, armazenada em servidores de imagens médicas e acessada de qualquer lugar via internet. As pesquisas consideram que a imagem exibida deve ser

de excelente qualidade, entregue com agilidade, de baixo custo e resultado de um processo sustentável.

1.3 IMAGEM DIGITAL X CONVENCIONAL

Atualmente os departamentos de radiologia médica encontram no mercado aparelhagem moderna com computação gráfica, uma inovação é a obtenção de imagens no formato digital por equipamentos que ainda não contavam com esta tecnologia, como o de radiografia convencional e mamografia (CARESTREAM, 2011a). O uso do equipamento no modo digital, em relação ao convencional, proporciona grandes vantagens como: menor exposição à radiação do paciente e de terceiros; redução de repetições e do tempo de aquisição de imagem; produção de imagens de ótima qualidade que podem ser transmitidas via internet, arquivadas em computadores e em mídias portáteis ou impressas a laser (CARESTREAM, 2011b); e a obtenção de laudos por especialistas de outras regiões (isoladamente ou em teleconferência) num curto espaço de tempo.

A Imaginologia Digital veio para propiciar, além de proteção, economia e maior qualidade, a eliminação da câmara escura onde ocorrem os processamentos radiográficos (SANDERINK, 1993). Entretanto, a substituição do método convencional pelo digital vem ocorrendo lentamente em Goiânia, Goiás, onde muitas unidades médicas do poder público estadual e municipal e de particulares ainda processam radiografias em câmaras escuras.

1.4 GERAÇÃO DE RESÍDUO RADIOGRÁFICO

Sem a tecnologia digital as práticas de revelação radiográfica geram resíduos que são poluentes (BORTOLETTO et al., 2005) e tóxicos (TOPANOTTI, 2010). Embora exista a obrigação de tratamento destes rejeitos imposta pelo poder público (BRASIL, 2004, 2005), muitas vezes isto não ocorre e quando ocorre, os métodos nem sempre são eficazes a ponto de cumprir a legislação (ARAÚJO, 2008). São poucas as instituições que possuem estações de tratamento, a maioria descarta o resíduo radiológico diretamente na rede coletora de esgotos (TOPANOTTI, 2010), e

as estações de tratamento (ETA) públicas nem sempre conseguem tratar águas de corpos d'água receptores de esgotos a ponto de torná-la potável segundo as leis, quando conseguem são por meio de métodos muito caros (UES et al., 2008; WWF-BRASIL, 2006).

Com o aumento da demanda por exames radiológicos, o volume de resíduo revelador descartado eleva. Daí a necessidade de normas regulamentadoras mais rigorosas, alicerçadas em investigações científicas, para o lançamento de efluentes radiológicos em corpos coletores e redes de esgotos.

1.5 DESCARTE DE RESÍDUO REVELADOR

Na radiografia convencional, a imagem latente no filme, formada no ato da exposição à radiação, é transformada em imagem visível e permanente após revelação química (FERREIRA, 2007; MACHADO, 2011). A revelação em processadoras automáticas acontece em quatro etapas: revelação, fixação, lavagem com água e secagem. Segundo a AGFA (2012), observando suas recomendações, utilizando o revelador EcoPos 301, a cada m² de filme revelado, 100mL de revelador descartado deve ser repostado automaticamente pela processadora. Do resíduo fixador pode se extrair a prata para comercialização e os rejeitos, que são poluentes e tóxicos, devem receber o devido tratamento antes de serem lançados fora (GRIGOLETTO et al., 2011).

O descarte feito, pela maioria dos centros de imagiologia médica, de resíduos reveladores na rede de esgotos sem o devido tratamento, tem causado a contaminação de águas e ameaça ao meio ambiente (SISINNO e MOREIRA, 2005). Portanto, devido à necessidade de preservação deste e a crescente demanda por serviços de radiologia médica, torna-se imprescindível maior controle sobre resíduos radiográficos.

1.6 COMPOSIÇÃO DO REVELADOR RADIOGRÁFICO

A imersão da película em revelador é a primeira etapa da revelação radiográfica. Envolvidos com gelatina animal para a sua distribuição homogênea e fixação na base da película radiográfica, os haletos de prata são responsáveis pelo contraste da imagem. Haletos de prata, de acordo com a radiação absorvida, adquirem tons de cinza após a interação com os redutores fenidona e hidroquinona na revelação da imagem. Com a finalidade de possibilitar o alcance dos redutores aos haletos de prata mais internos é utilizado carbonato de cálcio para amolecer e expandir a emulsão de gelatina. O amolecimento excessivo da emulsão, que danifica a imagem, pode ser controlado pelo glutaraldeído. Lembrando que os reveladores podem ser de composição diferente, dependendo do modelo ou fabricante.

Substâncias como hidroquinona, sulfito de potássio, sulfito de sódio, dietilenoglicol, carbonato de sódio, ácido acético, 1-fenil-3-pirazolidinona, glutaraldeído, 5-nitroindazole podem ser encontradas em reveladores radiográficos (CARESTREAM, 2011c).

O Quadro 1 mostra a Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico (FISPQ), da empresa VETEC Química Fina Ltda., onde estão descritos os possíveis efeitos da interação com a hidroquinona.

Quadro 1 - Ficha de informação de segurança de revelador utilizado em imaginologia, quanto aos danos causados pela hidroquinona.

1. Identificação de perigos:

Periculosidade:

Substância nociva por ingestão. Possibilidade de efeitos irreversíveis. Possibilidade de sensibilização em contato com a pele. Muito tóxico para o meio ambiente. Usar instrumentos de proteção adequados.

11. Informações toxicológicas:

Toxicidade aguda:

LD₅₀ (cutânea, rato): >900 mg/kg;

LD₅₀ (oral, rato): 302 mg/kg;

LDLo (oral, humano): 29 mg/kg.

Toxicidade subaguda a crônica:

O seu potencial cancerígeno requer maior clarificação. Há a possibilidade de uma ação mutagênica em seres humanos. As suspeitas baseiam-se nos danos comprovados no nível do material genético das células somáticas em seres humanos ou animais, exigindo ainda uma clarificação definitiva.

Outras informações toxicológicas:

Depois da inalação: Irritação das mucosas, tosse e dificuldade em respirar.
Possíveis consequências: edema pulmonar (período de latência até ao início da ação).

Depois do contato com a pele: Ligeira irritação. Perigo de sensibilização da pele.

Depois do contato com os olhos: Risco de graves lesões oculares. Perigo de opacificação da córnea.

Após ingestão: náuseas, vômitos, diarreia, dispneia, cianose e colapso.

Fonte: <http://www.cpact.embrapa.br/fispq/pdf/Hidroquinona.pdf>. Acesso em: 30/09/2011.

Na FISPQ (Quadro 2) da empresa Bandeirante Brazmo, estão descritos os possíveis efeitos da interação com o dietilenoglicol.

Quadro 2 - Ficha de informação de segurança de revelador utilizado em imaginologia, quanto aos danos causados pelo dietilenoglicol.

Identificação de Perigos:

Perigos mais importantes:

Efeitos do produto:

Efeitos adversos à saúde humana:

Ingestão: Sintomas no sistema nervosos similares aos de inalação, seguidos de respiração ofegante, aumento nas batidas do coração, possível toxidez aos rins, diminuição do volume da urina e severa acidose metabólica.

Olhos: Pode ser irritante.

Pele: Pode ser absorvido e causar danos.

Inalação: Em altas temperaturas fumaças irritantes podem ser liberadas. Pode causar sintomas no sistema nervoso central tais como dor de cabeça, vertigens, náusea, euforia, perda de equilíbrio, perda de consciência, fadiga, sonolência, parada respiratória. Pode causar edema pulmonar se aspirado nos pulmões.

Efeitos ambientais: Miscível com água podendo contaminar esgotos, rios, córregos e outras correntes de água.

Perigos físicos e químicos: Incompatível com oxidantes, ácidos, álcalis.

Perigos específicos: Misturas com o ar provocam riscos de incêndio e explosão.

Classificação do produto químico: Não classificado pela ONU como perigoso para transporte.

Fonte: http://www.bbquimica.com.br/bbq/produtos/content/dietilenoglicol_deg.pdf. Acesso em: 30/09/2011.

Observado o exposto acima pode-se confirmar que o revelador empregado na aquisição de imagens médicas no método convencional merece atenção especial no momento de seu manuseio e descarte.

1.7 ALCANCE DA RADIOLOGIA MÉDICA

O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em seu site, no campo Assistência Médica Sanitária, retrata também a quantidade de estabelecimentos de saúde públicos e privados e de equipamentos de radiologia médica. Navegando pelas páginas da web dos censos de estados brasileiros de 2009 pode-se ter noção de como nos dias de hoje a radiologia é indispensável à medicina (Quadros de 3 a 8).

Em Goiânia, muitos hospitais e laboratórios de análises clínicas contam com centros de radiologia. Em 2009 já existiam 777 estabelecimentos de saúde somente em Goiânia e 263 mamógrafos e equipamentos de raios X (Quadros 3 e 4).

Quadro 3 – Estabelecimentos de saúde em Goiânia, Goiás, em 2009.

Estabelecimento de Saúde TOTAL	777	UNIDADES
Público		
Estabelecimento de Saúde Público FEDERAL	05	UNIDADES
Estabelecimento de Saúde Público ESTADUAL	13	UNIDADES
Estabelecimento de Saúde Público MUNICIPAL	87	UNIDADES
Privado		
Estabelecimentos de Saúde Privado TOTAL	672	UNIDADES

Fonte: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>. Acesso em: 16/09/2012.

Quadro 4 – Equipamentos de imaginologia em Goiânia, Goiás, em 2009.

RADIOLOGIA MÉDICA		
Mamografia	53	UNIDADES
Mamografia com estereotaxia	11	UNIDADES
Densitometria óssea	28	UNIDADES
Tomografia computadorizada	48	UNIDADES
Ressonância magnética	18	UNIDADES
Raios X até 100 Ma	38	UNIDADES
Raios X de 100 a 500 Ma	98	UNIDADES
Raios X mais de 500 mA	63	UNIDADES

Fonte: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>. Acesso em: 16/09/2012.

Grande parte da imaginologia de Goiás (quadros 5 e 6) pertence a sua capital. Quase 26% dos estabelecimentos de saúde, 33% dos equipamentos de raios X, 40% dos mamógrafos, 55% dos tomógrafos e 70% dos aparelhos de

ressonância magnética de Goiás estavam em 2009 na cidade de Goiânia (Quadros de 3 a 4).

Quadro 5 – Estabelecimentos de saúde em Goiás, Brasil, em 2009.

Estabelecimento de Saúde TOTAL	3.011	UNIDADES
Público		
Estabelecimento de Saúde Público FEDERAL	11	UNIDADES
Estabelecimento de Saúde Público ESTADUAL	19	UNIDADES
Estabelecimento de Saúde Público MUNICIPAL	1.547	UNIDADES
Privado		
Estabelecimentos de Saúde Privado TOTAL	1.434	UNIDADES

Fonte: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>. Acesso em: 16/09/2012.

Quadro 6 – Equipamentos de imagiologia em Goiás, Brasil, em 2009.

RADIOLOGIA MÉDICA		
Mamografia	114	UNIDADES
Mamografia com estereotaxia	21	UNIDADES
Densitometria óssea	44	UNIDADES
Tomografia computadorizada	88	UNIDADES
Ressonância magnética	26	UNIDADES
Raios X até 100 Ma	191	UNIDADES
Raios X de 100 a 500 mA	307	UNIDADES
Raios X mais de 500 mA	110	UNIDADES

Fonte: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>. Acesso em: 16/09/2012.

Em 2009, o Brasil possuía 94.070 unidades de saúde e 21.395 aparelhos de mamografia e raios X (Quadros 7 e 8). Acredita-se que os números de 2012 são bem mais expressivos que os de 2009.

Quadro 7 – Estabelecimentos de saúde no Brasil, em 2009.

