

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

INGRID FIEDLER DA COSTA MACHADO

**ESTUDOS PRELIMINARES PARA A ELABORAÇÃO DE UM PLANO DE
GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE SERVIÇOS DE SAÚDE (PGRSS)**

Curitiba

2015

INGRID FIEDLER DA COSTA MACHADO

**ESTUDOS PRELIMINARES PARA A ELABORAÇÃO DE UM PLANO DE
GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE SERVIÇOS DE SAÚDE (PGRSS)**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós Graduação em Química, do Departamento de Química, Setor de Ciências Exatas da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Química.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Sálvio Mangrich

Co-orientador: Prof. Dr. Patricio Peralta Zamora

Curitiba

2015

TERMO DE APROVAÇÃO

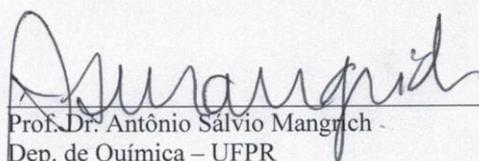
**ESTUDOS PRELIMINARES PARA A ELABORAÇÃO DE UM PLANO DE
GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE SERVIÇOS DE SAÚDE (PGRSS)**

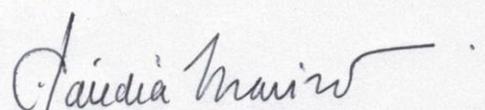
por

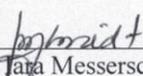
INGRID FIEDLER DA COSTA MACHADO

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre no Programa de Pós-Graduação em Química,
pela Comissão Examinadora composta por:

Orientador:



Prof. Dr. Antônio Sálvio Mangrich -
Dep. de Química – UFPR

Prof. Dr.ª Cláudia Eliana Bruno Marino
Dep. de Eng. Mecânica – UFPR

Prof. Dr.ª Jara Messerschmidt
Dep. de Química – UFPR

Curitiba, 29 de janeiro de 2015.

MACHADO, Ingrid Fiedler da Costa

ESTUDOS PRELIMINARES PARA A ELABORAÇÃO DE UM PLANO DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE SERVIÇOS DE SAÚDE (PGRSS). Curitiba, 2015.

Área de concentração: Química Analítica.

Orientador: Prof.Dr. Antonio Sálvio Mangrich
Co-orientador: Prof.Dr.Patricio Peralta Zamora

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná,
Setor de Ciências Exatas, Curso de Pós-Graduação em Química.

1. Esgoto Hospitalar; 2. Caracterização; 3. Tratamento

Dedico este trabalho a Deus e as pessoas que acreditaram e me auxiliaram a realizar esse sonho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me dado condições de lutar e alcançar os objetivos pretendidos.

A toda a minha família pelo apoio emocional, educacional e financeiro.

Ao meu companheiro Elison pelo amor, paciência, incentivo e compreensão nos momentos difíceis ao longo desta trajetória e por acreditar no meu potencial.

Ao professor Dr. Mangrich por me acolher em seu grupo de pesquisa e me iniciou ao mundo científico.

Ao professor Dr. Patrício, pela orientação e por todo o apoio, incentivo, conhecimento compartilhado, paciência, bem como por todas as idéias, sugestões, críticas, acessibilidade e por ter acreditado sempre que tudo iria dar certo.

Aos colegas do Laboratório, Tecnotrater e LABPAM pelo incentivo e colaborações.

A funcionária Lídia do HC/UFPR, pela colaboração junto às coletas de amostras.

A todos os professores do Departamento de Química da UFPR por terem proporcionado várias discussões científicas levando a um maior aprofundamento do conhecimento.

Aos professores Gilberto Abate e Lara, pelas inúmeras contribuições, avaliando o projeto no exame de qualificação.

As professoras Lara e Cláudia Eliana pelo aceite para participar da banca de defesa.

A todos que ajudaram na realização deste sonho seja direta ou indiretamente. Muito obrigada!

RESUMO

Objetivo. Neste trabalho foram analisadas as principais linhas de resíduos do serviço de saúde do Hospital de Clínicas da Universidade Federal do Paraná (HC/UFPR), realizando um inventário que tem como objetivo desde a conscientização, caracterização, até uma proposta de tratamento viável para a instituição. Nesse contexto, foram enfatizados parâmetros físico-químicos, espécies inorgânicas seguindo a legislação em vigor, bem como algumas análises químicas utilizadas como suporte para a investigação do padrão ambiental da água residual hospitalar. O Hospital de Clínicas da UFPR possui um plano de gerenciamento de resíduos de serviços de saúde (PGRSS), o qual está centrado na questão dos resíduos sólidos. Desta forma, não existem políticas, procedimentos e fiscalização específica para o gerenciamento de águas residuais, o que faz com que os referidos resíduos sejam diretamente descartados na rede de esgoto da SANEPAR.

Materiais e métodos. Utilizando-se a técnica de rastreamento de saída de esgoto com corante específico empregado pela SANEPAR, foi realizado um inventário das principais linhas de resíduos líquidos do HC/UFPR, o qual foi selecionado como modelo de um estabelecimento de serviço a saúde, enfatizando-se a caracterização, o tratamento e destino da sua água residual. Foi feita a caracterização físico-química (pH, condutividade, temperatura, DQO e DBO) dos resíduos de cada uma das quatro linhas existentes, levando-se em consideração os padrões de lançamento exigidos por lei. Determinou-se ainda as espécies inorgânicas de relevância (Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Mo, Ni, Pb, Zn, Ag, V), espécies químicas de interesse (fenóis, fosfato, série nitrogenada) bem como algumas análises utilizadas como suporte para a investigação do padrão ambiental da água residual hospitalar (análise toxicológica), levando-se em consideração a natureza de cada linha de resíduos identificada.

Resultados e discussão. Em função dos parâmetros físico-químicos, fenóis e análise toxicológica monitorados, percebeu-se que as características do esgoto hospitalar são diferentes das do esgoto doméstico, o que, em princípio, sugere a necessidade de tratamentos especiais. Assim, um dos resíduos em estudo, caracterizado por elevada DQO e forte coloração, foi submetido a três tipos de tratamento, fundamentados em adsorção em carvão ativado, processos Fenton e processos Foto-Fenton. Os três processos permitiram eficiente remoção da cor e da carga orgânica representada pela DQO, o que demonstra a conveniência do tratamento preliminar dos resíduos.

Conclusão. Com os resultados deste trabalho contribuiu-se com a elaboração de um Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde (PGRSS), conforme as características dos resíduos gerados e a classificação especificada na resolução.

Palavras-chave: 1. Esgoto Hospitalar; 2. Caracterização; 3. Tratamento.

ABSTRACT

Objective. In this study were analyzed the main lines of health care waste at the Hospital of the Federal University of Paraná (HC/UFPR), performing an inventory that aims from awareness, characterization, until a viable wastewater treatment proposal for the institution. In this context, were emphasized physical and chemical analyses parameters, inorganic species following the legislation, as well as some chemical analysis used as support for the investigation of the environmental standard of hospital wastewater. The UFPR Clinical Hospital has a health care waste management plan (PGRSS), which is focused on the issue of solid waste. Thus, there are no policies, procedures and specific supervision for managing wastewater, which causes the waste to be disposed directly in the SANEPAR sewage network.

Materials and methods. Using the sewage output tracking technique with specific dye employed by SANEPAR, we had an inventory of the main HC/UFPR liquid waste lines, which was selected as a model of a health service establishment emphasizing characterization, treatment and disposal of wastewater. Was made physical-chemical analyses (pH, conductivity, temperature, COD and BOD) of waste from each of the four existing lines, taking into account the discharge standards required by law. It has been determined further that the inorganic species of relevance (Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Mo, Ni, Pb, Zn, Ag, V) chemical species of interest (phenols, phosphate, nitrogen series) as well as some tests used as support for the investigation of environmental standard hospital waste water (Toxicological analysis), taking into consideration the nature of the waste line identified.

Results and discussion. Depending on the physical and chemical parameters, phenols and monitored toxicological analysis, it was noted that the hospital sewage characteristics are different from domestic sewage, which in principle suggests the need for special treatment. In this work, the behavior of the HC/UFPR wastewater points of against three types of treatment. The treatment performed by the process of activated carbon, Fenton and Photo-Fenton processes, with the intention of color removal and reduction in COD in the sample collected at the point of the equipment support unit for diagnosis of HC/UFPR. I obtained satisfactory results, with the reduction in COD of 98.5% for the activated carbon, 96.2% for the Foto-Fenton process, and 69.2% for the Fenton process.

Conclusion. The results of this work contributed to the elaboration of a Plan of Health Services Waste Management (PGRSS), according to the characteristics of the waste generated and the rating specified in the resolution.

Key-words: 1. Sewage Hospital; 2. Characterization; 3. Treatment.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	PLANTA COMPACTA DE TRATAMENTO DE ESGOTO PROPOSTA PELA EQUIPE GRUNDFOS.....	24
FIGURA 2	ESQUEMA DAS ETAPAS DE PREPARAÇÃO DO CARVÃO ATIVADO.....	29
FIGURA 3	IMAGENS DOS PONTOS DA COLETA DAS AMOSTRAS.....	34
FIGURA 4	ESQUEMA DO FUNCIONAMENTO DA TOCHA DE ICP OES.....	36
FIGURA 5	FLUXOGRAMAS DOS PROCEDIMENTOS DAS DIGESTÕES REALIZADAS COM AS AMOSTRAS.....	37
FIGURA 6	DIGESTÃO ÁCIDA POR CHAPA DE AQUECIMENTO DAS AMOSTRAS.....	37
FIGURA 7	DIGESTÃO POR MICROONDAS DAS AMOSTRAS DE ÁGUA RESIDUAL HOSPITALAR. 6A : FRASCOS DE TEFLON® COM AS AMOSTRAS E REAGENTES. 6B : EQUIPAMENTO.....	38
FIGURA 8	VIVEIRO CONTENDO CISTOS DE <i>ARTEMIA SALINA</i> A), NAUPLUS DE <i>ARTEMIA SALINA</i> (B) E PLACAS DE PETRI CONTENDO AS DIVERSAS DILUIÇÕES DE UM RESÍDUOS EM AVALIAÇÃO (C).....	41
FIGURA 9	FOTOS DO ESQUEMA DE EMPACOTAMENTO DO CARVÃO ATIVADO NA SERINGA PARA O TRATAMENTO DAS AMOSTRAS..	44
FIGURA 10	TRATAMENTOS POA'S REALIZADOS NA AMOSTRA DO PONTO EQUIPAMENTOS. 10.A: ESQUEMA DE TRATAMENTO FOTO FENTON. 10.B: ESQUEMA DE TRATAMENTO FENTON. 10.C: COMPARAÇÃO FINAL DOS DOIS TRATAMENTOS (BECKER DA DIREITA: TRATAMENTO FENTON, BECKER ESQUERDA; TRATAMENTO FOTO FENTON).....	45
FIGURA 11	REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DA PLANTA DO HC/UFPR E DOS PONTOS DE AMOSTRAGENS, 1, 2, 3, 4.....	52
FIGURA 12	PROJEÇÃO EM 3D DA ESTRUTURA DO HC/UFPR	53
FIGURA 13	EVOLUÇÃO DA MORTALIDADE DE <i>ARTEMIA SALINA</i> EM FUNÇÃO DA DILUIÇÃO DOS RESÍDUOS EM AVALIAÇÃO E VALORES CALCULADOS DE DL50.....	67