Estabelecimento de Saúde TOTAL	94.070	UNIDADES
Público		
Estabelecimento de Saúde Público FEDERAL	950	UNIDADES
Estabelecimento de Saúde Público ESTADUAL	1318	UNIDADES
Estabelecimento de Saúde Público MUNICIPAL	49.753	UNIDADES
Privado		
Estabelecimentos de Saúde Privado TOTAL	42.049	UNIDADES

Fonte: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>. Acesso em: 16/09/2012.

Quadro 8 – Equipamentos de imaginologia no Brasil, em 2009.

RADIOLOGIA MÉDICA		
Mamografia	3.296	UNIDADES
Mamografia com estereotaxia	847	UNIDADES
Densitometria óssea	1.358	UNIDADES
Tomografia computadorizada	3.019	UNIDADES
Ressonância magnética	1.199	UNIDADES
Raios X até 100 mA	5.899	UNIDADES
Raios X de 100 a 500 mA	8.618	UNIDADES
Raios X mais de 500 mA	2.735	UNIDADES

Fonte: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>. Acesso em: 16/09/2012.

O volume de resíduo gerado é função da quantidade de exames realizados. Então, se considerada a variação da toxicidade em concentrações diferentes, um elevado número de aparelhos de radiologia numa determinada região pode ser um sinal de que o descarte de resíduos radiográficos merece regulamentação mais severa. No ano de 2009, o estado de São Paulo que ocupa cerca de 3% do território nacional continha 30% dos aparelhos brasileiros de imaginologia.

Como a distribuição da aparelhagem não acontece uniformemente de acordo com a extensão territorial e recursos hídricos, os estados e municípios devem ter suas próprias normas regulamentadoras de descarte de efluentes não menos rigorosas do que as federais.

1.8 NORMAS DE DESCARTE DE RESÍDUO REVELADOR

O descarte de efluentes é regulamentado por órgãos federais, estaduais e municipais. A seguir serão apresentados pontos das normas federais e do estado de Goiás em que se enquadra o descarte de resíduo revelador no município de Goiânia.

1.8.1 Legislação Federal

A busca sobre o descarte de resíduo revelador no âmbito federal abrangeu as resoluções CONAMA 357, 358 e 430, e ANVISA RDC 306.

1.8.1.1 Resolução CONAMA 357 / 2005

Sobre o descarte de efluentes a resolução CONAMA 357 estabelece normas para o lançamento em corpos d'água. Menciona que o descarte pode até ser no solo desde que não resulte na contaminação das águas.

O lançamento direto ou indireto em corpos d'água exige o tratamento do efluente de forma a atender determinações de órgãos ambientais competentes. E em determinados corpos d'água a resolução ordena o controle de toxicidade aos organismos aquáticos, o efluente não deve possuir potencial tóxico e esta caracterização deve provir de bioensaios válidos.

A norma não abrange o descarte de efluentes em rede coletora pública de esgotos, somente em corpos d'água.

1.8.1.2 Resolução CONAMA 358 / 2005

A resolução CONAMA 358 “dispõe sobre o tratamento e a disposição final dos resíduos dos serviços de saúde”, o que inclui o resíduo revelador gerado em centros de radiologia médica. O resíduo revelador, segundo a resolução, pertence ao Grupo B, “que pode apresentar risco à saúde pública ou ao meio ambiente”, consequência de sua toxicidade.

Segundo a resolução 358 o resíduo revelador, por pertencer ao Grupo B, deve receber atenção especial desde a geração até a disposição final, obrigação da unidade de saúde e de seu responsável legal.

A deposição final do resíduo revelador, mesmo tratado, não deve suceder em aterros. A disposição final de resíduos líquidos de unidades de saúde em corpo d'água ou rede pública de esgoto precisa ocorrer em conformidade ao estipulado pelos órgãos competentes ambientais, gestores de recursos hídricos e de saneamento.

1.8.1.3 Resolução CONAMA 430 / 2011

A resolução CONAMA 430 modifica e completa a resolução CONAMA 357 e, ainda, regulamenta o lançamento de efluentes.

Segundo a resolução é permitido o descarte de efluentes médicos na rede coletora de esgotos sanitários se a mesma for conectada a uma ETE e, ainda, em observância às determinações da empresa de saneamento da região. O lançamento do efluente pode também ser em corpo receptor desde que atendido o disposto na Seção III da resolução em questão.

A resolução CONAMA 430 permite que órgãos ambientais providenciem bioensaios com o propósito de identificar a necessidade de controlar a emissão em unidades geradoras de efluentes poluentes e tóxicos. Na avaliação da toxicidade do efluente os ensaios de ecotoxicidade deverão ser realizados com organismos aquáticos de dois (2) níveis tróficos, entretanto o órgão ambiental responsável fundamentado em pesquisas anteriores poderá reduzir a um (1) nível trófico com a finalidade de monitoramento.

O efluente tratado, para o seu descarte em corpo receptor, não deve apresentar valor maior a $0,1\text{mgL}^{-1}$ de concentração de prata total e DBO_5 a 20°C superior a 120mgL^{-1} . O pH do efluente deve se encontrar entre 5 e 9.

1.8.1.4 Resolução ANVISA RDC 306 / 2004

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), por meio de sua resolução RDC 306 regulamenta o gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde (RSS).

O resíduo revelador para ser lançado na rede coletora de esgotos ou corpo receptor necessita ter seu pH corrigido para um valor entre 7 e 9, expõe a resolução. O descarte não deve contrariar as diretrizes de órgãos ambientais, gestores de recursos hídricos e de saneamento competentes.

É preciso tratar o resíduo revelador antes de seu descarte na rede coletora de esgotos ou corpo receptor. A resolução conceitua “tratamento” como a metodologia de redução ou eliminação do potencial contaminante, nocivo aos trabalhadores e meio ambiente. E divulga que o tratamento pode ser no próprio local gerador ou externo, observadas, a segurança destinada ao transporte.

1.8.2 Legislação Estadual

1.8.2.1 Lei Estadual 8.544 / 1978

A Lei proíbe a poluição das águas, ar ou solos, porém de maneira geral. Especificamente sobre a disposição final de resíduos de serviços de saúde, em especial os de radiologia médica, a norma é omissa.

1.8.2.2 Regulamento dos Serviços de Água e Esgotos Sanitários da Saneago

A Saneago estabelece valores máximos de parâmetros pH, DBO₅, DQO, sulfato e prata total para o lançamento de efluentes na rede coletora de esgotos do Estado que converge para ETE, conforme Quadro 9.

Quadro 9 – Valores limites para lançamento no sistema coletor público de esgotos sanitários adotados pela Saneago.

VALORES LIMITES PARA LANÇAMENTO NO SISTEMA COLETOR PÚBLICO DE ESGOTOS SANITÁRIOS (NBR 9800 / 1987)			
Item	Parâmetro	Unidade	Limites máximos (exceto pH)
01	pH	-	De 6 a 10
03	DBO ₅	mgL ⁻¹	300
04	DQO	mgL ⁻¹	450
22	Prata total	mgL ⁻¹	1,5
24	Sulfato	mgL ⁻¹	1000

Notas:

01) Poderão ser admitidos efluentes com valores de DBO₅ ou DQO que excedem até 10% (dez por cento) aos determinados na tabela acima.

03) O somatório das concentrações dos metais a seguir relacionados, deverá apresentar um valor máximo total de 20mgL⁻¹. São eles: arsênio, cádmio, chumbo, cobre, estanho, mercúrio, níquel, prata, selênio e zinco.

05) Os Parâmetros apresentados na tabela acima devem ser determinados conforme a última edição do “Standard Method for the Examination of Water and Wastewater”.

06) Os efluentes líquidos cujas características não atendam aos requisitos apresentados devem ser submetidos a um tratamento prévio, objetivando adequá-los para o lançamento no Sistema Coletor de Esgoto Sanitário.

Fonte: <http://www.saneago.com.br/site/?id=esgoto11&tit=esgoto>. Acesso em: 05/10/2012.

É condicionado ao tratamento o efluente em desconformidade com o apresentado no Quadro 9 para se ajustar aos padrões Saneago de despejo em rede coletora de esgotos.

1.9 ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE EFLUENTES (ETE)

As Estações de Tratamento de Efluentes (ETE) são pontos de saneamento básico. A Organização Mundial de Saúde (OMS) define saneamento como sendo o tratamento de todo material que pode alterar o bem-estar físico, mental e social humano.

Segundo Jordão e Pessôa (2005), ecologia, sociedade, saúde pública, economia, tecnologia, e qualidade e uso das águas são importâncias a serem ponderadas por uma ETE contemporânea com a finalidade de garantir a estabilidade do ecossistema, ou seja, manter o equilíbrio entre comunidade e natureza.

De acordo com a Legislação Ambiental, o descarte do resíduo revelador pode ocorrer em rede coletora de esgotos conectada a uma ETE, desde que antes passe por um processo de pré-tratamento. Entretanto, o tratamento prévio pela unidade geradora e posterior pela ETE de efluentes poluentes não tem eficiência máxima igual a 100%, o que pode um dia tornar águas impróprias aos organismos aquáticos e consumo humano.

As ETE, para a medida de sua eficiência, realizam análises de determinados parâmetros do efluente antes e depois de tratado. Alguns desses parâmetros de qualidade são o potencial hidrogeniônico (pH), demanda biológica ou bioquímica de oxigênio (DBO₅), demanda química de oxigênio (DQO) e presença de prata e

sulfato, que fora de uma faixa de valores (padrões de qualidade) podem ocasionar desequilíbrio na região de lançamento.

Jordão e Pessôa (2005) dizem que o valor de pH do efluente influencia no processo de tratamento, em especial “na digestão anaeróbia e nos processos oxidativos” e, após o lançamento, na vida de organismos aquáticos do corpo receptor. Que a DBO_5 do efluente medida na entrada e saída da ETE associada à capacidade de autodepuração do corpo receptor deve ser considerada no planejamento da ETE, para limitar alterações no ecossistema. E que reações envolvendo o íon sulfato () geram mau cheiro e corrosões nas estruturas em concreto por onde passam os esgotos.

O que fazer com os esgotos sem causar prejuízos ao próprio homem e a natureza? Atenção a esta questão não tem sido dada somente por profissionais da área de saneamento, mas também por ONG e a sociedade (JORDÃO e PESSÔA, 2005).

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Verificar o potencial poluente e tóxico do resíduo revelador utilizado em clínicas de imaginologia.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Coletar amostra do descarte de revelador em unidade médica do estado de Goiás, localizada no município de Goiânia, e caso necessário corrigir o pH para valor entre 7 e 9.

Proceder a análise química do resíduo revelador coletado, antes e depois de corrigido o pH, para determinar os parâmetros DBO, DQO, prata e sulfato total e confrontar os resultados obtidos com os limites permissíveis pela legislação pertinente.

Analisar a toxicidade e precisar as concentrações mínimas de efluente revelador que propiciam riscos ao homem e meio ambiente, por meio de bioensaios com o microcrustáceo *Artemia Salina* e o vegetal *Allium Cepa* L. e suas sementes.

3 METODOLOGIA

3.1 OBTENÇÃO DAS AMOSTRAS

As amostras foram obtidas em uma unidade médica pública de Goiânia, no setor de radiologia, que atende 24h/dia.

Enquanto ocorre a revelação radiográfica a própria processadora descarta e repõe o revelador de maneira automática. Na clínica, a ponta da mangueira de descarte do resíduo revelador foi conectada a um galão de 20L específico para a coleta de resíduo revelador, durante 48h. Uma amostra de 10L foi coletada, levada ao Laboratório de Química da PUC Goiás com a finalidade de preparação e distribuição para as análises e ensaios propostos, e armazenada sob refrigeração até seu uso. O transporte, à temperatura ambiente, não permitiu evaporação e nem interação da amostra com a luz e durou cerca de 20min.

Da amostra coletada, 1,5L destinaram-se às análises dos parâmetros de DBO₅, DQO, prata e sulfato total. O restante foi encaminhado para correção do pH e bioensaios. Sempre antes das retiradas de amostras de resíduo do galão, procedeu-se a homogeneização.