FIGURA 14 EVOLUÇÃO DOS ESPECTROS UV-VIS DURANTE TRATAMENTO DO RESÍDUO POR ADSORÇÃO EM CARVÃO ATIVADO.....	70
FIGURA 15 REDUÇÃO DA DQO DURANTE TRATAMENTO DO RESÍDUO POR ADSORÇÃO EM CARVÃO ATIVADO.....	70
FIGURA 16 EVOLUÇÃO DOS ESPECTROS UV-VIS DURANTE TRATAMENTO DO RESÍDUO POR PROCESSOS FENTON (A) E FOTO-FENTON (B).....	72
FIGURA 17 REDUÇÃO DA DQO DURANTE TRATAMENTO DO RESÍDUO POR PROCESSOS FENTON E FOTO-FENTON.....	74

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	VENDAS DE MEDICAMENTOS NO MERCADO FARMACÊUTICO BRASILEIRO.....	20
TABELA 2	DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA DOS ESTABELECIMENTOS DE SAÚDE NO BRASIL.....	25
TABELA 3	MÉTODOS UTILIZADOS PARA A DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS INDICADOS.....	42
TABELA 4	RESUMO DAS INFORMAÇÕES COLETADAS A PARTIR DOS QUESTIONÁRIOS ENVIADOS AOS SETORES INDICADOS DO HC/UFPR.....	48
TABELA 5	SETORES DE INTERESSE, LOCALIZAÇÃO E SAÍDAS DE ESGOTO.....	50
TABELA 6	PRINCIPAIS ESPÉCIES QUÍMICAS UTILIZADAS NOS DIVERSOS SETORES DO HC/UFPR.....	55
TABELA 7	RESULTADO DAS DETERMINAÇÕES DE TEMPERATURA, PH E CONDUTIVIDADE.....	59
TABELA 8	PADRÕES EXIGIDOS PARA LANÇAMENTO DE RESÍDUOS (CONAMA 430/2011).....	61
TABELA 9	RESULTADO DA DETERMINAÇÃO DE ESPÉCIES ELEMENTARES NA ÁGUA RESIDUAL DO HC/UFPR POR ICP OES.....	62
TABELA 10	RESULTADOS DA DETERMINAÇÃO DE FENÓIS TOTAIS NAS ÁGUAS RESIDUAIS DO HC/UFPR.....	64
TABELA 11	CLASSIFICAÇÃO DO ESGOTO BRUTO A PARTIR DA DBO E DQO.....	65
TABELA 12	RESULTADOS DA DETERMINAÇÃO DE DQO E DBO DAS ÁGUAS RESIDUAIS DO HC/UFPR.....	66
TABELA 13	RESULTADOS DA DETERMINAÇÃO DE FOSFATO E DA SÉRIE NITROGENADA NAS ÁGUAS RESIDUAIS DO HC/UFPR.....	68

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ANVISA	-	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
CONAMA	-	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DBO	-	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO	-	Demanda Química de Oxigênio
ICP OES	-	Espectrometria de Emissão Ótica com fonte de Plasma Indutivamente Acoplado
PGRSS	-	Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde
POA's	-	Processos Oxidativos Avançados
RDC	-	Resolução da Diretoria Colegiada - ANVISA

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	15
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	17
2.1. Poluição do meio hídrico.....	17
2.2. Tratamento de esgoto no Paraná.....	19
2.3. Esgoto de centros de saúde.....	21
2.3.1. Panorama brasileiro do tratamento de efluente hospitalar.....	24
2.3.2. Aspectos legais.....	26
2.3.3. Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde no Brasil.....	28
2.4. Novas tecnologias em tratamento de efluentes.....	28
3. OBJETIVOS GERAIS E ESPECÍFICOS.....	31
3.1. Objetivo geral.....	31
3.2. Objetivos específicos.....	31
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	32
4.1. Caracterização do local de estudo.....	32
4.2. Estudos preliminares.....	33
4.3. Coleta de amostras de esgoto do HC/UFPR.....	33
4.4. Caracterização das amostras.....	35
4.4.1. Medidas in loco.....	35
4.4.2. Determinação de espécies elementares.....	35
4.4.3. Determinação de demanda química de	38

oxigênio (DQO).....	
4.4.4. Determinação de fenóis totais.....	39
4.4.5. Análise toxicológica.....	40
4.4.6. Outras determinações.....	41
4.5 Tratamento de uma das linhas de resíduo.....	42
4.5.1 Tratamento de uma das linhas de resíduo: Utilizando a técnica de adsorção em carvão ativado...	43
4.5.2 Tratamento de uma das linhas de resíduo: Utilizando a técnica dos processos fenton.....	44
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	47
5.1. Caracterização do local de estudo.....	47
5.1.1. Estudos Preliminares.....	47
5.1.2. Definição dos pontos para coleta.....	47
5.2. Caracterização físico-química.....	59
5.2.1. Determinações in loco.....	59
5.2.2. Análise de espécies elementares na água residual do HC/UFPR por ICP-OES.....	60
5.2.3. Determinação de fenóis totais das águas residuais do HC/UFPR.....	63
5.2.4. Determinações de DQO e DBO das águas residuais do HC/UFPR.....	64
5.2.5. Análise toxicológica das águas residuais do HC/UFPR.....	66
5.2.6. Outras determinações nas águas residuais do HC/UFPR.....	67

5.3. Tratamento de um resíduo modelo.....	69
4.3.1. Tratamento de um resíduo modelo: Adsorção em carvão ativado.....	69
4.3.2. Tratamento de um resíduo modelo: Processos Fenton.....	71
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES.....	74
6. ETAPAS FUTURAS.....	75
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	76

1. INTRODUÇÃO

A preocupação com a disposição adequada de resíduos é primordial para o estabelecimento de uma sociedade sustentável que permita a conservação do meio ambiente e a proteção da saúde pública.

Dentro do contexto do saneamento, o tratamento e a disposição adequada de esgoto se mostra particularmente importante, em razão da incessante geração de grandes volumes de esgoto doméstico e da diversidade química das espécies que caracterizam o esgoto industrial.

Nos últimos anos, grandes esforços têm sido dedicados ao estabelecimento de programas para gerenciamento de resíduos em serviços de saúde (hospitais, clínicas médicas, odontológicas e veterinárias; além de outras unidades de saúde). Dentro deste contexto, destaque deve ser dado à Resolução da Diretoria Colegiada – (RDC) Agência Nacional de Vigilância Sanitária - www.anvisa.gov.br (ANVISA) n.º 33, de 25 de fevereiro de 2003, que dispõe sobre o Regulamento Técnico para o gerenciamento de resíduos oriundos de instituições de atenção a saúde. Trata-se de um documento importante, uma vez que considera a necessidade de prevenir e reduzir os riscos à saúde e ao meio ambiente dos inúmeros resíduos gerados pelos serviços de saúde. Entretanto, grande parte das ações se relaciona com o manejo dos resíduos sólidos, admitindo-se, de maneira geral, que os resíduos líquidos podem ser descartados no esgoto sanitário. Ao mesmo tempo, perante a legislação o resíduo líquido pode ser lançado na rede coletora, desde que exista um sistema de tratamento coletivo.

O potencial poluente deste tipo de resíduo líquido se mostra bastante elevado, não apenas em função da presença de agentes patogênicos (vírus e bactérias), mas também em razão da presença de excretas de pacientes tratados com quimioterápicos, antineoplásicos, antibióticos, dentre outros fármacos de relevância ambiental. Levando-se em consideração o fato de que micropoluentes veiculados pelo esgoto dificilmente são removidos pelos sistemas convencionais de tratamento, a necessidade de programas de gerenciamento que incluam controles e rotinas de tratamento são essenciais.

Para contribuir com a implementação deste tipo de programa de gerenciamento de resíduos, no presente trabalho pretende-se diagnosticar a situação de um serviço de saúde modelo, caracterizando águas residuais

ênfatizando parâmetros físico-químicos e espécies inorgânicas descritos na legislação específica, assim como algumas espécies orgânicas que possam ser utilizadas como traçadores.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. POLUIÇÃO DO MEIO HÍDRICO

Nas últimas décadas, o fenômeno de poluição ambiental alcançou proporções globais, principalmente em função de o crescimento populacional ter propiciado urbanização mal planejada e o crescimento da atividade industrial. Incluindo nesta última categoria a atividade agrícola, também fortemente pressionada pelas demandas de alimentos da crescente população. Em função desta realidade, grandes volumes de resíduos sólidos, líquidos e gasosos são gerados constantemente, os quais, tratados ou dispostos de maneira inadequada, apresentam um elevado potencial poluente de todos os compartimentos ambientais.

Dentro deste contexto merece destaque a poluição do meio hídrico, usualmente utilizado como vertedouro de resíduos líquidos, oriundos das mais diversas atividades antrópicas.

A poluição aquática pode ser definida como a introdução de substâncias que alteram direta ou indiretamente as características físicas e químicas de um determinado corpo d'água, de tal forma que prejudique à sua utilização para usos benéficos. Em função da sua origem, a poluição aquática pode ser classificada como natural ou artificial, sendo a primeira ocasionada por forças da natureza, como atividade vulcânica e queimadas provocadas por raios, e a segunda por atividades do homem, relacionadas, por exemplo, às atividades agrícolas e industriais. (PEREIRA 2004)

Este tipo de poluição também pode ser classificado em relação à forma de lançamento do resíduo, podendo ser pontual ou difusa. No primeiro caso, os poluentes são lançados em pontos específicos dos corpos d'água e de forma individualizada (ex. lançamento de resíduos industriais e de estações de tratamento de esgoto), enquanto que no caso da poluição difusa não existe um foco específico de poluição, como acontece na drenagem agrícola e no escoamento de água de chuva.