3.2 PREPARAÇÃO E ANÁLISES DAS AMOSTRAS

3.2.1 Medida e Correção do pH

A medida do pH da amostra de resíduo revelador deu-se por meio da técnica analítica de potenciometria direta, conforme descrita em STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER (APHA, 2005). O pH obtido de 9,9 foi corrigido para 8,5 com HCl (1:1).

Após correção do pH, as amostras foram armazenadas em frascos de cor âmbar, previamente higienizados conforme as normas do Laboratório de Química da PUC Goiás e mantidas sob refrigeração até serem utilizadas. Estas amostras foram submetidas ao ensaio ecotoxicológico com *Artemia salina* e ao ensaio toxicológico com *Allium cepa* L. e determinação de parâmetros DBO₅, DQO, prata e sulfato total.

3.2.2 Análises Químicas

O resíduo revelador coletado de pH igual a 9,9 e parte dele com pH corrigido a 8,5, foram submetidos às análises químicas DBO₅, DQO, prata e sulfato total por laboratório terceirizado. As análises químicas foram realizadas de acordo com o recomendado em STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER (APHA, 2005).

3.2.2.1 Demanda Biológica de Oxigênio (DBO₅)

A DBO₅ consiste na medida do consumo de oxigênio durante os processos biológicos ou bioquímicos de decomposição da matéria orgânica em condições específicas durante cinco (5) dias consecutivos.

A amostra, em béquer, teve seu pH acertado para $7,0 \pm 0,5$ com solução de H₂SO₄. Em seguida, com pipetas volumétricas a amostra preparada foi distribuída em frascos de DBO₅ devidamente identificados que, depois de cheios de água preparada para ensaio, foram tampados e homogeneizados para retirada de bolhas de ar, alcançando o estado para realização da medida inicial de oxigênio dissolvido. Logo depois, os frascos tampados e com os selos hídricos foram completados com água deionizada e incubados a $20 \pm 1^\circ\text{C}$ por cinco (5) dias. Ao final deste período foi realizada a leitura final de oxigênio dissolvido. A DBO₅ é a diferença das medidas final e inicial de oxigênio dissolvido.

3.2.2.2 Demanda Química de Oxigênio (DQO)

O método de determinação da DQO foi o colorimétrico de refluxo fechado. Esta metodologia analisa a modificação da coloração da amostra, em um espectrofotômetro, após a redução de Cr⁶⁺ a Cr³⁺ por oxidação da matéria orgânica.

Na preparação das amostras para o experimento foi utilizada a solução digestora K₂Cr₂O₇ (0,40mol/L) em meio ácido, contendo Ag₂SO₄ (0,02mol/L) como

catalisador e HgSO_4 (0,20mol/L) para eliminar a interferência de cloretos presentes na amostra. O processo ocorreu em equipamento digestor a 150°C por um período de 2h.

Em um espectrofotômetro foram realizadas as medias de absorção de radiação (600nm) pela amostra digerida. E as quantidades DQO foram obtidas por comparação entre as absorções e a curva de calibração proposta na metodologia.

3.2.2.3 Prata (total)

As análises foram realizadas por espectrometria de absorção atômica modalidade chama.

As amostras passaram por digestão ácida oxidativa com $\text{HNO}_3/\text{H}_2\text{O}_2$. A preparação da amostra ocorreu em cinco etapas: na primeira a amostra adicionada a HNO_3 (1:1) foi aquecida em bloco digestor a $95\pm 5^\circ\text{C}$ durante 10min; na segunda, a amostra resfriada recebeu mais HNO_3 (1:1) e foi aquecida nas mesmas condições por 12h; na terceira, adicionou à amostra água destilada e H_2O_2 e novamente foi aquecida nas mesmas condições num período de 1h; na quarta, em seguida ao resfriamento total, parcelas de H_2O_2 foram acrescentadas até que não mais houvesse emissão gasosa e mudança de cor; e na quinta e última, efetuou-se a diluição com água deionizada.

Com o equipamento de espectrometria ajustado para análise de Ag, foram realizadas as medidas de absorção da radiação. O confronto entre as intensidades de absorção de radiação e a curva de calibração específica para prata forneceram os valores nas amostras de prata total.

3.2.2.4 Sulfato (total)

A determinação do sulfato total presente nas amostras (pH 9,9 e 8,5) de resíduo revelador ocorreu pela análise turbidimétrica. Este método consiste na medida da turbidez formada pela reação do cloreto de bário com o sulfato presente

na amostra, em meio ácido, formando sulfato de bário, que fica em suspensão turvando a solução.

As amostras de resíduo revelador, cada qual com seu pH, misturadas com cloreto de bário foram transferidas para recipientes próprios para a realização das medidas. Em seguida, foram determinadas as absorvâncias em espectrofotômetro ajustado para emissão de luz de comprimento de onda igual a 410nm. Da curva absorvância versus concentração da solução teste (obtida na calibração do espectrofotômetro) e das absorvâncias medidas foram determinadas as concentrações de sulfato total.

3.2.3 Bioensaios

3.2.3.1 Ensaio Toxicológicos

Os ensaios toxicológicos consistiram de medidas da taxa de crescimento radicular e da taxa de germinação de sementes de *Allium cepa* L..

3.2.3.1.1 Taxa de Crescimento Radicular Allium cepa L.

O ensaio de taxa de crescimento radicular *Allium cepa* L. (cebola comum), seguiu a metodologia proposta por Fiskesjö (1985).

As cebolas (*Allium cepa* L.) foram escolhidas no mercado local em observância à homogeneidade quanto à massa e tamanho, indivíduos jovens e saudáveis de um mesmo lote. Em seguida suas folhas secas foram retiradas, a região das raízes foi raspada e finalmente foram lavadas com água de abastecimento público. Procedeu-se a retirada de folhas e raspagem de raízes secas com o uso de bisturi de forma a favorecer o brotamento de novas raízes após estímulo.

Palitos de madeira (finos e roliços) foram fixados nas cebolas e serviram como suporte sobre copo plástico (de 200mL) contendo o controle negativo (Figura 1) e soluções testes.

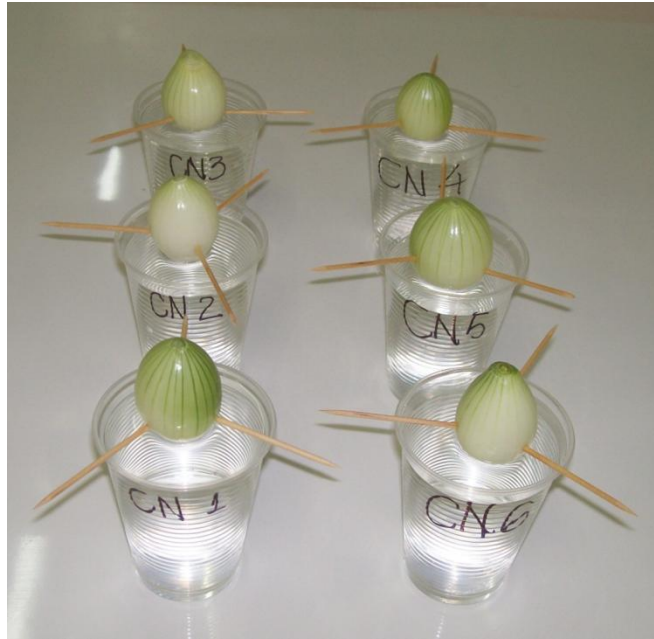


Figura 1. Grupo de cebolas com palitos de madeira fixados para apoio em copos plásticos contendo solução controle negativo.

Foi empregado como controle negativo água de abastecimento público. E como concentrações teste diluições de resíduo revelador nas percentagens 0,5; 1; 2 e 4% (v/v). Foram usados no ensaio trinta (30) conjuntos cebola-copo, sendo seis (6) para o grupo controle negativo, seis (6) para cada concentração teste (Quadro 10).

Quadro 10 – Taxa de crescimento radicular *Allium cepa* L.: preparo do controle e diluições testes.

PREPARO DO CONTROLE E DILUIÇÕES TESTES			
Concentração* (%)	CONTEÚDO		
	Resíduo revelador (mL)	Água de abastecimento público (mL)	Grupo
CN**	Zero	1500,0	CN
0,5	7,5	1492,5	0,5
1,0	15,0	1485,0	1
2,0	30,0	1470,0	2
4,0	60,0	1440,0	4

*Concentração de resíduo revelador em água de abastecimento público;

**Controle negativo.

Depois de preparados, os conjuntos cebola-copo ficaram dispostos sobre bancada, afastados uns dos outros e identificados como grupo controle negativo (CN), grupo 0,5 – concentração 0,5%, grupo 1 – concentração 1%, grupo 2 –

concentração 2% e grupo 4 – concentração 4% (Quadro 10). O nível de água ou diluição nos copos foi controlado de 24 em 24h, de forma a garantir que apenas o anel de brotamento da cebola permanecesse encoberto com a solução evitando o seu apodrecimento. No período de ensaio houve a troca de posição entre os conjuntos cebola-copo na tentativa de homogeneizar as condições de estímulo ao crescimento radicular e ao brotamento de radículas no tocante a diferença de temperatura e de exposição à luz solar.

Cada cebola, somando seis (6) por grupo e trinta (30) no total, em intervalos de 24h, até o quinto (5^o) dia de ensaio, tiveram analisadas as raízes com relação à quantidade e comprimento. A contagem foi realizada visualmente e para a medida do comprimento utilizou-se paquímetro digital de precisão 0,01cm.

Todo o material de laboratório (equipamentos e acessórios) foi previamente higienizado conforme as normas do Laboratório de Química da PUC Goiás.

3.2.3.1.2 Taxa de Germinação de Sementes *Allium cepa* L.

O experimento de taxa de germinação de sementes *Allium cepa* L. aconteceu baseado na metodologia pesquisada por Nishimura e Nakamura (1984) no Laboratório de Química da PUC Goiás, com algumas adequações, conforme descrito a seguir:

Placas de Petri de 9,0cm foram lavadas com detergente e enxaguadas com água de abastecimento público e em seguida com água deionizada, embaladas em papel manteiga, submetidas à esterilização em autoclave.

Após esterilização o fundo das placas de Petri foi revestido com papel filtro de aproximadamente 9,0cm de diâmetro. Em seguida foram adicionados 5mL de solução controle ou teste nas concentrações 0,5%; 1,0%; 2% e 4% (v/v) de resíduo revelador e, finalmente, distribuídas 20 sementes de *Allium cepa* L. igualmente espaçadas (Figura 2). As sementes de *Allium cepa* L. foram adquiridas em armazém agrícola local.

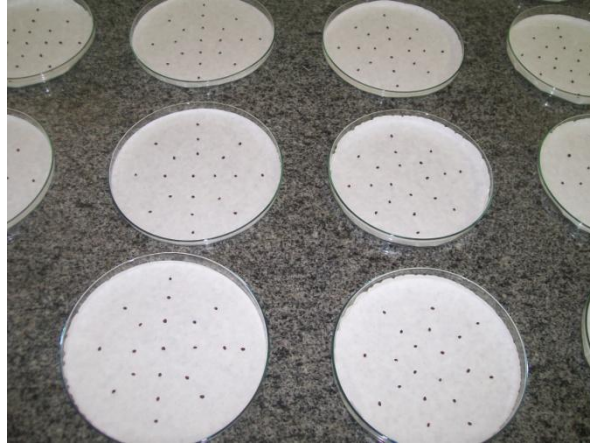


Figura 2. Sementes *Allium cepa* L. semeadas em placas de Petri forradas no fundo com papel filtro.

Para evitar a evaporação, após a semeadura, as placas de Petri foram envolvidas com saco plástico transparente (Figura 3). Em intervalos de 24h, as placas eram trocadas de lugar no intuito de homogeneizar as condições de germinação.

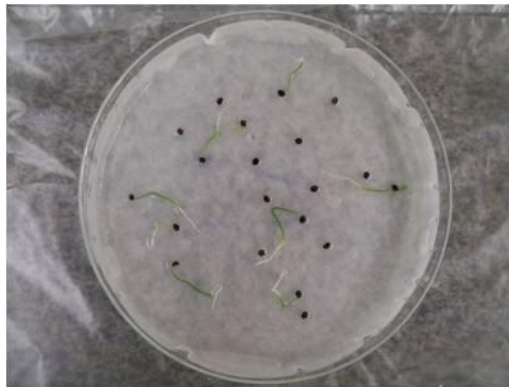


Figura 3. Placa de Petri envolvida com saco plástico transparente com objetivo de evitar a evaporação da solução controle e concentrações de resíduo revelador.

O Quadro 11 mostra as condições gerais do ensaio.

Quadro 11 – Taxa de germinação de sementes *Allium cepa* L.: preparo das placas de Petri.

PREPARO DAS PLACAS DE PETRI			
Concentração* (%)	CONTEÚDO		PLACAS PETRI (unid.)
	SOLUÇÃO (mL)	SEMENTES	
CN**	5,0	20	5
0,5	5,0	20	5
1,0	5,0	20	5
2,0	5,0	20	5
4,0	5,0	20	5

*Concentração de resíduo revelador em água deionizada; **Controle negativo.

Como controle negativo utilizou-se água deionizada. As soluções testes são as mesmas do bioensaio de taxa de crescimento radicular, conforme mostrado no Quadro 10, porém a diluição ocorreu com água deionizada.

A contagem das sementes germinadas ocorreu diariamente num período de quatorze (14) dias, sempre no mesmo horário. Foram consideradas para contagem as sementes germinadas com radícula de qualquer extensão.

Todo o material de laboratório (equipamentos e acessórios) foi previamente preparado conforme as normas do Laboratório de Química da PUC Goiás.

3.2.3.2 Ensaio Ecotoxicológico

3.2.3.2.1 Taxa de Sobrevivência *Artemia salina*

Os ensaios ecotoxicológicos foram realizados com bioindicador *Artemia salina*, segundo metodologia descrita por Meyer et al. (1982).

Inicialmente, providenciou-se a eclosão de 1g de ovos de *Artemia salina* em 100mL de solução salina contendo 3,5% de sal marinho. A solução foi aerada constantemente e manteve-se luminosidade por meio de lâmpada fluorescente (20W) distante 20cm. O sal marinho e os ovos de *Artemia salina* foram comprados no comércio local, observando a qualidade e data de vencimento.

Após 48h do início da eclosão separou-se os náuplios a serem utilizados (Figura 4). Os testes foram realizados em quintuplicata (5x) com sete (7) concentrações do revelador (Quadro 12) e o controle.

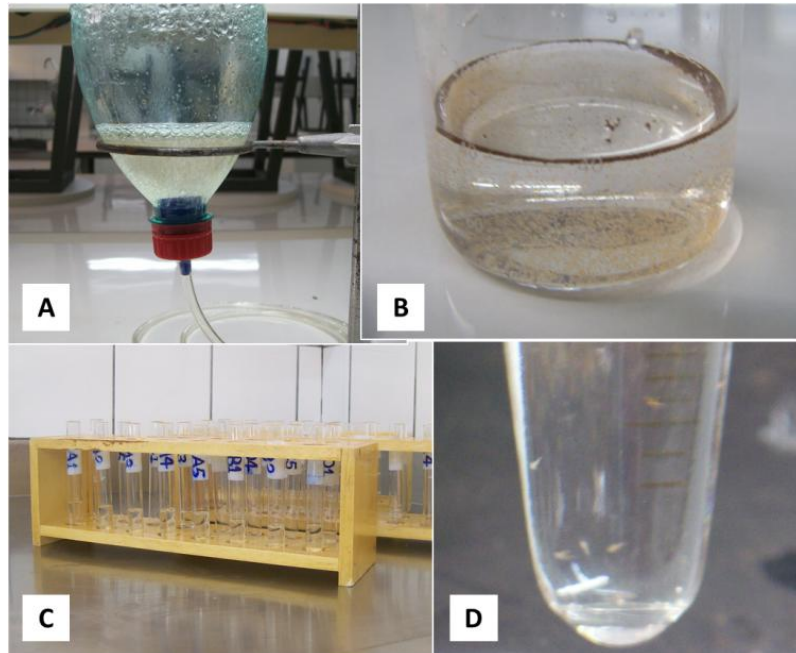


Figura 4. Experimento *Artemia salina*, DL₅₀ 24h. (A) eclosão de ovos de *Artemia salina*; (B) náuplios após 48h do início do processo de eclosão; (C) tubos de ensaio contendo diferentes concentrações de resíduo revelador onde foram expostos os náuplios; (D) náuplios sobreviventes após 24h.

Inicialmente, cada tubo de ensaio do grupo controle ou teste contendo 50µL de NaCl (3,5%) recebeu dez (10) exemplares de náuplio de *Artemia salina* pescados aleatoriamente com pipeta de Pasteur de vidro e foi completado com solução NaCl (3,5%) até o nível 100µL. Em seguida, a cada tubo de ensaio foi adicionado volume previamente calculado do resíduo revelador na concentração de 30% (solução mãe) de modo a se obter a concentração de investigação desejada (Quadro 12).

Quadro 12 – Taxa de sobrevivência *Artemia salina*: preparo dos tubos de ensaio.

PREPARO DOS TUBOS DE ENSAIO				
Concentração* (%)	CONTEÚDO			TUBOS (unid.)
	Solução mãe (µL)	NaCl; 3,5% (µL)	Náuplios (unid.)	
CN**	0	100,0	10	5
0,25	8,3	100,0	10	5
0,5	16,7	100,0	10	5
1,0	33,3	100,0	10	5
1,5	50,0	100,0	10	5
2,0	66,7	100,0	10	5
2,5	83,3	100,0	10	5
3,0	100,0	100,0	10	5

*Concentração (v/v) de resíduo revelador em água salina (3,5% de NaCl); **Controle negativo.

A transferência da solução mãe para os tubos de ensaio ocorreu por meio de micropipetas específicas para tal fim.

Os tubos de ensaio permaneceram no Laboratório de Química dispostos em suportes de madeira sobre bancada, expostos à luz de lâmpada fluorescente (20W) distante 20cm, por 24h, quando se deu a contagem de náuplios mortos ou sem se movimentar por mais de 10s.

Todo o material de laboratório (equipamentos e acessórios) foi previamente preparado conforme as normas do Laboratório de Genética da PUC Goiás.

3.3 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

As metodologias utilizadas para a análise estatística dos resultados obtidos nos bioensaios Taxa de Crescimento Radicular e de Germinação *Allium cepa* L. foram Análise de Variância ANOVA e teste de Tukey. O cálculo da DL₅₀ (24h) para o bioensaio *Artemia salina* ocorreu por meio do programa Origin8 da OriginLab Corporation.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Uma condição para que haja a revelação da imagem latente em filmes radiográficos é o pH alcalino (FERREIRA, 2007; PISTÓIA et al. 2004). O pH medido na amostra de resíduo revelador coletado para análise foi 9,9. Maior pH pode ser visto na caracterização do resíduo revelador proveniente dos serviços odontológicos do Hospital Universitário de Maringá realizada por Bortoletto et al. (2005), pH igual a 10,9.

Como proposto, parte da amostra foi encaminhada para as análises químicas e bioensaios com o pH corrigido para um valor entre 7 e 9.

4.1 PARÂMETROS DBO₅, DQO, PRATA E SULFATO TOTAL

Os resultados das análises dos parâmetros DBO₅, DQO, prata e sulfato total em pH 9,9 e 8,5 estão apresentados nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1 – Parâmetros DBO₅, DQO, prata e sulfato total das análises químicas do resíduo revelador sem correção do pH.

ENSAIOS REALIZADOS (pH 9,9)	RESULTADO mgL ⁻¹	L1 mgL ⁻¹	LQ mgL ⁻¹
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO ₅)	150.000,00	300,0	0,200
Demanda Química de Oxigênio (DQO)	213.750,00	450,0	0,030
Prata (total)	0,69	1,5	0,004
Sulfato (total)	5.300,00	1.000,0	0,110

L1 – Limites adotados pela Saneago, descritos em Critérios de Lançamento de Efluentes da NBR 9800:1987 da ABNT; e LQ – Limite de Quantificação experimental.

Sem a correção do pH os valores de DBO₅, DQO e sulfato (total) se mostraram, respectivamente, 500, 475 e 5,3 vezes acima dos impostos pela Saneago como condição para o descarte de efluentes na rede coletora de esgotos sanitários. Somente a prata (total) ficou abaixo do limite L1.

De acordo com Dagon (1973) apud Stalikas et al. (2001, p.3845), uma característica dos resíduos radiográficos é a DQO elevada (cerca de 200gL⁻¹). A DQO medida foi 213,75gL⁻¹ (Tabela 1), valor condizente com os achados na literatura.

Tabela 2 – Parâmetros DBO₅, DQO, prata e sulfato total das análises químicas do resíduo revelador com pH corrigido.

ENSAIOS REALIZADOS (pH 8,5)	RESULTADO mgL ⁻¹	L1 mgL ⁻¹	LQ mgL ⁻¹
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO ₅)	172.500,00	300,0	0,200
Demanda Química de Oxigênio (DQO)	265.600,00	450,0	0,030
Prata (total)	0,61	1,5	0,004
Sulfato (total)	900,00	1.000,0	0,110

Na análise do resíduo revelador, com o pH corrigido, o sulfato mostrou-se abaixo da concentração estabelecida pelas normas da Saneago. Porém, o enxofre está presente tanto em reveladores quanto em filmes radiográficos em quantidades que variam conforme fabricante e modelo. O valor de sulfato encontrado em resíduo revelador odontológico por Bortoletto et al. (2005) foi de 10.815mgL⁻¹, mais que o dobro encontrado no resíduo revelador médico destinado ao presente estudo que foi de 5.300mgL⁻¹ (Tabela 1).

Já a prata estabeleceu-se abaixo do determinado pela Saneago não somente na análise da amostra com o pH corrigido mas também na análise sem a correção do pH. Entretanto, Bortoletto et al. (2005) encontrou 2mgL⁻¹ de prata em resíduo revelador odontológico, superior 33% o permitido pela Saneago (Quadro 9) e quase três (3) vezes o detectado nesta pesquisa que foi de 0,69mgL⁻¹ (Tabela 1).

O contrário ocorreu com os parâmetros DBO₅ e DQO. As leituras de DBO₅ e DQO relativas à amostra com pH 9,9, já situadas acima do padrão Saneago, aumentaram após a correção do pH para 8,5. O valor de DBO₅ cresceu 15% e de DQO aproximadamente 25% (Tabela 2).

Os padrões de qualidade para o lançamento em corpos d'água citados na legislação federal para a DBO₅ e prata são mais rigorosos que os da Saneago para o lançamento na rede coletora de esgotos no município de Goiânia. Segundo a resolução CONAMA 430 para o descarte em corpo d'água o efluente não deve apresentar valor maior do que 0,1mgL⁻¹ de concentração de prata total e DBO₅ a 20°C superior a 120mgL⁻¹, enquanto para a Saneago os padrões de qualidade prata total e DBO₅ a 20°C são respectivamente 1,5mgL⁻¹ e 300mgL⁻¹.

O descarte no esgoto do resíduo revelador coletado para a pesquisa, dos parâmetros analisados, não infringe ao disposto pela Saneago somente em relação à prata total. Depois de corrigido o pH para 8,5 a concentração de sulfato total diminuiu a um valor aceito pela Saneago, continuando a DBO₅ e DQO como entraves. Entretanto, mesmo com o pH corrigido para 8,5, para o lançamento direto em corpo receptor, as concentrações de prata e sulfato total se encontram acima do permitido por normas federais.

A RDC 306 da ANVISA determina que o pH de resíduos de reveladores radiográficos deve estar entre 7 e 9 para o lançamento no esgoto, a Saneago permite o descarte de efluentes com pH na faixa de 6 a 10. Contudo, a correção do pH de 9,9 para 8,5 com HCl (1:1) não tornou o resíduo revelador apto para o descarte na rede coletora de esgotos nem em corpos d'água que percorrem o estado de Goiás. Isto sugere que o resíduo revelador empregado na imagiologia, para o descarte na rede coletora de esgoto ou em corpo receptor, deve receber tratamento especial a fim de não causar danos ambientais.