Dentro do contexto da poluição pontual, importante destaque deve ser dado ao esgoto doméstico, resíduo que é produzido em quantidades

proporcionais ao tamanho dos centros urbanos e que se caracteriza por um elevado potencial poluente, em razão da presença de elevada carga orgânica, agentes patogênicos e outros micropoluentes de relevância (PEREIRA 2004). De acordo com antecedentes coletados pelo IBGE (2008), aproximadamente 50% da população brasileira não tem acesso a rede coletora de esgoto, o que implica o seu lançamento *in natura* e, conseqüentemente, a deterioração do meio hídrico receptor.

O lançamento de águas residuais sem tratamento em corpos d'água ocasiona uma mudança imediata das características químicas, físicas e biológicas dessa localidade. Um exemplo é o aumento exagerado da carga orgânica, refletindo-se no aumento da demanda bioquímica de oxigênio (DBO), da demanda química de oxigênio (DQO), do carbono orgânico total (COT) e, conseqüentemente, uma redução da concentração de oxigênio dissolvido, fruto, principalmente, do metabolismo de microrganismos aeróbios (GUIMARÃES, 2001).

Dentre os gases dissolvidos na água, o oxigênio é um dos mais importantes na dinâmica e caracterização dos ecossistemas aquáticos (ESTEVES, 1998). Portanto, a diminuição do oxigênio dissolvido pode ocasionar desestabilização do sistema aquático.

O despejo de efluente não tratado é o maior responsável pela alta concentração de nitrogênio em corpos aquáticos, onde se apresentam como nitrogênio orgânico, nitrogênio amoniacal, nitrito e nitrato. Os dois primeiros englobam a forma reduzida da série nitrogenada e se encontrados caracterizam efluentes recentes, porém o nitrito e nitrato são as formas oxidadas e definem esgotos antigos. Os esgotos sanitários apresentam normalmente de 20 a 85 mg-N/L, das quais de 8 a 35 mg-N/L são de nitrogênio orgânico e de 12 a 50 mg-N/L encontram-se na forma amoniacal (METCALF & EDDY, 1991).

Por outro lado, águas residuais contendo íons de metais tóxicos e sua disposição sem tratamento em corpos d'água deve ser avaliada com critério. Pois essa acumulação pode propiciar fitotoxicidade às plantas, além de constituir risco à saúde humana, na medida em que esses metais se introduzem na cadeia alimentar (PAGANINI, 2003).

Mais recentemente, outro importante grupo de poluentes veiculados pelo esgoto tem sido evidenciado, grupo que inclui micropoluentes orgânicos, como

fármacos, hormônios e outros agentes com potencial de interferência endócrina (CLARA, 2012), os quais podem exercer efeitos nocivos em concentrações até da ordem de ng L^{-1} .

2.2. TRATAMENTO DE ESGOTO NO PARANÁ

A preocupação com a disposição adequada do esgoto é primordial para uma sociedade sustentável e para a proteção da saúde pública. De acordo com a Organização Mundial de Saúde (OMS), a definição de saneamento é “o controle de todos os fatores do meio físico do homem, que exercem ou possam vir a exercer efeitos nocivos sobre o bem estar físico, mental e social das pessoas.” Entende-se então que o saneamento é uma das formas de alcançar a sustentabilidade do planeta.

O termo sustentabilidade é originário do campo da ecologia, referindo-se ao potencial de um ecossistema de subsistir ao longo do tempo com pouquíssima alteração (JABAREEN, 2006). Sendo assim, para que o tratamento seja considerado sustentável, o mesmo tem a responsabilidade de tornar o efluente o mais próximo possível do afluente inicial.

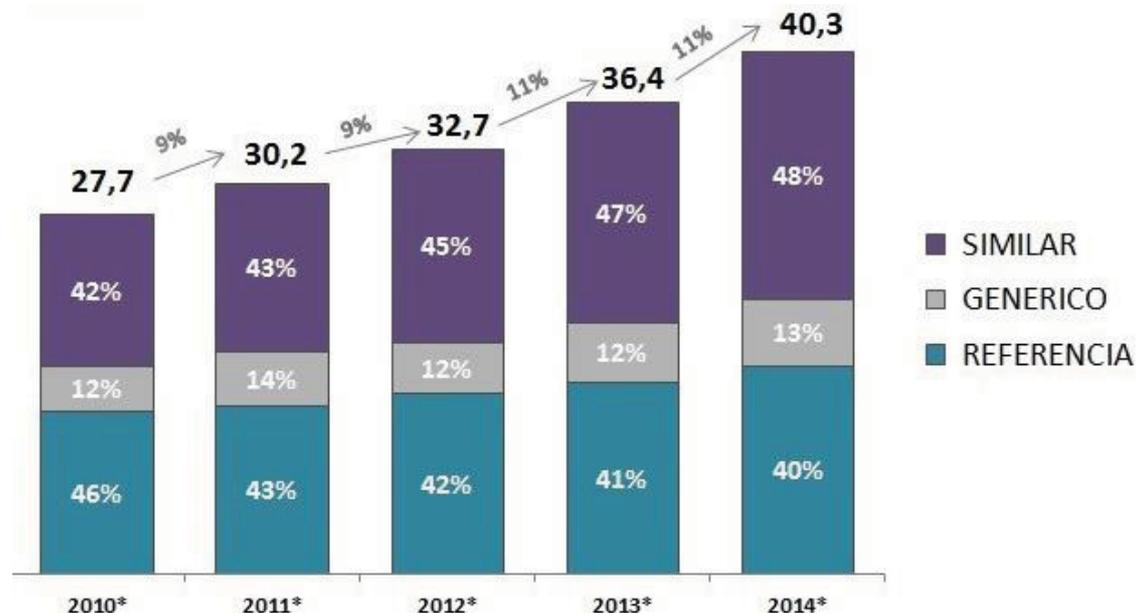
A Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR) é responsável pelo saneamento básico do estado do Paraná, prestando serviços de fornecimento de água tratada, coleta e tratamento de esgoto sanitário e gerenciamento de resíduos sólidos. O sistema de tratamento de esgoto realizado na SANEPAR se inicia com processos físicos que objetivam a eliminação de materiais sólidos e areia (gradeamento mecânico/desarenador), seguidos de processos biológicos de natureza aeróbia ou anaeróbia.

Os processos aeróbios são aplicados em tanques de aeração, onde organismos aeróbios metabolizam a matéria orgânica na presença de oxigênio. Posteriormente o lodo é sedimentado por gravidade (decantadores), enquanto que a fração líquida é coletada e lançada no corpo receptor. Os processos anaeróbios são conduzidos em reatores de manto de lodo e fluxo ascendente (RALF), unidades que requerem de pouco espaço físico e produzem biogás. O esgoto tratado passa finalmente por um sistema de filtro biológico ou lagoa de polimento, para ser lançado nos corpos receptores.

De maneira geral, esses sistemas de tratamento permitem degradar com elevada eficiência a matéria orgânica biodegradável, que representa grande parte da carga orgânica da matriz. Infelizmente, outras espécies químicas se mostram resistentes a este tipo de tratamento, aparecendo com freqüência nos efluentes das estações de tratamento. Este fato é particularmente importante para produtos com atividade farmacológica, os quais, não sendo removidos pelos sistemas de potabilização de água, podem contaminar águas de abastecimento com efeitos imprevisíveis. (LUO, 2012)

Pesquisas realizadas pela IMS Health ressaltam o crescimento do mercado farmacêutico brasileiro, as vendas obtiveram um salto de 27,7 bilhões em 2010 para 40,3 bilhões em 2014. Isso resulta em uma maior quantidade de fármacos percorrendo pelo ambiente, sendo inevitável a contaminação das águas por esse resíduo (TABELA 1). Isso faz com que aumente a preocupação com a utilização de um tratamento de efluente eficiente, o qual tenha a capacidade de minimizar ou eliminar esses contaminantes. (BAUTITZ 2006).

TABELA 1. Vendas de medicamentos no mercado Farmacêutico Brasileiro:



Fonte: IMS Health (2014)

O pesquisador Bautitz (2006), resalta em seu artigo a ineficiência da remoção de medicamentos nas Estações de tratamento de Esgoto (ETE), tanto em tratamentos aeróbios como anaeróbios, e define ainda que estes compostos

têm promovido a contaminação das águas superficiais e conseqüentemente comprometimento da sua qualidade destinada ao abastecimento urbano.

2.3. ESGOTO DE CENTROS DE SAÚDE

Em função da sua natureza específica, o esgoto hospitalar possui uma complexidade maior que o esgoto doméstico, conseqüentemente a disponibilidade de sistemas especiais de coleta e tratamento seja absolutamente essencial. Referida complexidade se deve ao fato do esgoto hospitalar conter compostos farmacêuticos, elementos radiativos, bactérias resistentes, resíduos de laboratórios, dentre outras espécies de relevância ambiental (PAIVA, 2011), o que faz com que os efluentes hospitalares tratados de forma inadequada se tornem indesejáveis contaminantes de mananciais de água, tanto superficiais quanto subterrânea, assim como de fontes de água para consumo humano e animal.

De acordo com Emmanuel (2009), o descarte de esgoto hospitalar sem tratamento prévio também apresenta um potencial de impacto ambiental em função da presença de metais, incluindo íons de cromo, cobre, chumbo, mercúrio, níquel, prata e zinco.

Estudos realizados em diversos países têm detectado a presença de antibióticos em diferentes compartimentos ambientais, tais como efluentes hospitalares, esgoto municipal, efluente de estação de tratamento de esgoto e águas superficiais. Os componentes encontrados pertencem a diferentes classes de antibióticos importantes, tais como macrolídeos, tetraciclina, sulfonamidas e quinolonas (KOLPIN, 2002).

A falta de controle de antibióticos liberados em esgoto hospitalar causa transtornos em longo prazo para a população. Na natureza as bactérias podem rapidamente adaptar-se, devido à transferência horizontal de genes, sendo notável hoje a resistência delas aos diversos antibióticos (XU, 2007).

Adicionalmente, é evidente que o efluente hospitalar é um provável veículo de disseminação de inúmeros microrganismos patogênicos e, levando em consideração a grande concentração de antibióticos e outros fármacos, o ambiente fica favorável para a propagação da resistência bacteriana. Essa

poluição do efluente hospitalar pode contribuir para a manutenção e até disseminação da resistência bacteriana (VECCHIA, 2009).