A possibilidade de danos à fauna e a flora proveniente do descarte de resíduo revelador sem o devido tratamento pode ser percebido pela Ficha de Dados de Segurança de reveladores radiográficos. Os valores de DBO₅ e DQO encontrados nas análises químicas (Tabela 1 e 2) são similares aos de um revelador da KODAK (Quadro 13).

Quadro 13 – DBO₅ e DQO de um modelo específico de revelador da fabricante KODAK.

FICHA DE DADOS DE SEGURANÇA REVELADOR KODAK				
Nº do produto	DBO ₅ (mgL ⁻¹)	DQO (mgL ⁻¹)	pH	Vol. (mL)
1101617 A – parte A	83.000,00	235.000,00	11,8	4730
1101617 B – parte B	721.000,00	1.220.000,00	<1	193
1101617 C – parte C	79.000,00	480.000,00	4	185

Fonte: <http://www.carestream.com/msds.html>. Acesso em: 14/12/2012.

O resíduo coletado para a realização deste trabalho além das substâncias originais contém produtos das reações químicas entre a solução reveladora, filme, ar e acessórios do equipamento de revelação, o que explica, por exemplo, a presença de prata e sulfato entre os resultados das análises.

4.2 TESTES TOXICOLÓGICOS

4.2.1 Taxa de Crescimento Radicular *Allium cepa* L.

O teste *Allium cepa* L., aplicado para analisar a taxa de crescimento radicular, se mostrou viável – de baixo custo e sem complexidade. O experimento *Allium cepa* L. é reconhecido cientificamente como teste que produz resultados confiáveis. Segundo Fiskesjö (1994), o bioensaio com *Allium cepa* L. tem importância equivalente a de ensaios com outros bioindicadores, é de grande relevância para estudos de preservação ambiental e humana. Sua eficácia, praticidade, rapidez e baixo custo são vantagens que tornam o teste de toxicidade com *Allium cepa* L. bastante requisitado atualmente por pesquisadores.

A Figura 5 mostra os somatórios dos comprimentos das raízes, por grupo, durante os cinco (5) dias de ensaio.

Observando a Figura 5 se deduz que o desenvolvimento radicular do grupo controle foi melhor do que dos outros grupos e entre os testes sob influência do resíduo revelador o mais prejudicado foi o de maior concentração (4%). O grupo teste 4% não apresentou qualquer brotamento nos seus bulbos.

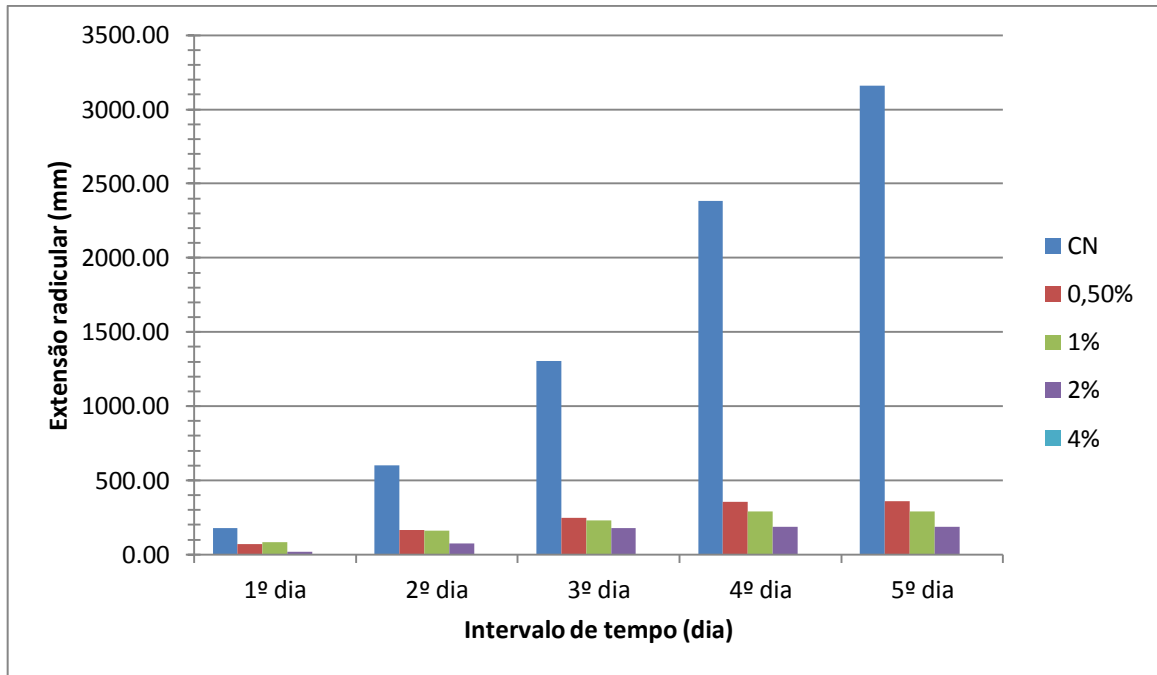


Figura 5. Análise das raízes dos conjuntos controle e concentrações 0,5%, 1%, 2% e 4% (v/v) de resíduo revelador. As linhas horizontais referenciam o somatório dos comprimentos das raízes em mm de cada grupo de acordo com o intervalo de medida (1º, 2º, 3º, 4º e 5º dia).

A análise da quantidade e extensão das raízes mostrou que a quantidade de brotamentos de raízes nos bulbos de cebola dos grupos testes foi reduzida quando comparado ao grupo controle. No grupo 4% não surgiram brotos. A Tabela 3 mostra os resultados experimentais da contagem das radículas no quinto (5º) dia do ensaio.

Tabela 3 – Taxa de crescimento radicular *Allium cepa* L.: número de radículas das cebolas (5º dia de ensaio).

CONCENTRAÇÃO	CN	0,5%	1%	2%	4%
<i>Quinto (5º) dia de ensaio</i>					
Cebola 1 (nº de raízes)	22	20	18	11	0
Cebola 2 (nº de raízes)	24	19	19	12	0
Cebola 3 (nº de raízes)	25	15	17	17	0
Cebola 4 (nº de raízes)	23	23	10	11	0
Cebola 5 (nº de raízes)	24	14	18	14	0
Cebola 6 (nº de raízes)	22	11	18	9	0

Os resultados da análise de variância ANOVA seguido de teste de Tukey para comparação do número de radículas medido no quinto (5º) dia de ensaio entre os grupos são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Análise estatística da taxa de crescimento radicular *Allium cepa* L. referente ao número de radículas ($\alpha = 5\%$).

CONCENTRAÇÃO	Média*	Desvio Padrão
<i>Quinto (5º) dia de ensaio</i>		
CN – Controle Negativo	23,3333 (a)	1,2111
Grupo 1 – 0,5%	17,0000 (b)	4,4272
Grupo 2 – 1%	16,6667 (b)	3,3267
Grupo 3 – 2%	12,3333 (b)	2,8048
Grupo 4 – 4%	0,0000 (c)	0,0000

*Médias com letras iguais não diferem significativamente entre si.

Interpretando a Tabela 4 nota-se que a quantidade de raízes do grupo CN é significativamente diferente das demais. Entre os grupos testes, os grupos 0,5%, 1% e 2% são iguais e diferem-se do grupo 4%.

Os resultados experimentais, do quinto (5º) dia do ensaio, quanto à extensão das radículas, estão mostrados na Tabela 5.

Tabela 5 – Taxa de crescimento radicular *Allium cepa* L.: comprimento médio das radículas (5º de dia de ensaio).

CONCENTRAÇÃO	CN	0,5%	1%	2%	4%
<i>Quinto (5º) dia</i>					
Cebola 1 (mm)	23,07	2,78	2,69	1,50	0
Cebola 2 (mm)	32,68	2,75	2,43	1,64	0
Cebola 3 (mm)	9,37	3,27	2,71	2,36	0
Cebola 4 (mm)	26,84	3,92	2,23	3,71	0
Cebola 5 (mm)	23,98	5,78	4,03	3,56	0
Cebola 6 (mm)	20,03	2,97	3,10	2,34	0

Os resultados decorrentes da análise estatística análise de variância ANOVA estão descritos na Tabela 6.

Tabela 6 – Análise estatística da taxa de crescimento radicular *Allium cepa* L. referente ao comprimento médio das radículas ($\alpha = 5\%$).

CONCENTRAÇÃO	Média*	Desvio Padrão
<i>Quinto (5^o) dia de ensaio</i>		
CN – Controle Negativo	22,6617 (a)	7,7888
Grupo 1 – 0,5%	3,5783 (b)	1,1621
Grupo 2 – 1%	2,8650 (b)	0,6418
Grupo 3 – 2%	2,5183 (b)	0,9349
Grupo 4 – 4%	0,0000 (c)	0,0000

*Médias com letras iguais não diferem significativamente entre si.

Examinando os dados expostos nas Tabelas 5 e 6 pode-se verificar que o comprimento médio das raízes dos grupos 0,5%, 1% e 2% são estatisticamente iguais e diferem significativamente do grupo 4%. Enquanto o grupo CN difere significativamente dos demais grupos.

O fato de conter resíduo revelador na água de estímulo onde foram submersos os bulbos de *Allium cepa* L. prejudicou tanto o brotamento quanto o crescimento das raízes. A presença de 4% do resíduo revelador na água de estímulo do grupo 4 impediu o brotamento de raízes (Tabela 5). O estudo da toxicidade de efluentes produzidos por clínicas odontológicas de Criciúma, Santa Catarina, desenvolvido por Topanotti (2010), confirma o potencial de degradação do resíduo revelador que impediu o crescimento radicular e reduziu a massa dos bulbos de cebola expostos.

O aspecto físico das raízes, entre os grupos, apresentou diferenças. As do grupo controle mostraram-se mais consistentes e de cor branca, enquanto nos grupos testes elas apresentaram-se com consistências menores e colorações amareladas. Observou-se que o nível de degradação da cebola foi proporcional a quantidade de resíduo revelador presente na solução teste, quanto maior a concentração pior a qualidade das raízes (Figura 6).

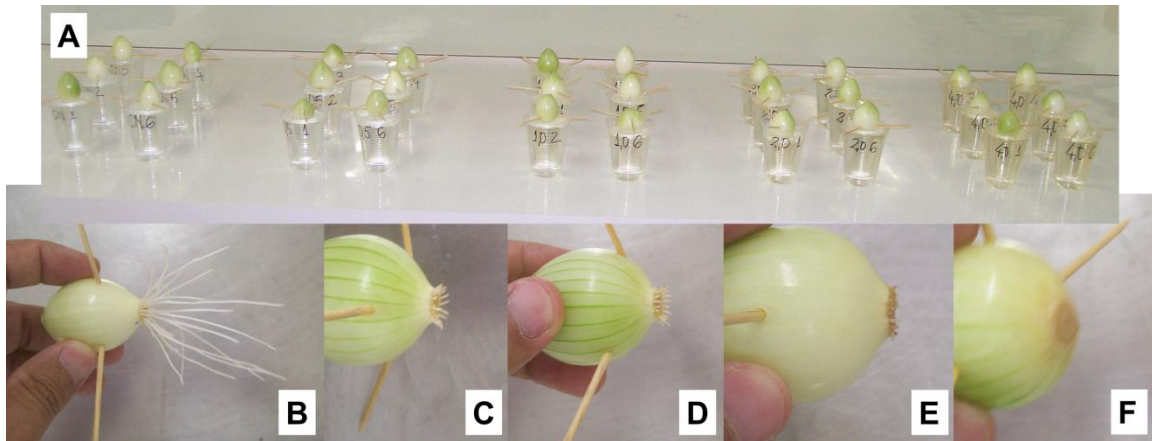


Figura 6. Taxa de crescimento de *Allium cepa* L.. (A) bulbos cada qual com o prato imerso em água de abastecimento público ou nas concentrações 0,5%; 1%; 2% e 4% (v/v); (B) crescimento radicular de uma das cebolas do grupo controle no 5º dia de experimento; (C) crescimento do grupo de concentração 0,5%; (D) crescimento do grupo de concentração 1%; (E) crescimento do grupo de concentração 2%; (F) crescimento do grupo de concentração 4%.