Em uma nota técnica publicada em 2009, o ministério do meio ambiente com o intuito de revisar a RDC 357/05 sobre Lançamento de Efluentes de Serviços de Saúde ressaltou a inexistência de leis e normas mundiais que obriguem as instituições de serviço de saúde de instalar um tratamento específico para o esgoto hospitalar. Em seu relato, utilizando de uma citação de um artigo publicado em 1998 por Prüss, aonde o autor afirma que na comunidade internacional “à disposição final do esgoto hospitalar na Europa e na América do Norte existem orientações e normas que determinam que todo esgoto hospitalar/estabelecimento de saúde deve, sempre que possível, estar conectado diretamente à rede coletora/tratamento de esgoto sanitário da localidade e, na impossibilidade de ser adotada esta solução pela inexistência desse tipo de rede, deve ser instalado um sistema independente de tratamento de esgoto.”

Mahvi, em seu artigo sobre o tratamento de esgoto hospitalar realizado no Irã, especificamente na Província de Kerman, comparou a qualidade do efluente hospitalar antes e após o tratamento. Para isso foi selecionado sete hospitais e os parâmetros analisados foram: a Demanda Química de Oxigênio (DQO), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), oxigênio dissolvido (OD), sólidos suspensos totais (SST), pH, nitrato e nitrito, Cloretos, Fosfato e sulfato. Os resultados obtidos neste estudo demonstraram que em cinco hospitais, os parâmetros DBO e DQO dos efluentes tratados se encontram acima das normas. Mahvi ressalta ainda que a principal razão para isto pode ser atribuído ao despejo de carga orgânica inadequado ao sistema, devido as drogas e antibióticos em efluente bruto ocasionando um efeito negativo sobre flocos de microorganismos outra questão é o choque térmico proporcionado pelo despejo do sistema de lavanderia. Esses fatores acarretam a morte dos microorganismos e prejudicam a eficiência desse sistema empregado, sendo assim, Mahvi reforça a necessidade de políticas e sistemas de tratamentos de efluentes mais específicos para águas residuais hospitalares.

Em uma publicação em novembro de 2014 no jornal eletrônico The Guardian, foi divulgado sobre a parceria entre instituições para discutir soluções em relação as substâncias tóxicas em efluentes de instituições de saúde. Para lidar com a questão das águas residuais hospitalares, o governo regional de

Copenhague (capital da Dinamarca), em julho de 2012, estabeleceu uma parceria, que envolve Hospital Herlev e uma série de outros agentes públicos e privados, incluindo DHI Dinamarca e Grundfos A/S. O objetivo desta parceria é encontrar uma solução que realmente remova as substâncias problemáticas em águas residuais hospitalares em vez de simplesmente diluí-las com outros fluxos de águas residuais. Isso é o que ocorre atualmente em todo o mundo, onde o habitual é o efluente hospitalar ser enviado para o sistema de tratamento público. Ulf Nielsen, membro integrante do Grundfos e um dos principais estudiosos desta parceria, afirma que as "estações de tratamento de esgoto municipal não são projetadas para lidar com resíduos que contenham substâncias de atividade biológica. É por isso que agora podemos detectar essas substâncias em nossas vias navegáveis ". Águas residuais provenientes de instituições de assistência a saúde em todo o mundo geralmente podem conter, vestígios de vírus e bactérias multiresistentes, agentes de contraste, produtos químicos, antibióticos, drogas para tratamento de câncer, além de substâncias de desregulação hormonal e outros resíduos de medicamentos também fazem parte do mix que passa dos hospitais para o sistema de esgoto público."Mesmo em concentrações muito baixas, as substâncias em águas residuais hospitalares podem afetar a vida animal", diz Ulf Nielsen. "Os estrogênios, por exemplo, pode causar peixes hermafroditas, enquanto alguns analgésicos são venenosas para truta, e determinados psicofármacos pode afetar peixes e comportamento das aves."

O resultado dessa parceria inovadora foi revelado em 2 de Outubro de 2014, uma planta compacta de tratamento de esgoto (FIGURA 1) , projetado pela unidade de negócios Grundfos BioBooster o qual será construído ao lado do hospital regional de Copenhague . "Nossa planta recebe águas servidas diretamente do hospital. Não é misturado com a água do sistema de tratamento de águas residuais públicas. Isso torna possível para nós um tratamento mais específico para as substâncias tóxicas dos efluentes hospitalares", explica Poul Madsen pesquisador da Grundfos.

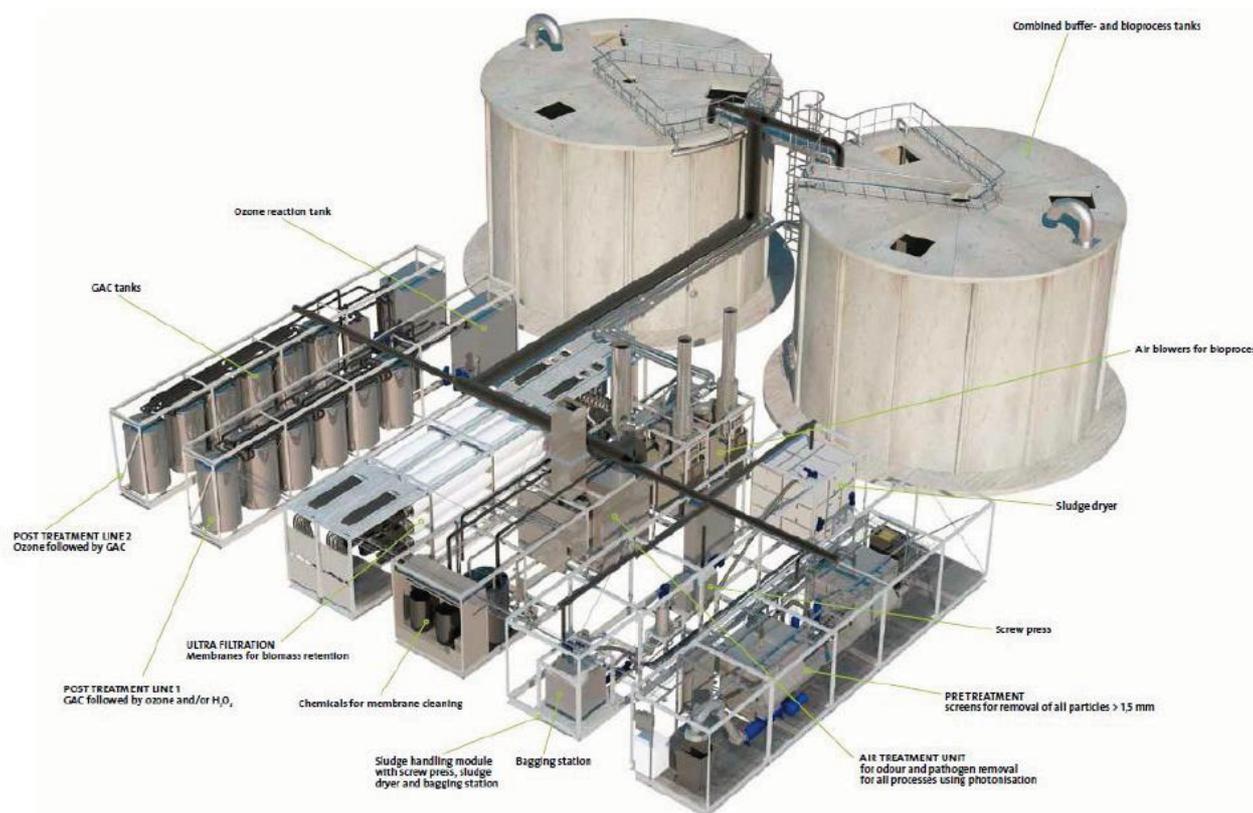


FIGURA 1. Planta compacta de tratamento de esgoto proposta pela equipe Grundfos.

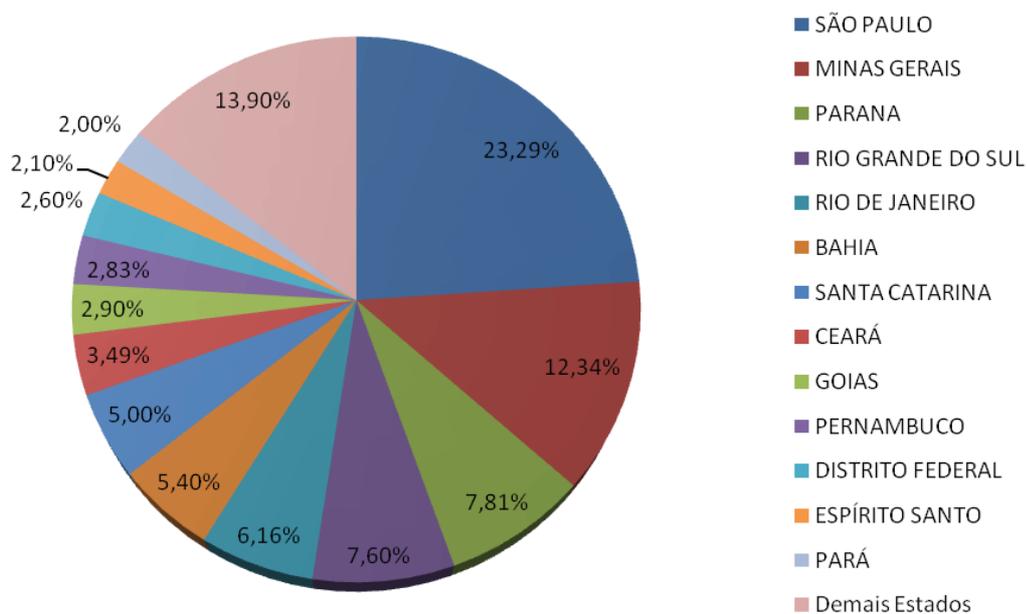
Na nova estação de tratamento, o principal é a integração de técnicas, diz Nielsen, além de envolver processos de tratamento biológico, é utilizado também um sistema de membranas de filtração em cerâmica e um "polimento" final com carvão ativado e ozônio.

2.3.1. Panorama brasileiro do tratamento de efluente hospitalar

A quantidade de hospitais e médicos no Brasil está em crescimento, atualmente o país obtêm um total de 430 mil médicos. Conforme notícia publicada no jornal folha de São Paulo em 9 de setembro de 2015, o aumento progressivo da formação desses profissionais dobrou em 10 anos, nos anos 90 eram somente 219 mil médicos no país. Porém, esse acréscimo não beneficia a população como um todo, já que a concentração desses profissionais não é de forma homogenia no país. Na TABELA 2, é possível observar como está à distribuição geográfica dos estabelecimentos de saúde em todo o território brasileiro. Desta forma, pode

ser notado que o estado com maior concentração de estabelecimentos de assistência a saúde é Minas Gerais, seguido por São Paulo e em terceiro lugar, o estado do Paraná.

TABELA 2. Distribuição geográfica dos estabelecimentos de saúde no Brasil



Fonte: DATASUS - CNESnet (2012)

OBS: Os percentuais se referem à participação relativa dos Estados no total de estabelecimentos de saúde que incluem: unidade de saúde, policlínicas, clínicas, consultórios, hospitais, entre outras unidades relacionadas.

Vecchia (2009) elaboraram uma enquete via mensagens eletrônicas enviadas aos gestores de instituições, no intuito de verificar de forma preliminar como os hospitais brasileiros têm conduzido a destinação de seu esgoto. O objetivo era identificar quantos desses estabelecimentos eram dotados de instalações próprias para tratamento de esgoto. Foram enviadas 127 mensagens aos principais hospitais brasileiros, sendo que somente oito instituições, quatro localizadas na região Sul, três no Sudeste e uma no Centro-Oeste, enviaram suas respostas. Destas, apenas três apresentavam algum tipo de tratamento do esgoto hospitalar.

A falta de pesquisas concretas em relação à caracterização química do esgoto hospitalar no mundo, faz com que o tratamento do mesmo seja precário.

Paiva (2011), afirma em seu artigo a necessidade da caracterização dos compostos químicos em águas residuais hospitalares, para facilitar na escolha do tratamento mais adequado. Para a realização de sua pesquisa Paiva (2011) utilizou análises físico químicas (pH, temperatura, amônia , nitrato, DBO, DQO e fósforo total) do efluente hospitalar, tendo como resultado valores acima dos padrões aceitáveis. Ainda em seu trabalho, foi realizada a caracterização de compostos químicos farmacêuticos do esgoto por meio da cromatografia a gás acoplada à espectrometria de massa sendo assim constatada a presença de inúmeros compostos residuais dos fármacos usados no hospital. A fim de adequar o esgoto hospitalar e diminuir os impactos ambientais nos corpos receptores foi também utilizado um sistema combinado (reator anaeróbio de fluxo ascendente e lodos ativados) e sendo observada a diminuição dos valores das análises físico químicas, como dos compostos químicos farmacêuticos.

Silva (2011), em sua pesquisa sobre os efluentes hospitalares do município de Natal, ressalta a falta de tratamento prévio dos efluentes líquidos hospitalares antes de seu descarte, o que pode acarretar riscos ambientais e de saúde pública. Em seu trabalho Silva caracterizou o efluente de um hospital de médio porte na cidade de Natal – RN, por métodos físico químicos (pH, condutividade, DBO e DQO), quantificação de íons metálicos de chumbo, níquel e cádmio e microbiológica de coliformes termotolerantes. Os resultados obtidos de condutividade, DBO e DQO foram muito altos, considerando a Resolução 357/2005 do CONAMA. Em relação à quantificação dos íons metálicos, realizada por espectrometria de absorção atômica de chama, as concentrações encontradas desses metais estavam dentro dos padrões aceitáveis.

2.3.2. Aspectos legais

A relação existente entre as atividades antrópicas e o fenômeno de contaminação ambiental tem sido amplamente demonstrada, o que, dentre outras ações pertinentes, tem forçado à criação de normas cada vez mais restritivas, principalmente em relação à disposição de resíduos domésticos e industriais.

A questão do gerenciamento e da destinação final adequada dos resíduos sólidos dos serviços de saúde tem sua normatização fixada pela Agência

Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA, 2004). Esse procedimento foi realizado por meio de resolução conjunta com o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), com o título “Regulamento Técnico para o Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde”, sob o número 306 do órgão. Embora no Brasil o assunto dos resíduos sólidos tenha entrado no cenário legal e normativo por meio da Resolução nº 05/93 do CONAMA, ainda não há um claro esforço no intuito de gerar normativas para a questão do esgoto hospitalar. Faltam políticas, definições, fiscalizações e principalmente ações que sinalizem a preocupação governamental que o tema exige, por sua complexidade, dimensão e impacto direto na vida das populações. (VECCHIA, 2009)

Assim, no Brasil existe uma gama de legislações e normatizações sobre a questão dos resíduos sólidos hospitalares, porém necessitamos ainda de uma melhor destinação para o esgoto proveniente de hospitais, tema que ainda não foi totalmente definido. De acordo com a Resolução da ANVISA -RDC nº 050/02, todo o esgoto resultante das atividades dos estabelecimentos assistenciais de saúde pode ser lançado na rede coletora sem qualquer tratamento, desde que exista na região um sistema público de coleta e tratamento de esgoto.

Por outro lado, a resolução 430 de 2011 do CONAMA, dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementando e alterando a Resolução 357 de 2005. De acordo com esta resolução, somente é permitido o lançamento de resíduos em corpos receptores quando se obedecem os limites máximos permitidos, algum dos quais são apresentados na Tabela 1. Na seção III, a resolução menciona normas específicas para o lançamento de esgoto tratado, com destaque para a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO 5 dias, 20°C), que apresenta valor máximo de 120 mg/L, limite que pode ser ultrapassado somente no caso do sistema de tratamento apresentar eficiência de remoção mínima de 60%.

Com base nas orientações da Resolução nº 306/2004 da Anvisa, que apresenta no capítulo III – Gerenciamento dos Resíduos de Serviços de Saúde, todo gerador deve elaborar e aplicar um Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde (PGRSS), conforme as características dos resíduos gerados e a classificação especificada na resolução. Outro aspecto importante é a exigência com relação ao desenvolvimento de instrumentos de avaliação e controle por meio da construção de indicadores objetivos e confiáveis que permitam

acompanhar a eficácia do PGRSS implantado. Todo esse aparato jurídico, entretanto, omite qualquer referência aos efluentes líquidos hospitalares.

2.3.3 Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde no Brasil

Conforme descrito no manual de ANVISA 2006, o Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde (PGRSS) é o documento que aponta e descreve as ações relativas ao manejo dos resíduos sólidos, observadas suas características e riscos, no âmbito dos estabelecimentos, contemplando os aspectos referentes à geração, segregação, acondicionamento, coleta, armazenamento, transporte, tratamento e disposição final, bem como as ações de proteção à saúde e ao meio ambiente.

Schneider (2004) comenta que a aplicação de um PGRSS deve abordar a redução, tanto quanto possível, dos riscos para a saúde da população atendida, principalmente tratando de maneira adequada o manejo dos resíduos infectantes. A resolução, publicada em 10 de dezembro de 2004, define o prazo máximo de 180 dias para a adequação aos requisitos nela contidos, representa um marco nas normatizações que regem os resíduos do serviço de saúde, pois foi concebida em meio a um processo de harmonização das normas federais do Ministério do Meio Ambiente, por meio do Conama, e do Ministério da Saúde, por intermédio da ANVISA.

2.4 Novas tecnologias em tratamento de efluentes:

A insuficiência de água está diretamente relacionada ao aumento da população e acréscimo das necessidades de insumo, para VON SPERLING 1996, a deteriorização da qualidade da água em mananciais e rios teve um acréscimo devido ao aumento da poluição industrial, ao aumento da necessidade de energia e o aumento da necessidade de água. Sendo assim, o reuso e a preocupação com o tratamento de efluentes deve prevalecer.

O tratamento de resíduos líquidos utilizando adsorção em carvão ativado já é conhecido e estudado há vários anos, com o objetivo da remoção de impurezas

dissolvidas em soluções. O princípio desse método de remoção é a adsorção, a qual se faz possível devido à grande porosidade que é obtida quando o carvão puro passa por um processo de ativação. Esse processo ocorre em duas etapas, a primeira consiste na carbonização, e a segunda na etapa de ativação, que pode ser realizada por processo químico ou físico (FIGURA 2).

Com a crescente preocupação em relação à preservação do meio ambiente, cada vez mais é observado o interesse em relação à busca de materiais de baixo custo que tenham potencial para serem utilizados como matéria prima para a produção de carvão ativado. Entre esses materiais se destacam rejeitos da indústria da madeira, casca de coco, bagaço de cana, casca de arroz, dentre outros. Essa matéria prima para a produção do carvão ativado se designa precursor carbonáceo. (GAO, 2011).

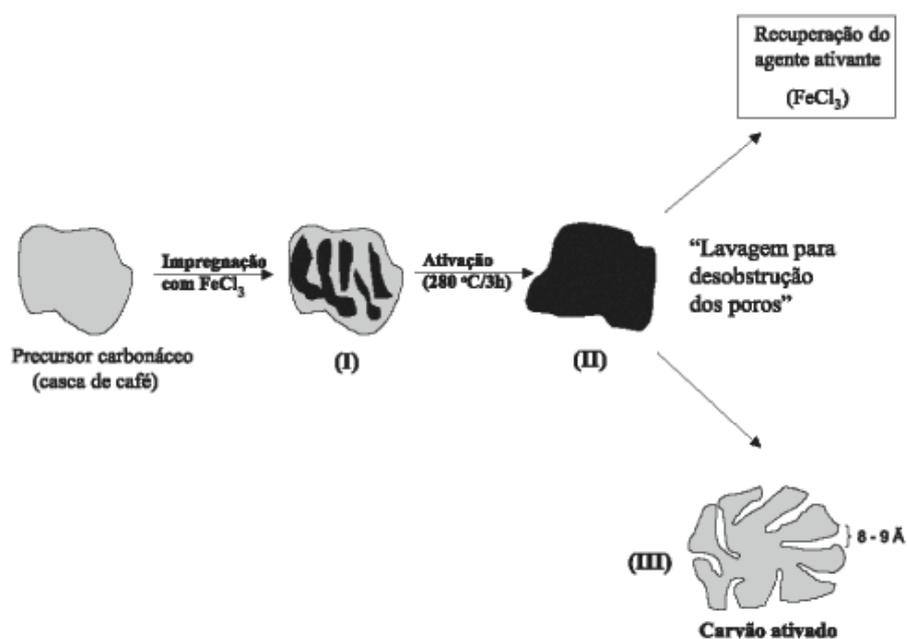


FIGURA 2. Esquema das etapas de preparação do carvão ativado.

Adaptado PEREIRA, 2008.