As pontas das raízes de vegetais *Allium cepa* L. são constituídas de células meristemáticas, células jovens que durante o período do ensaio (120h) deveriam estar em atividade de reprodução de maneira a causar o aumento do comprimento das radículas. Porém, as cebolas expostas às concentrações testes tiveram o crescimento dificultado ou inibido de suas raízes.

O experimento sugere que substâncias tóxicas presentes no efluente e/ou originadas do metabolismo celular foram responsáveis pela inibição do crescimento das raízes das cebolas dos grupos testes. Segundo Fiskesjö (1994) existem diferenças entre o metabolismo vegetal e do homem, mas semelhanças também. Por isto, o estudo de citotoxicidade com *Allium cepa* L. pode ser considerado como recurso de preservação ambiental e fundamento para certas ações de limitação de riscos à saúde da população.

4.2.2 Taxa de Germinação de Sementes *Allium cepa* L.

Igualmente ao experimento de análise da taxa de crescimento radicular, o da taxa de germinação se mostrou realizável, sem complexidade, entretanto sua duração foi de 14 dias consecutivos.

Foi considerada como germinada a semente que continha raiz de qualquer medida. A Figura 7 representa a quantidade de germinações em função dos períodos de 5, 10 e 14 dias pós-plantio.

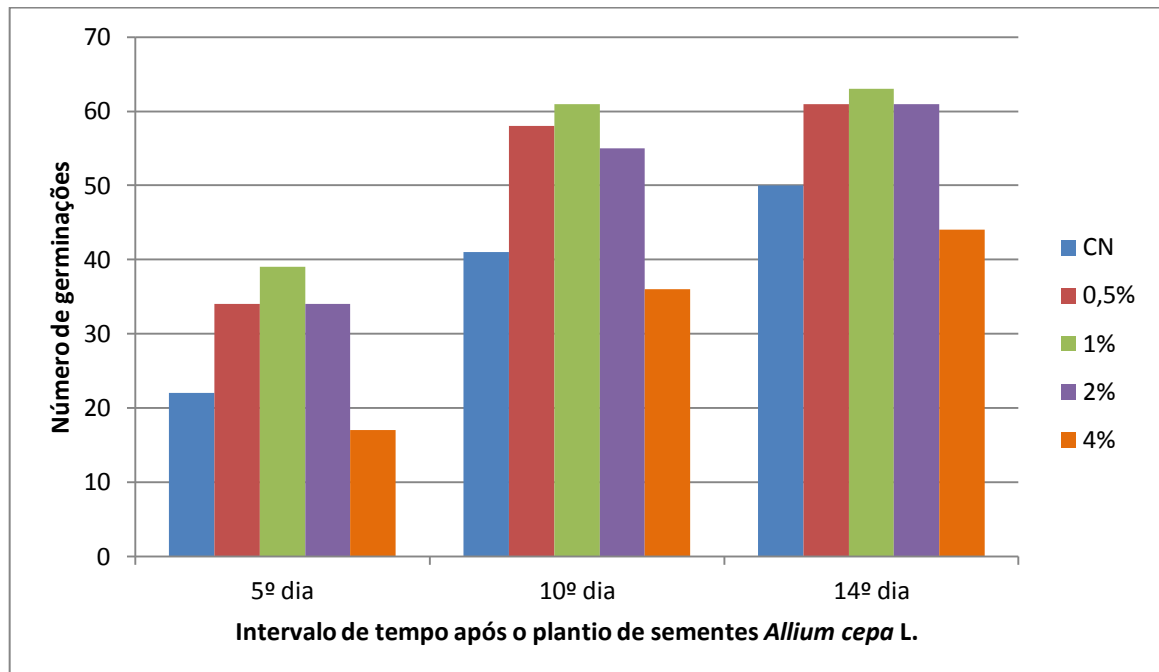


Figura 7. Germinações nos conjuntos controle e concentrações 0,5%, 1%, 2% e 4% (v/v) de resíduo revelador. As linhas horizontais referenciam o somatório de germinações nas cinco (5) placas de Petri de cada grupo de acordo com o intervalo de medida (5º, 10º e 14º dia).

Em períodos anteriores a três (3) dias não houve germinação. Observa-se na Figura 7 que o grupo CN permaneceu com maior número de germinações que o grupo 4% nos quatorze (14) dias de experiência. Os grupos 0,5% e 2% apresentaram número de germinações semelhantes. Enquanto o grupo 1% apresentou o maior número de germinações (Tabela 8).

Contudo, da análise estatística do décimo (10º) dia de observação conclui-se que os grupos 0,5%, 1% e 2% são iguais ($p > 0,05$) e maiores que o grupo CN, que por sua vez não tem diferença significativa do grupo 4%. Já o tratamento estatístico dos dados do décimo quarto (14º) dia de ensaio mostram que não há diferença significativa entre os grupos CN, 0,5%, 1%, 2% e 4% ($p > 0,05$).

Os resultados da contagem no décimo (10º) e décimo quarto (14º) dia após o plantio são mostrados na Tabela 7 e 8 respectivamente.

Tabela 7 – Taxa de germinação de sementes *Allium cepa* L.: número de germinações (10º de dia ensaio).

CONCENTRAÇÃO	CN	0,5%	1%	2%	4%
<i>Décimo quarto (14º) dia</i>					
Petri 1 (nº de germinações)	11	13	14	13	8
Petri 2 (nº de germinações)	8	9	12	9	7
Petri 3 (nº de germinações)	7	10	11	11	9
Petri 4 (nº de germinações)	11	13	10	13	6
Petri 5 (nº de germinações)	4	13	14	9	6
Média do nº germinações	8,2	11,6	12,2	11	7,2

Tabela 8 – Taxa de germinação de sementes *Allium cepa* L.: número de germinações (14º de dia de ensaio).

CONCENTRAÇÃO	CN	0,5%	1%	2%	4%
<i>Décimo quarto (14º) dia</i>					
Petri 1 (nº de germinações)	14	13	14	16	9
Petri 2 (nº de germinações)	10	9	14	10	9
Petri 3 (nº de germinações)	8	11	11	13	9
Petri 4 (nº de germinações)	12	14	10	13	10
Petri 5 (nº de germinações)	6	14	14	9	7
Média do nº germinações	10	12,2	12,6	12,2	8,8

As raízes das sementes do grupo CN tinham aspecto saudável, de cor verde e branca e extensões maiores. As raízes dos outros grupos apresentaram deficiência de crescimento, baixa consistência e cor amarelada. Ao final do experimento o papel filtro nas placas de Petri dos grupos testes apresentava microrganismos contaminantes, provavelmente fungos, fenômeno mais intenso no grupo 4% (Figura 8).

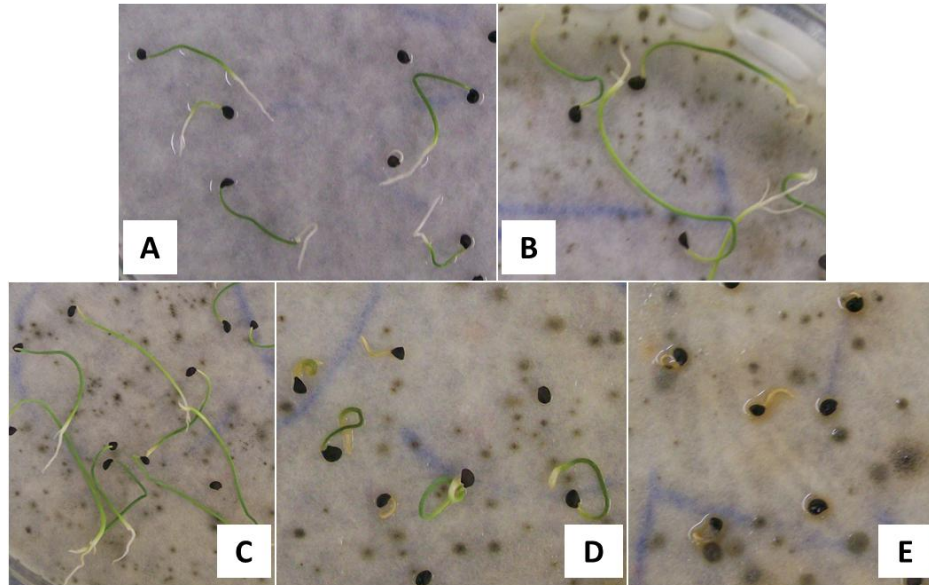


Figura 8. Taxa de Germinação de Sementes *Allium cepa* L.. (A) grupo CN, raízes saudáveis e ausência de mofo; (B) grupo 0,5%, presença de pequenos pontos de mofo; (C) grupo 1%, presença de pontos de mofo; (D) grupo 2%, crescimento inibido das raízes e áreas médias de mofo; (E) grupo 4%, raízes danificadas e manchas maiores de mofo.

O ensaio Taxa de Germinação de Sementes *Allium cepa* L. é muito utilizado para descobrir se uma substância tem potencial herbicida, agente que destrói e impede a germinação de sementes de ervas daninhas.

Os dados experimentais obtidos (Tabela 8) não indicam diferença entre as taxas de germinação dos grupos testes e controle. Todavia, o plantio não foi preservado já que a exposição das sementes ao resíduo revelador resultou na geração de raízes danificadas. Este fato corrobora o observado no bioensaio Taxa de Crescimento Radicular *Allium cepa* L..

4.3 TESTE ECOTOXICOLÓGICO

4.3.1 Taxa de Sobrevivência *Artemia salina*

A resolução CONAMA 430 define teste de ecotoxicidade como sendo a metodologia utilizada, por meio de bioindicadores, para determinar o potencial tóxico de uma substância. Chapman (2002) diz que a finalidade de Bioensaios Ecotoxicológicos é a identificação e compreensão de possíveis efeitos em pessoas produto da interação com agentes químicos.

O teste com *Artemia salina* também foi realizado no Laboratório de Química e atendeu os requisitos estipulados na metodologia científica adotada, como a sobrevivência não inferior a 90% em nenhum dos tubos de ensaio do grupo controle (Tabela 9).

A eclosão, a transferência dos náuplios para os tubos de ensaio e a contagem dos náuplios vivos depois de expostos a diferentes concentrações de resíduo revelador se cumpriu e permitiu o cálculo da DL_{50} (24h). A coloração da água salina dos tubos de ensaio depois de contaminada com resíduo revelador não foi empecilho na detecção das *Artemias salinas* sobreviventes, fato que poderia inviabilizar o teste. A porcentagem de sobrevivência em cada um dos tubos nas diferentes concentrações está apresentada na Tabela 9.

Tabela 9 – Taxa de sobrevivência *Artemia salina*: porcentagem de sobrevivência (24h de exposição).

SOBREVIVÊNCIA (%)	TUBOS DE ENSAIO				
	1	2	3	4	5
<i>Concentrações de efluente</i>					
Controle Negativo (3,5% de NaCl)	90	90	100	90	100
Revelador em água salina (0,25%)	70	80	80	70	80
Revelador em água salina (0,5%)	70	70	80	80	70
Revelador em água salina (1,0%)	40	30	40	40	30
Revelador em água salina (1,5%)	10	20	10	20	10
Revelador em água salina (2,0%)	20	0	10	20	0
Revelador em água salina (2,5%)	0	0	0	0	0
Revelador em água salina (3,0%)	0	0	0	0	0

A Figura 9 mostra o gráfico da sobrevivência versus concentração do resíduo revelador e o cálculo da DL_{50} .