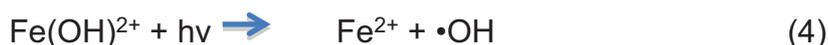
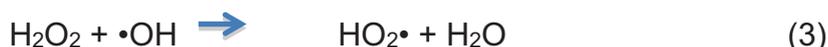
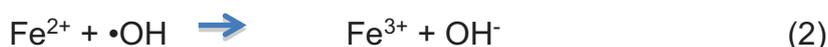
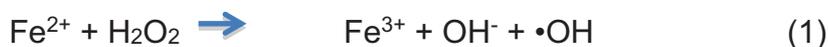
Outra tecnologia muito utilizada no tratamento de efluente são os processos oxidativos avançados (POA's), considerados tratamentos de alta eficiência na remoção de compostos farmacêuticos persistentes no ambiente. O princípio presente nos POA's é baseado na utilização de variados compostos como peróxido de hidrogênio, ozônio, radiação UV, ou até mesmo a combinação

desses, com a intenção de produzir radicais hidroxilas ($\bullet\text{OH}$). O radical hidroxila, considerado uma espécie fortemente oxidativa, não é seletiva. Sendo assim, oxida uma vasta quantidade de compostos orgânicos, resultando em água, dióxido de carbono e íons inorgânicos. (GAMA, 2012).

No processo Fenton, a formação do radical hidroxila é iniciada através da decomposição catalítica do peróxido de hidrogênio, utilizando o Fe^{2+} como catalisador (equação 1). Em meio ácido, e em ausência de substrato, Fe^{2+} é oxidado pelo peróxido à Fe^{3+} , enquanto que H_2O_2 decompõe formando radical hidroxila.

Como é possível visualizar nas equações 2 e 3, Fe^{2+} e peróxido de hidrogênio podem agir como seqüestrantes de radical hidroxila, o que exige a utilização de quantidades otimizadas.

O processo que combina a reação Fenton com a radiação ultravioleta é conhecida como processo foto-Fenton (equação 4). Nesse processo, a eficiência na oxidação da matéria orgânica é melhorada, pois a fotólise do peróxido de hidrogênio é capaz de aumentar a velocidade de produção do radical hidroxila. (NOGUEIRA, 2007).



O mecanismo que ocorre na degradação dos compostos orgânicos pelo processo Fenton e foto-Fenton depende da natureza estrutural desse constituinte. Em caso de hidrocarbonetos, os radicais hidroxila abstraem o hidrogênio, provocando a oxidação do composto orgânico. Após a remoção, ocorre uma adição de oxigênio molecular, o que ocasiona a formação de radicais peróxidos. Os radicais peróxidos iniciam uma reação térmica em cadeia, a qual resulta na degradação do hidrocarboneto à CO_2 , água e sais minerais. (NOGUEIRA, 2007)

3. OBJETIVOS GERAIS E ESPECÍFICOS

3.1. OBJETIVO GERAL

Este projeto tem como objetivo a caracterização de águas residuais de serviços de saúde do Hospital de Clínicas da Universidade Federal do Paraná, enfatizando parâmetros físico-químicos e espécies inorgânicas descritos na legislação específica, assim como algumas espécies orgânicas que possam ser utilizadas como traçadores.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Realização de inventário das principais linhas de resíduos líquidos do serviço de saúde do HC/UFPR, selecionado como modelo, enfatizando-se o seu tratamento e destino.
- Caracterização físico-química dos resíduos, levando-se em consideração os padrões de lançamento exigidos por lei.
- Determinação de espécies elementares de relevância, levando-se em consideração os padrões de lançamento exigidos por lei.
- Determinação de espécies orgânicas de relevância (ex: fármacos), levando-se em consideração a natureza de cada linha de resíduos identificada.
- Contribuir com a elaboração de um Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde (PGRSS), conforme as características dos resíduos gerados e a classificação especificada na resolução.
- Estudo da eficiência de tratamentos POA's e de adsorção em carvão ativado, de uma linha de resíduos líquidos do HC/UFPR.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO

O Hospital de Clínicas da Universidade Federal do Paraná (HC/UFPR) foi inaugurado em 1961, sendo considerado um hospital de referência em serviços de saúde. Todos os atendimentos são realizados de forma gratuita, pois é totalmente financiado pelo Sistema Único de Saúde (SUS). O complexo do Hospital de Clínicas está localizado na rua General Carneiro número 181, no bairro alto da glória da cidade de Curitiba no estado do Paraná.

O hospital é classificado como de nível terciário, atendendo somente casos de médio e grave risco. É caracterizado como um hospital universitário que, além de tratamento para pacientes, proporciona o ensino e a pesquisa. No seu corpo funcional incluem-se médicos, professores e residentes, os quais realizam atendimento médico na área assistencial, desenvolvem o ensino, a pesquisa científica e atividades de extensão.

O Hospital de Clínicas da Universidade Federal do Paraná é o maior hospital do Estado do Paraná e o terceiro maior hospital universitário do Brasil. Com uma área construída de 63 mil m², conta com 510 leitos (471 ativos) e 211 consultórios, em 59 especialidades.

O HC/UFPR conta com aproximadamente 2900 funcionários, dos quais 369 são do corpo médico, 277 são médicos residentes, 60 são residentes multiprofissionais e 266 são docentes do curso de medicina.

A média de atendimentos por mês é de quase 61 mil pacientes, com 1464 internações e 837 cirurgias. Estas atividades levam a um consumo diário de aproximadamente 360.000 litros de água, o que se traduz na geração de aproximadamente 40.000 litros de água residual ao dia, a qual não conta com nenhum tratamento específico. Informações retiradas da página institucional do site do Hospital de Clínicas/ UFPR.

4.2. ESTUDOS PRELIMINARES

Inicialmente foi realizado um estudo de caracterização do local selecionado, Hospital de Clínicas da Universidade Federal do Paraná (HC/UFPR), objetivando-se identificar as principais linhas de resíduos (esgoto), assim como a sua provável composição.

Com a intenção de auxiliar no rastreamento de possíveis focos de contaminação foi encaminhada uma consulta às diferentes repartições do Hospital, solicitando informações sobre os produtos químicos mais utilizados no setor. Após a coleta de dados, foi estabelecida a listagem dos contaminantes com maior potencial tóxico e maior concentração, que podem ser encontrados em cada saída de esgoto do HC/UFPR.

Com a definição das possíveis contribuições químicas dos setores no efluente hospitalar, foi necessária a identificação das saídas de interesse. Em função de várias ampliações realizadas desde 1961, o Hospital conta com inúmeras bifurcações em seu sistema hidráulico e sanitário. Com a intenção de verificar e mapear as saídas de esgoto foi utilizada a técnica do corante azul (técnica utilizada pela SANEPAR), a qual permite visualizar o local de esgotamento do resíduo de interesse.

4.3. COLETA DE AMOSTRAS DE ESGOTO DO HC/UFPR

Para a coleta das amostras foram seguidas as orientações do método Environmental Protection Agency USA (EPA-USA) 200.2, que orienta a preparação da amostra para analitos totais recuperáveis em águas subterrâneas, potáveis e residuais.

A amostragem foi realizada em triplicata, em três campanhas amostrais (06/08/2013, 16/10/2013 e 15/01/2014). Nos três dias, as amostras foram coletadas no período da manhã, já que é o horário de maior fluxo de pessoas e maior demanda de análises, esse horário também facilitou para otimizar o tempo e facilitar alguns processamento imediatos necessários das análises.

As amostras foram coletadas conforme descrito no método EPA 200.2, com o auxílio de um recipiente preso á uma corda, o qual permitiu a coleta em

locais de difícil acesso (FIGURA 3). De forma a melhorar a representatividade amostral, para cada ponto de coleta foram retiradas 7 amostras de aproximadamente 100 mL, com intervalos de 5 minutos, depositando em frasco previamente limpo. Todos os recipientes e vidrarias utilizadas foram preparados de acordo com as recomendações do método, envolvendo lavagem e permanência em banho de ácido nítrico por 24 horas. Para prevenir a alteração das amostras, as mesmas foram condicionadas a temperatura de 5° C, em geladeira.



FIGURA 3. Imagens dos pontos da coleta das amostras.

4.4. CARACTERIZAÇÃO DAS AMOSTRAS

4.4.1. Medidas *in loco*

A temperatura das amostras foi registrada logo após a coleta, utilizando-se termômetro de mercúrio de escala compreendida entre -20°C e 110°C , com graduação de $1/10^{\circ}\text{C}$ marca Promolab.

O pH das amostras foi medido em potenciômetro portátil digital (Digimed, 330i) equipado com eletrodo combinado de vidro, prévia calibração com soluções tampão de pH 4,0 e pH 7,0.

As medidas de condutividade elétrica das amostras do efluente hospitalar foram realizadas com o auxílio de um condutivímetro digital portátil da marca Digimed (DM-32), seguindo-se o procedimento de operação definidas pelo fabricante.

4.4.2. Determinação de espécies elementares

Espécies elementares foram determinadas por espectrometria de emissão ótica com fonte de plasma indutivamente acoplado (ICP OES), utilizando-se equipamento Thermo Scientific, modelo ICAP 6500.

A técnica de ICP OES é baseada na medida da radiação eletromagnética emitida por átomos excitados em um plasma. Esse plasma, encontrado nos dispositivos dos equipamentos de ICP OES, normalmente é constituído do gás argônio o qual possui uma mistura gasosa com alta quantidade de íons positivos e negativos. Três tubos concêntricos de quartzo formam a tocha de plasma. O princípio da técnica é a geração do plasma através da integração entre três componentes principais: uma tocha, uma bobina de indução magnética e uma fonte de rádio frequência. (FIGURA 4). A primeira etapa do processo é a atomização, aonde uma amostra é aquecida até sua volatilização produzindo íons e átomos em fase gasosa. Esses átomos permanecem cerca de 2 ms em temperaturas entre 4000 e 8000 K. O campo magnético induzido acelera os elétrons, os mesmos colidem entre si devido a trajetória em espiral, essas

colisões provocam uma transferência de energia e conseqüentemente a elevação na temperatura. (Skoog, 2002).

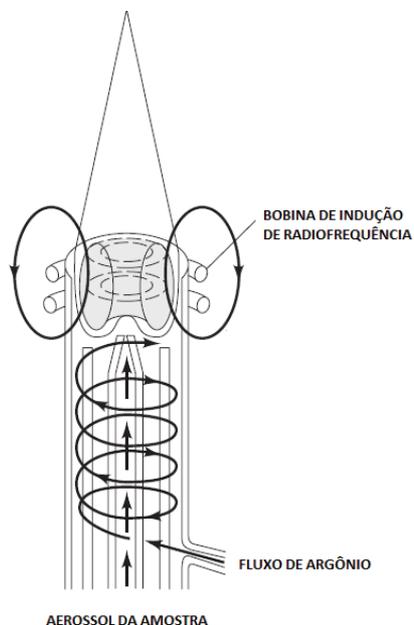


FIGURA 4 . Esquema do funcionamento da tocha de ICP OES Adaptado de Skoog, 2002, p. 803.

A digestão das amostras foi realizada por dois processos distintos, um efetuado por digestão ácida em ambiente aberto (EPA, 200.7) (FIGURA 5A) e outro assistido por micro-ondas (método EPA, 3015a)(FIGURA 5B).

O EPA 200.7 é usado para determinar os metais e não-metais em algumas soluções, este método é a consolidação dos métodos existentes para água em geral, águas residuais e resíduos sólidos. A digestão em ambiente aberto foi fundamentada no método EPA 200.7, recomendado para monitoramento de metais em água potável e em outras amostras aquosas, após filtração, preservação com ácido nítrico ($\text{pH} < 2$) e repouso por 16 horas.

O método EPA 3015a é um Procedimento Operacional Padrão (POP) que define os procedimentos de digestão e análise dos metais na água e matrizes sólidas, utilizando digestão com aquecimento por microondas para posteriormente caracterização no ICP OES.

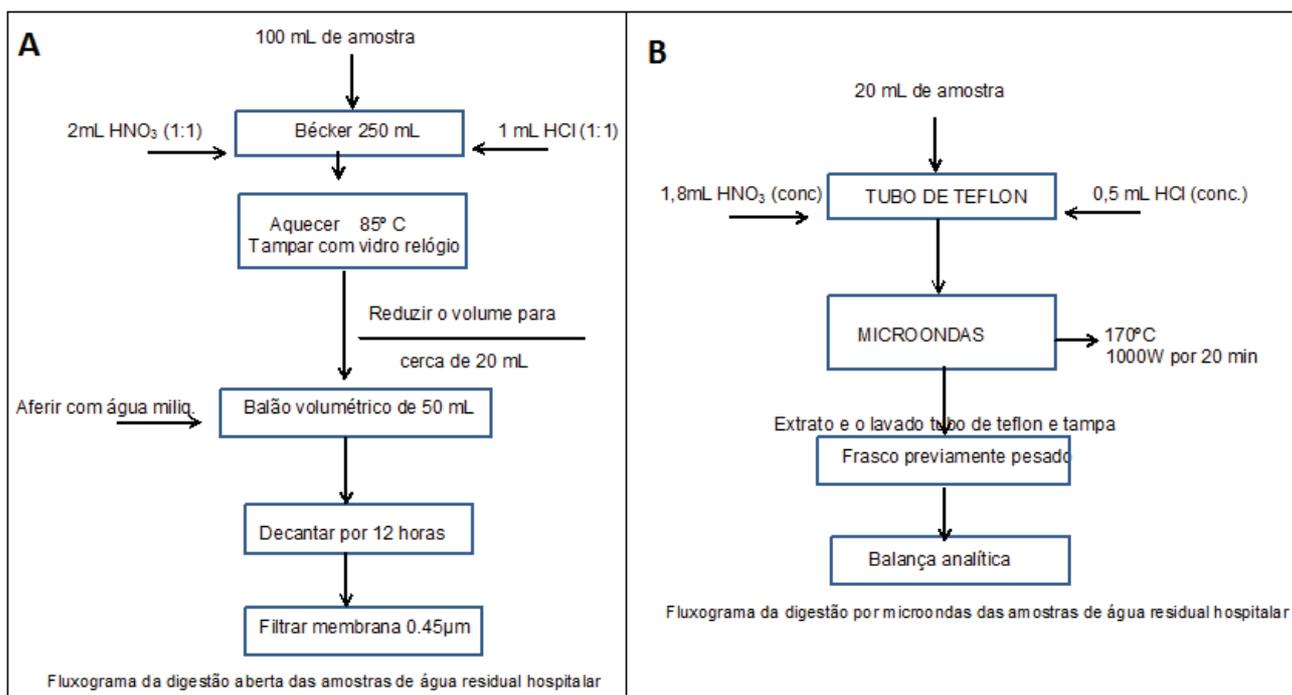


FIGURA 5. Fluxogramas dos procedimentos das digestões realizadas com as amostras.

A digestão em ambiente aberto foi realizada em becker de 250 mL, utilizando-se 100 mL da amostra, 2 mL de ácido nítrico aquoso (1:1 v/v) e 1 mL de ácido clorídrico aquoso (1:1 v/v). O becker foi tampado com vidro de relógio e aquecido em chapa de aquecimento à temperatura de aproximadamente 85 °C, até redução do volume inicial para cerca de 20 mL. Após resfriamento a solução foi transferida para balão volumétrico de 50 mL que foi completado com água deionizada (FIGURA 6).



FIGURA 6 - Digestão ácida por chapa de aquecimento das amostras.

A digestão assistida por microondas foi realizada em tubos de teflon®, utilizando-se 20 mL de amostra, 1,8 mL de ácido nítrico e 0,5mL de ácido clorídrico concentrados (FIGURA 7a). Em seguida os frascos de teflon® foram transferidos para o forno, sendo iniciado o programa de aquecimento a 170°C, em potência de 1000 W por 20 min. (FIGURA 7b). Posteriormente o extrato foi transferido para um frasco previamente pesado, determinando-se novamente a massa em balança analítica.

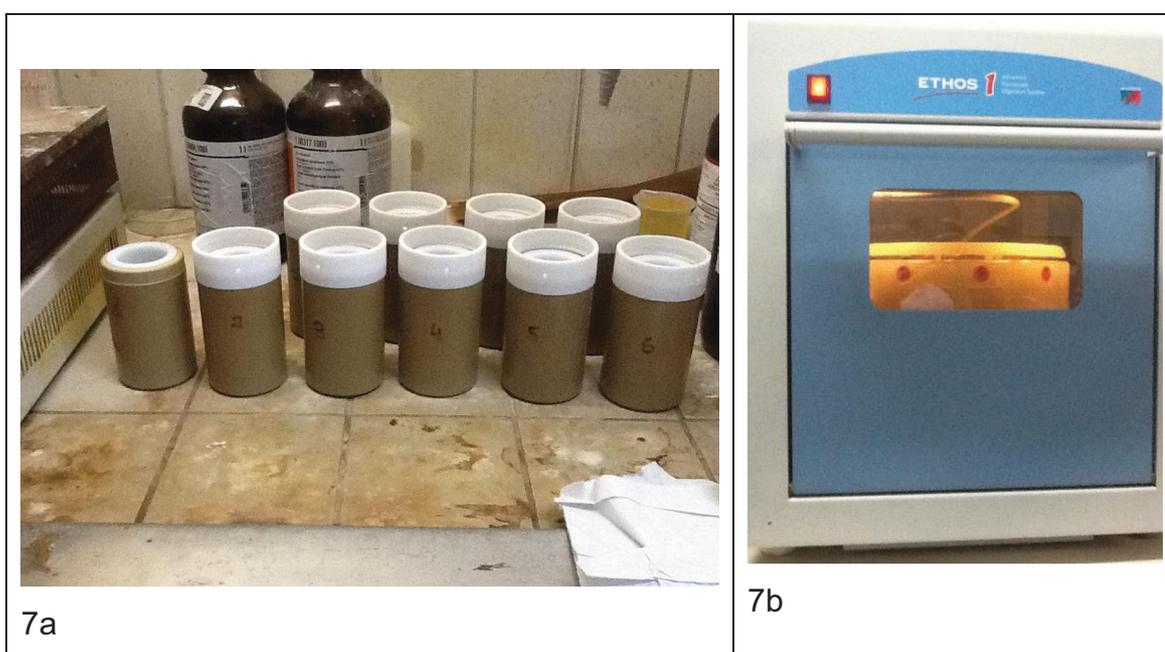


FIGURA 7. Digestão por microondas das amostras de água residual hospitalar. 7a : frascos de teflon® com as amostras e reagentes. 7b : Equipamento

A calibração foi realizada com padrões aquosos contendo as espécies de interesse (As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Mo, Ni, Pb, Se, Zn, Ag, Sb e V) em 10 diluições sendo que as concentrações estavam entre 0,01 e 10 mg L⁻¹.

4.4.3. Determinação de demanda química de oxigênio (DQO)

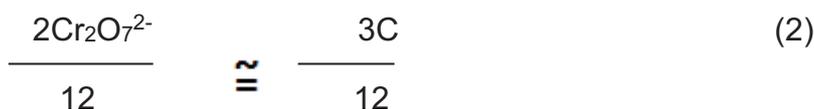
A determinação da demanda química de oxigênio foi realizada conforme o método 508 do Standard Methods (1995), aonde a amostra é aquecida em

recipientes fechados, com dicromato de potássio em meio fortemente ácido. Conforme ROCHA (1990), essa técnica é baseada na oxidação química da matéria orgânica por dicromato de potássio a altas temperaturas, entre 120 e 150 °C e em meio ácido, na presença de um catalisador de sulfato de prata.

Na determinação da DQO é medida a quantidade de dicromato (oxidante) necessário no rompimento da matéria orgânica. Sendo assim, quanto mais oxidante é consumido, altos níveis de compostos orgânicos oxidáveis são encontrados, e quanto menos oxidante é consumido, mais baixos níveis de orgânicos oxidáveis estão presentes na amostra.

A equação química da reação que ocorre na DQO (equação 1), ilustra a dependência do sistema em um meio fortemente ácido e a mudança no estado de cromo hexavalente (Cr^{6+}) para o estado de cromo trivalente (Cr^{3+}).

Na reação de oxi-redução é possível definir o equivalente-grama para o carbono (equação 2), sendo assim, para cada mL da solução de dicromato N equivalente a 3 mg de carbono (C) oxidado proveniente da amostra. (CARDOSO, 2004).



As análises foram realizadas adicionando-se ao frasco de digestão 2,0 mL de amostra, 1,5 mL de solução digestora, contendo dicromato de potássio, ácido sulfúrico e sulfato de mercúrio, e 3,0 mL de solução catalítica de sulfato de prata em ácido sulfúrico. A mistura foi aquecida a $150 \pm 2^\circ\text{C}$ por 120 minutos. Após o resfriamento, a absorbância da amostra foi medida em 600 nm.