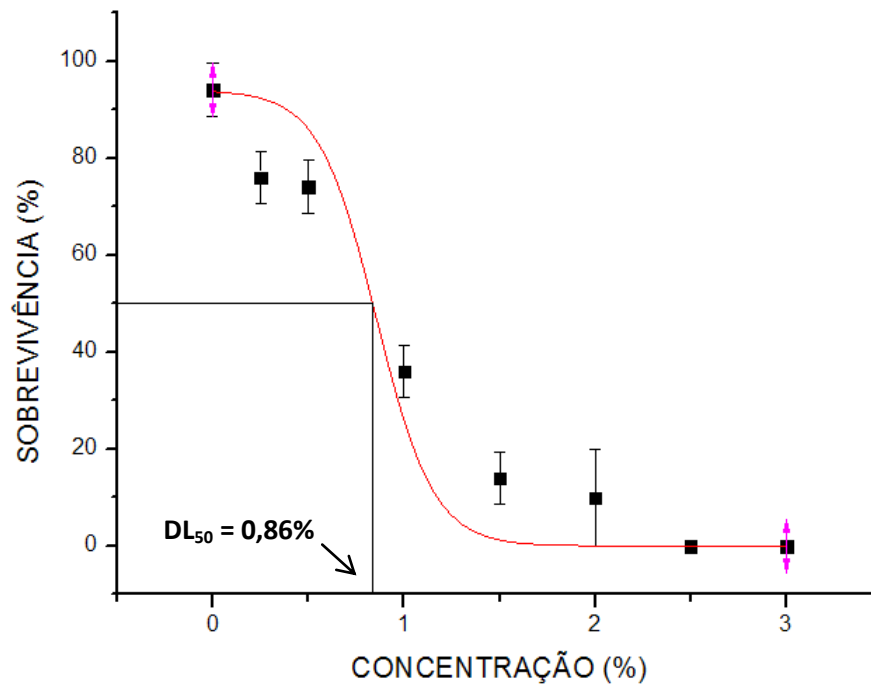


Figura 9. Ajuste logarítmico sigmoideal da curva experimental da taxa de sobrevivência das populações de *Artemia salina* em função das diferentes concentrações de resíduo revelador a que foram expostas, evidenciando a DL_{50} (24h) = 0,86%.

A DL_{50} obtida pelo ajuste logarítmico sigmoideal mostrou valor de 0,86%. Isto significa que a concentração 0,86% (v/v) do resíduo revelador (pH 8,5) empregado neste estudo é suficiente para matar 50% da população de *Artemia salina* em 24 horas. Testes realizados, para complementar a pesquisa, mostraram que o pH alcalino (na faixa de 8 a 9) não é na totalidade inócuo à *Artemia salina*, mas que o efeito é bem menos deletério se comparado com os resultados encontrados no bioensaio com resíduo revelador.

DL_{50} cerca de três (3) vezes menor, 0,28% (48h), foi divulgada por Topanotti (2010). Porém, os resíduos analisados por Topanotti (2010) foram recolhidos em unidades de radiologia odontológica e o teste aplicado foi o bioensaio de toxicidade frente à *Daphnia magna*. A *Artemia salina* e *Daphnia magna* são microcrustáceos de ordens diferentes (Anostraca e Cladocera) e a *Artemia salina* vive em água salgada enquanto a *Daphnia magna* é de água doce. De acordo com Zanella (2010) uma característica marcante da *Artemia salina* é sua capacidade de resistir à larga variação de salinidade no meio em que se encontra (de 3 a 300 mgL^{-1}).

A Organização Mundial de Saúde (OMS) considera uma substância como tóxica se a DL_{50} obtida em teste com *Artemia salina* for inferior a 1000ppm. Já a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) julga os agrotóxicos que apresentam DL_{50} superior a 5000ppm em testes com ratos como levemente tóxicos.

Considerando a legislação, o resíduo revelador não é ecotóxico. Por outro lado, o resíduo revelador tem na sua composição hidroquinona cuja $LDLo$ é 29mg/kg (29ppm), para o homem via oral (Quadro 1) o que torna o resíduo revelador perigoso em termos ambientais e para a saúde animal. A exposição do homem à hidroquinona pode resultar em mutações genéticas e, até mesmo, em câncer (VARAGNAT, 1981 apud JAGETIA, MENON e JAIN, 2000, p.15). E, ainda, de acordo com Goldstein (1977) a hidroquinona pode, em alguns casos, estar relacionada à leucemia e anemia aplástica.

A medida da concentração em que metade da população de *Artemia salina* morre ou fica imobilizada após 24h de exposição a efluentes tem ajudado no controle da poluição ambiental. Porém, em algumas etapas de controle, como por exemplo, na escolha da melhor técnica de tratamento do resíduo revelador, não se pode considerar a DL_{50} encontrada a uma substância específica constituinte do revelador radiográfico, sem que se façam os testes individuais. O resultado é da análise da toxicidade do efluente como um todo. Embora as análises individuais também sejam importantes.

CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em unidade hospitalar de Goiânia, do poder público estadual, foi coletado resíduo revelador que convergia diretamente para a rede coletora de esgotos, o que contraria a resolução CONAMA 430 que determina o prévio tratamento para o descarte e a RDC 306 do Ministério da Saúde pela não correção do pH para um valor entre 7 e 9, uma vez que a amostra apresentou pH igual a 9,9.

O lançamento do resíduo revelador, seja na rede coletora de esgotos ou em corpo receptor, deve ser antecedido de tratamento, dizem Grigoletto et al. (2011), uma vez que determinadas substâncias que oferecem riscos continuam presentes no efluente após a correção do pH para alcançar valor entre 7 e 9 e no afluente depois de tratamento biológico.

As análises químicas, realizadas na amostra com pH original de 9,9, mostraram que os padrões de qualidade DBO_5 , DQO e sulfato estão bem acima do permitido pelas normas federais e estaduais para o descarte (Tabela 1). Mais uma situação que desaprova a gerência do hospital de onde o resíduo revelador foi coletado e sugere deficiência da fiscalização sanitária do estado e município.

A resolução RDC 306 da ANVISA, de ordem maior que os regulamentos da Saneago, determina a correção do pH do resíduo revelador para um valor qualquer entre 7 e 9 para posterior descarte na rede de esgotos. Ao manter o pH do efluente entre 6 e 9 preserva-se o meio aquático não interferindo, por exemplo, nos processos fisiológicos de diversas espécies.

Parte da amostra coletada para a pesquisa teve o pH corrigido para 8,5 antes das análises químicas e os padrões de qualidade DBO_5 e DQO foram superiores aos obtidos com o pH 9,9 (Tabela 2). A medida da demanda biológica ou bioquímica de oxigênio (DBO_5) é uma forma de controlar a degradação em meio aquático resultante do despejo de efluentes que podem promover o desequilíbrio referente à reposição e consumo de oxigênio. A proliferação desordenada de bactérias aeróbicas (eutrofização) ocasionada pela presença do efluente eleva o consumo de oxigênio, não compensado pela reposição superficial ou fotossíntese. A DBO_5 afeta a qualidade das águas e uma das consequências malélicas é a mortandade de peixes.

A DQO é a medida de oxigênio dissolvido necessário na oxidação em meio ácido de substâncias orgânicas, biodegradáveis ou não. A leitura da demanda química de oxigênio (DQO), relacionada à de DBO_5 , mensura a quantidade de matéria orgânica não biodegradável. Estas substâncias quando ingeridas vão se acumulando originando alterações no organismo que evoluem para doenças, em alguns casos ocasionando a morte do indivíduo.

Já o sulfato adequou-se ao exigido, passou de 5300 a 900mgL^{-1} com a correção do pH. Portanto, 900mgL^{-1} está pouco abaixo do limite de 1.000mgL^{-1} estipulado pela Saneago. O sulfeto proveniente da redução do sulfato em meio anaeróbico tem mau cheiro, é corrosivo e tóxico. Segundo Jordão e Pessôa (2005) concentrações de sulfeto superiores a 200mgL^{-1} podem interferir no desenvolvimento de alguns processos de saneamento.

O fato do padrão de qualidade prata medido tanto para o pH 9,9 quanto para 8,5 estar abaixo do permissível pelos órgãos competentes não deixa de causar preocupação. A prata é metal que bioacumulado pode resultar em danos ao ecossistema, mais gravemente ao homem que está no final da cadeia alimentar.

Fica clara, em observação a legislação pertinente, a obrigação de tratar o resíduo revelador antes de lançá-lo na rede coletora de esgotos. Todavia, o tratamento pode ser terceirizado, o que pode ser vantajoso à unidade de radiologia geradora de resíduos radiográficos ao reduzir os custos e liberar espaço físico.

Além das análises químicas com objetivo de confrontar os padrões de qualidade DBO_5 , DQO, prata e sulfato com os descritos nas normas sobre descarte de efluentes médicos, o trabalho se dedicou a pesquisa do potencial tóxico do “composto” resíduo revelador (pH 8,5) através de bioensaios com o vegetal *Allium cepa* L. e microcrustáceo *Artemia salina*.

Bioindicadores, vegetais ou animais, são utilizados em pesquisas científicas como indicadores da qualidade biótica. Os ensaios com bioindicadores permitem uma gama de observações, são de baixo custo e fácil execução (CETESB, 2012 a). Nos dias de hoje, são muitas as atividades antrópicas produtoras de agentes causadores de danos ao meio ambiente e os bioensaios são complemento de

análises físico-químicas, tanto em agentes descartados em corpos receptores como em solo, no estudo de preservação ambiental (CETESB, 2012 b).

O bioindicador *Allium cepa* L. é um vegetal, popularmente conhecido como cebola comum, é um dos elementos da agricultura brasileira, hortaliça condimentar encontrada facilmente em mercados locais. Bioensaios com *Allium cepa* L. tem sido tanto utilizado em pesquisas de toxicidade quanto em genotoxicidade, ciência que avalia o poder mutagênico de composto ou elemento químico. O teste da atividade mutagênica do resíduo revelador em *Allium cepa* L. é um excelente tema para pesquisas futuras.

Os cientistas Fachinetto e Tedesco (2009) afirmam que os dados de seus estudos da genotoxicidade de extratos aquosos de *Baccharis trimera* e *Baccharis articulata* em *Allium cepa* L. são similares aos resultados de pesquisas com outros bioindicadores. Embora a comparação do metabolismo da cebola comum (*Allium cepa* L.) com o humano apresente diferenças, Fiskesjö (1994) diz que bioensaios com *Allium cepa* L. são confiáveis para fins de análise citotóxica.

Os testes com microcrustáceos, como o teste de sobrevivência *Artemia salina*, têm sido bastante indicados para exame de efluentes por agências estaduais de saneamento básico devido a sua praticidade e resultados confiáveis (SIQUEIRA, BOMM e PEREIRA, 1998). A *Artemia salina* é um microcrustáceo que vive em água salgada e que tem resistência para tolerar consideráveis variações ambientais tais como de salinidade e temperatura, é rotineiramente vendido em casas de aquários na forma de cisto, que depois de eclodido serve de alimento para peixes.

Em análise, no décimo quarto (14^o) dia de ensaio, o resíduo revelador não interferiu na taxa de germinação de sementes *Allium cepa* L. dos grupos testes em relação ao controle, mas as raízes e o ambiente foram degradados pela presença do efluente – quanto maior a concentração maior a degradação. O teste de medida da taxa de crescimento radicular *Allium cepa* L. mostrou atividade antiproliferativa ($p < 0,05$) para a menor concentração de resíduo revelador (0,5%; v/v). Esperava-se que o sistema teste *Allium cepa* L. apresentasse o limiar de citotoxicidade igual ou próximo da DL₅₀ (24h) obtida com *Artemia salina* que foi de 0,86% (8600ppm), mas

isto não se confirmou; assim propõe-se que novos trabalhos para testar concentrações abaixo de 0,5% sejam realizados.

O manuseio do revelador para a sua utilização em processadoras radiográficas deve seguir regras de proteção, como por exemplo, a manipulação em salas arejadas e revestimento cerâmico na cor clara facilitando a exaustão e limpeza de contaminantes volatizados e derramados, o fornecimento ao operador de acessórios de proteção (luvas, avental, máscaras e protetor ocular) e o armazenamento dos químicos em área externa.

O descarte do resíduo revelador deve acontecer depois de passar por processo de tratamento e conferência dos padrões de qualidades em observância ao permissível em leis. Se a unidade geradora não possuir estação de tratamento e/ou não estiver ligada a uma ETE pela rede de esgotos, precisa encaminhar o resíduo revelador a terceiros para o devido tratamento e descarte.

Em análise ao levantado pela pesquisa é possível confirmar que a troca da técnica convencional pela digital evitaria riscos ambientais e ao homem. A radiologia médica goiana estaria mais segura se o governo providenciasse as substituições em suas unidades e, ainda, para os estabelecimentos particulares, oferecesse subsídio e/ou financiamento de longo prazo e com baixas taxas para tal fim.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGFA (Org.). Químicos para microfilmes Copex, Datarex e EcoPos 301. Disponível em: <http://www.scansystem.com.br/index.php?option=com_content&view=article&id=203&Itemid=70>. Acesso em: 08 out. 2012.

APHA – American Public Health Association. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 21. ed. Washington: Water Environment Federation, 2005.

ALVES, F. C. Cem anos de radiologia: morfologia e função. *Gazeta de Física*, Coimbra, v.30, n.1, p.42-47, jan. 2007.

ARAÚJO, E. de P. *Avaliação crítica de ambientes em estabelecimentos assistenciais de saúde*. 2008. 254f. Tese (Doutorado) – Curso de Doutorado em Saúde Pública, Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca. 2008.

BORTOLLETO, E. C.; TAVARES, C. R. G.; BARROS, M. A. S. D. e CARLI, C. M. Caracterização do geração e da qualidade do efluente líquido gerado no laboratório de raios-x da clínica odontológica do Hospital Universitário de Maringá – HUM. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA EM INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 6., 2005, Campinas. *Anais eletrônicos*, Campinas: UNICAMP, 2005. 1 CD-ROM.

BRASIL. Resolução da Diretoria Colegiada - RDC n.306, de 7 de dezembro de 2004. Dispõe sobre o Regulamento Técnico para o gerenciamento de resíduos de serviços de saúde. *Diário Oficial da União*, Brasília, 10 dez. 2004.

BRASIL. Resolução CONAMA n.357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília, 17 mar. 2005.

BRASIL. Resolução CONAMA n.358, de 29 de abril de 2005. Dispõe sobre o tratamento e a disposição final dos resíduos dos serviços de saúde e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília, 04 mai. 2005.

BRASIL. Resolução CONAMA n.430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução n.357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. *Diário Oficial da União*, Brasília, 16 mai. 2011.

CARVALHO, A. C. P. História da tomografia computadorizada. *Revista da Imagem*, São Paulo, v.29, n.2, p.61-66, 2007.

CARESTREAM (Org.). Carestream: radiografia digital. Disponível em: <<http://www.carestreamhealth.com.br/drmain.html>>. Acesso em: 01 out. 2011a.

CARESTREAM (Org.). Carestream Vue for radiology. Disponível em: <<http://www.carestreamhealth.com.br/PublicContent.aspx?id=451557>>. Acesso em: 01 out. 2011b.

CARESTREAM (Org.). Carestream: chemicals, replenishers, and developers. Disponível em: <<http://www.carestream.com/chemicals.html>>. Acesso em: 01 out. 2011c.

CETESB (Org.). O uso de bioindicadores vegetais no controle da poluição atmosférica. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/solo/informacoes-asicas/8-bioindicadores>>. Acesso em: 17 nov. 2012a.

CETESB (Org.). Ensaio de germinação e alongamento de raízes. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/solo/vegetacao/34-ensaio-de-alongamento-deraizes>>. Acesso em: 17 nov. 2012b.

CHAPMAN, P. M. Integrating toxicology and ecology: putting the “eco” into ecotoxicology. *Marine Pollution Bulletin*, v.44, p.7-15, 2002.

DAGON, T. J. Biological treatment of photo processing effluents. *Journal Water Pollution Control Federation*, v.45, p.2123-2135, 1973.

FACHINETTO, J. M. e TEDESCO, S. B. Atividade antiproliferativa e mutagênica dos extratos aquosos de *Baccharis trimera* (Less.) A. P. de Candolle e *Baccharis articulata* (Lam.) Pers. (Asteraceae) sobre o sistema teste de *Allium cepa*. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, Botucatu, v.11, n.4, p.360-367, 2009.

FERREIRA, A. B. de H. *Mini Aurélio: o dicionário da língua portuguesa*. 6. ed. Curitiba, Editora Positivo, fev. 2007.

FERREIRA, C. C. *Implantação de um programa de garantia da qualidade da imagem radiográfica em hospitais da rede pública de Aracajú-SE*. 2007. 111f. Dissertação (Mestrado) – Núcleo de Pós-graduação em Física, Universidade Federal de Sergipe. 2007.

FISKESJÖ, G. The *Allium* test as a Standard in Environmental Monitoring. *Hereditas*, New York, v.102, p.99-112, set. 1985.

FISKESJÖ, G. *Allium* Test II: Assesmente of chemical's genotoxic potential by recording aberrations in chromosomes and cell divisions in root tips of *Allium cepa* L. *Environmental Toxicology and Water Quality*, Lund, v.9, p.235-41, ago. 1994.

FREITAS, M. B. de e YOSHIMURA, E. M. Levantamento da distribuição de equipamentos de diagnóstico por imagem e da frequência de exames radiológicos no estado de São Paulo. *Radiologia Brasileira*, São Paulo, v.38, n.5, p.347-354, 2005.

GOIÁS. Lei estadual n.8544, de 17 de outubro de 1978. Dispõe sobre o controle da poluição do meio ambiente. *Palácio do Governo do Estado de Goiás*, Goiânia, 17 out. 1978, 90. da República.

GOLDSTEIN, B. D. Benzene toxicity: a critical evaluation: hematotoxicity in humans. *Journal of Toxicology and Environmental Health*, v.2, p.69-105, 1977.

GRIGOLETTO, J. C.; SANTOS, C. B. dos; ALBERTINI, L. D. e TAKAYANAGUI, A. M. M. Situação do gerenciamento de efluentes de processamento radiográfico em serviços de saúde. *Radiologia Brasileira*, São Paulo, v. 44, n.5, p.301-307, set./out. 2011.

JAGETIA, G. C.; MENON, K. S. L. e JAIN, V. Genotoxic effect of hydroquinone on the cultured mouse spleenocytes. *Toxicology Letters*, v.121, n.1, p.15-20, abr. 2001.

JORDÃO, E. P. e PESSÔA, C. A. *Tratamento de esgotos domésticos*. 4. ed. Rio de Janeiro: SEGRAC, 2005.

LAUREANO, V. S.; ZIRRETTA, J. C. e KOCH, H. A. Angiografia por tomografia computadorizada dos aneurismas intracranianos. *Radiologia Brasileira*, São Paulo, v.35, n.3, p.155-160, 2002.

LIMA, J. J. P de. A física da imagem. *Gazeta de Física*, Coimbra, v.30, n.1, p.30-41, jan. 2007.

MACHADO, A. S. Estudo comparativo da radiografia convencional e computadorizada para análise de ligas metálicas. 2011. 65f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Nuclear, Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2011.

MARTINS, R. de A. Investigando o invisível: as pesquisas sobre raios X logo após a sua descoberta por Röntgen. *Revista da Sociedade Brasileira de História da Ciência*, Rio de Janeiro, n.17, p.81-102, 1997.

MAZZOLA, A. A. Ressonância Magnética: princípios de formação da imagem e aplicações em imagem funcional. *Revista Brasileira de Física Médica*, v.3, n.1, p.117-129, 2009.

MEYER, B. N.; FERRIGNI, N. R.; PUTNAM, J. E.; JACOBSEN, L. B.; NICHOLS, D. E. e MCLAUGHLIN, J. L. Brine shrimp: a convenient general bioassay for active plant constituents. *Journal of Medical Plant Research*, v.45, n.1, p.31-34, 1982.

NISHIMURA, H. e NAKAMURA, T. M. J. Allelopathic effects of p-Menthane-3,8-Diols in *Eucalyptus citriodora*. *Phytochemistry*, v.23, n.12, p.2777-2779, 1984.

OLIVEIRA, S. F. de; KOCH, H. A.; ALMEIDA, C. A. P. de e GUTFILEN, B. Participação da radiologia nas perícias necroscópicas de baleados realizadas no instituto médico-legal do Rio de Janeiro. *Radiologia Brasileira*, São Paulo, v.38, n.2, p.121-124, 2005.

OMS (Org.). Agrotóxicos e Toxicologia. Disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br/wps/content/Anvisa+Portal/Anvisa/Inicio/Agrotoxicos+e+Toxicologia>>. Acesso em: 11 out. 2012.

PEIXOTO, G. C. X.; LIRA, R. A.; ALVES, N. D. e SILVA, A. R. Bases físicas da formação da imagem ultrassonográfica. *Acta Veterinaria Brasilica*, Mossoró, v.4, n.1, p.15-24, 2010.

PISTÓIA, G. D.; CERPA, G.; PISTÓIA, A. D.; NETO, M. M. e KAIZER, M. da R. A imagem latente e a química do processamento radiográfico. *Saúde*, v.30, n.1-2, p.12-20, 2004.

SANDERINK, G. C. H. Imaging: new versus traditional technological aids. *International dental journal*, Londres, v.43, n.4, p.335-342, ago. 1993.

SANEAGO (Org.). Padrões de lançamentos: regulamento dos serviços públicos de águas e esgotos sanitários da Saneago – capítulo XVI. Disponível em: <<http://www.saneago.com.br/site/?id=esgoto11&tit=esgoto>>. Acesso em: 17 nov. 2012.

SANTOS-OLIVEIRA, R. e CARNEIRO-LEÃO, A. M. A. História da radiofarmácia e as implicações a Emenda Constitucional n.49. *Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas*, São Paulo, v.44, n.3, p.377-382, jul./set. 2008.

SBMN (Org.). Medicina Nuclear. 2012. Disponível em: <http://www.sbbmn.org.br/v3/sbbmn.php?modulo=medicina_nuclear>. Acesso em: 17 nov. 2012.

SISINNO, C. L. S. e MOREIRA, J. C. Ecoeficiência: um instrumento para a redução da geração de resíduos e desperdícios em estabelecimentos de saúde. *Cadernos de Saúde Pública*, Rio de Janeiro, v.21, n.6, p.1893-1900, nov./dez. 2005.

SIQUEIRA, J. M. de; BOMM, M. D. e PEREIRA, N. F. G. Estudo fitoquímico de *Unonopsis lindmanii* – Annonaceae, biomonitorado pelo ensaio de toxicidade sobre a *Artemia salina* Leach. *Química Nova*, São Paulo, v.21, n.5, p.557-559, 1998.

STALIKAS, C. D.; LUNAR, L.; SOLEDAD, R. e PEREZ-BENDITO, D. Degradation of medical x-ray film developing wastewaters by advanced oxidation processes. *Water Research*, v.35, n.16, p.3845-3856, 2001.

TOPANOTTI, F. Avaliação da toxicidade de revelador e fixador de radiografias provenientes de clínicas odontológicas, utilizando *Daphnia magna* e *Allium cepa*

2010. 77f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Curso de graduação em Engenharia Ambiental, Universidade do Extremo Sul Catarinense. 2010.

UES, K.; PIAIA, L.; SCHWEICKARDT, M.; WASTOWSKI, A. D. e SANTOS, E. P. dos. Uso de processos avançados de oxidação na degradação dos resíduos de revelador e fixador de raios-X. In: ENCONTRO DE QUÍMICA DA REGIÃO SUL, 16., 2008, Blumenau. *Anais eletrônicos*, Blumenau: FURB, 2008. 1 CD-ROM.

VARAGNAT, J. Hydroquinone, resorinol, and catechol. In: Grayson med. Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology. New York: Wiley, 1981. p.39-69.

WORLD WILDLIFE FUND BRASIL. *Livro das águas: água para vida, água para todos*. Brasília: WWF-Brasil, 2006.

ZANELLA, G. *Estudo de soluções para problemas de poluição na indústria têxtil utilizando-se processos oxidativos avançados*. 2010. 150f. Tese (Doutorado) – Curso de Doutorado em Química Analítica, Universidade Federal do Paraná. 2010.