4.4.4. Determinação de fenóis totais

A determinação de espécies fenólicas foi realizada segundo método padrão (APHA-5550B, 1995). O método fundamenta-se na reação de óxido-redução entre

espécies de caráter fenólico e o reagente de Folin (ácidos tungstofosfórico e molibidofosfórico), em tampão carbonato-tartarato, com formação de um complexo com absorção máxima em 700 nm. Ácido gálico foi utilizado como padrão de calibração, obtendo-se curvas lineares na faixa compreendida entre 2 e 50 mg L⁻¹.

4.4.5 Análise toxicológica

O teste de toxicidade da água residual hospitalar foi realizado utilizando-se como bioindicador exemplares da espécie *Artemia salina* e procedimentos fundamentados na metodologia padrão EPA-USA, 2002.

Para a eclosão dos ovos de *Artemia salina* e para a diluição das amostras foi utilizada uma solução de sal marinho, em concentração de 30 g L⁻¹.

O pH das amostras foi ajustado entre 8,0 e 9,0, utilizando-se solução 0,01 mol L⁻¹ de NaOH. Os ovos foram colocados para eclodir na solução salina por 48 horas, com aeração e controle constante da temperatura a 25 °C.

O viveiro utilizado para a eclosão foi montado utilizando uma garrafa pet cortada e invertida, um compressor de ar (marca Chang, modelo β-3000) instalado com a entrada de ar no fundo, de modo que sempre os ovos estivessem em movimento e em contato com o oxigênio do ar (FIGURA 8A).

Após a eclosão, 10 nauplius de *Artemia salina*, indivíduos jovens da espécie, (FIGURA 8B) foram transferidos para placas de Petri contendo a solução salina e diluições das amostras a serem testadas a 100%, 75%, 50%, 25%, 12.5%, 6.25% e 3.12 (FIGURA 8C).

O ensaio foi realizado em duplicata, sendo a contagem dos animais mortos e vivos realizada após 24 horas da exposição

Anteriormente a análise das amostras de esgoto hospitalar foi realizada a validação do lote do micro crustáceo, por meio do teste de sensibilidade frente ao dicromato de potássio. Com este objetivo, 10 nauplius de *Artemia salina* foram colocados em contato com soluções de dicromato de potássio em concentração entre 0,01 e 100 mg L⁻¹. O lote foi considerado válido quando a morte do organismo teste foi menor que 10% na solução mais diluída e maior que 80% na solução mais concentrada.

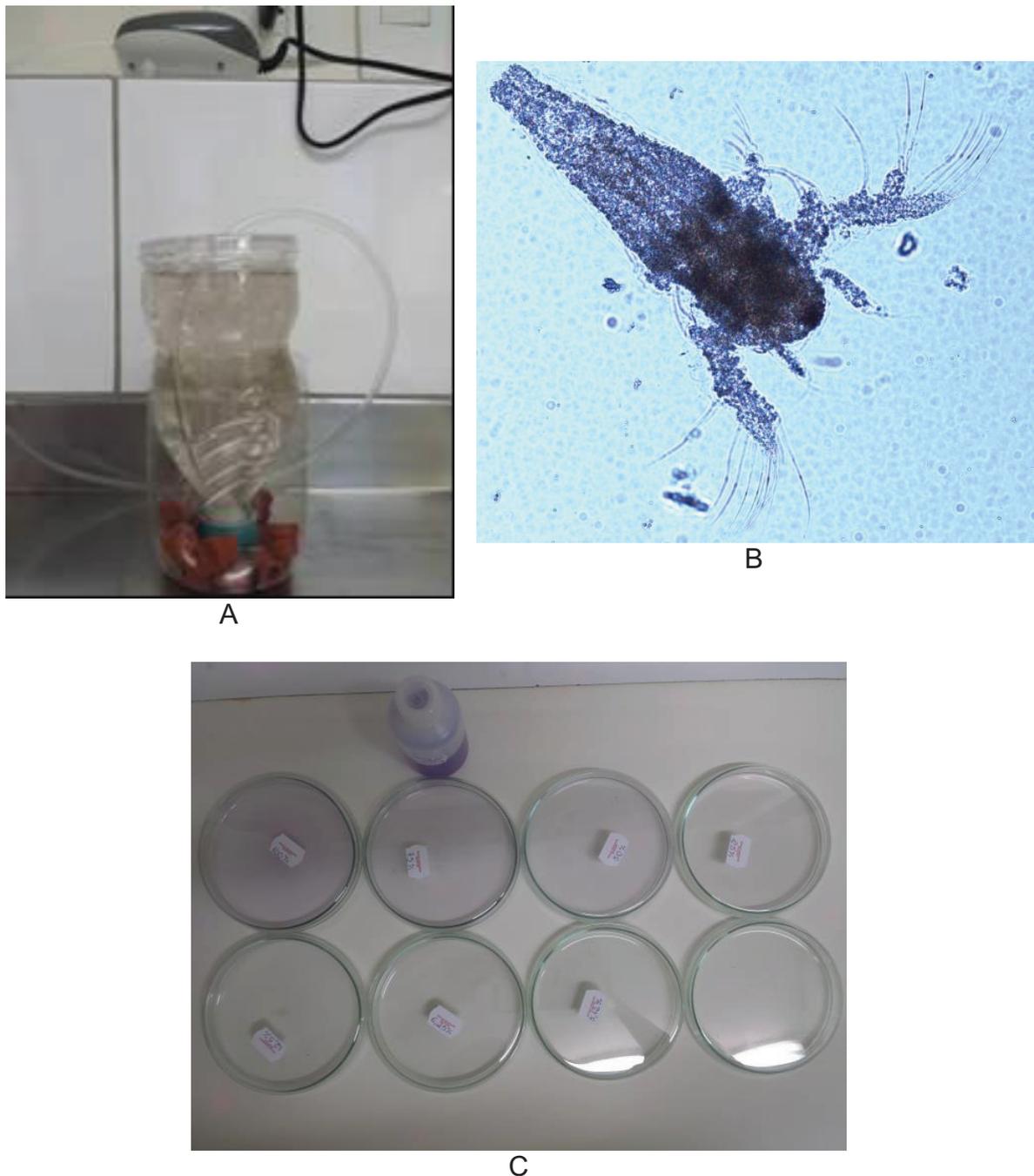


FIGURA 8. Viveiro contendo cistos de *Artemia salina* A), *nauplius* de *Artemia salina* (B) e placas de Petri contendo as diversas diluições de um resíduo em avaliação (C).

4.4.6. Outras determinações.

Para complementar a caracterização dos resíduos, outras determinações foram realizadas: nitrogênio Kjeldahl, nitrogênio amoniacal, nitrogênio orgânico,

nitrogênio total, fosfato, nitrato, nitrito, e a demanda bioquímica de oxigênio (DBO), todos os parâmetros analisados foram fundamentados nos métodos descritos na TABELA 3.

Para essas análises foi preciso realizar uma coleta de 5 litros de cada ponto, a coleta seguiu as mesmas condições das coletas anteriores e as amostras foram condicionadas em isopor até entrega ao laboratório.

TABELA 3. Métodos utilizados para a determinação dos parâmetros indicados.

Parâmetro	Método	Referência
Nitrogênio Kjeldahl	Método Macro-Kjeldahl (4500-Norg B).	NBR 10560
Nitrogênio amoniacal	Destilação: Método 4500-NH3 B Titulação: Método 4500-NH3 C	NBR 10560
Nitrogênio orgânico	Método Macro-Kjeldahl (4500-Norg B).	NBR 10560
Nitrogênio total	Método Macro-Kjeldahl (4500-Norg B).	NBR 10560
Fosfato	Método do cloreto estanhoso (4500-P D)	NBR 10217
Nitrato	Método de redução com cádmio (4500-NO3- E)	NBR 12620
Nitrito	Métodocolorimétrico (4500-NO2- B).	NBR 12619
DBO	Método 5210 B	NBR 12614

4.5. TRATAMENTO DE UMA DAS LINHAS DE RESÍDUO:

A amostra de esgoto hospitalar selecionada para a realização dos testes de tratamento foi à amostra coletada no ponto dos equipamentos da Unidade de Apoio ao Diagnóstico do HC/UFPR. Essa escolha se deve ao fato que nesse ponto ocorre o despejo direto de produtos químicos utilizados nos laboratórios, o

que leva a geração de um resíduo de forte coloração e elevada toxicidade, característica esta última que impossibilitou o crescimento da semente de lodo utilizada na avaliação da DBO.

De acordo com informações coletadas, um dos corantes mais utilizados na rotina dos laboratórios é o MAY GRÜNWARD – GIEMSA, utilizado com a finalidade de corar células de sangue periférico, medula óssea ou para estudo citológico de elementos celulares no setor de Hematologia (MOURA, 1992). Na composição desse corante está presente o azul de metileno, que confere a cor azulada característica do resíduo em questão. No espectro de absorção UV-VIS, o azul de metileno apresenta duas bandas características, centradas em 670 nm e 610 nm. A primeira está associada à forma monomérica do corante, enquanto que a segunda, praticamente um “ombro”, refere-se à uma transição com acoplamento vibracional, característico do corante. (NEUMANN, 2000).

Outro corante muito empregado no setor de Bacteriologia do HC/UFPR é a fucsina. Esse corante é um pigmento utilizado para corar bactérias do tipo Gram positivo e negativo, além de outros microrganismos. A banda de absorção na região do visível pode ser verificada em torno de 545 nm. (JUNIOR, 2010)

4.5.1 TRATAMENTO DE UMA DAS LINHAS DE RESÍDUO: Utilizando a técnica de adsorção em carvão ativado.

O tratamento utilizado neste trabalho para a obtenção do carvão ativado foi a carbonização e a etapa de ativação química. Para isso, foi adicionado 40g do ativante químico (cloreto de ferro III) com 20g do precursor (bagaço de cana seco em estufa) levado ao reator pelo período de 24 horas, obtendo-se uma massa de 85,2g. Após esse processo de impregnação a massa obtida foi ao forno para a carbonização á uma temperatura de 600 °C por um período de 4 horas, obtendo uma massa de 32 g. Após a carbonização iniciou-se o processo de lavagem, realizado com 50 mL de solução aquosa de HCl 10% (5 lavagens) e 50 mL de água deionizada quente (59 lavagens), obtendo-se por fim uma massa de 9,13 g de carvão ativado.

O sistema de extração foi montado em uma seringa de plástico de 50 mL, contendo 2,5 g de carvão ativado (FIGURA 9). Cinco amostras de 100 mL de resíduo foram passadas consecutivamente em fluxo descendente.

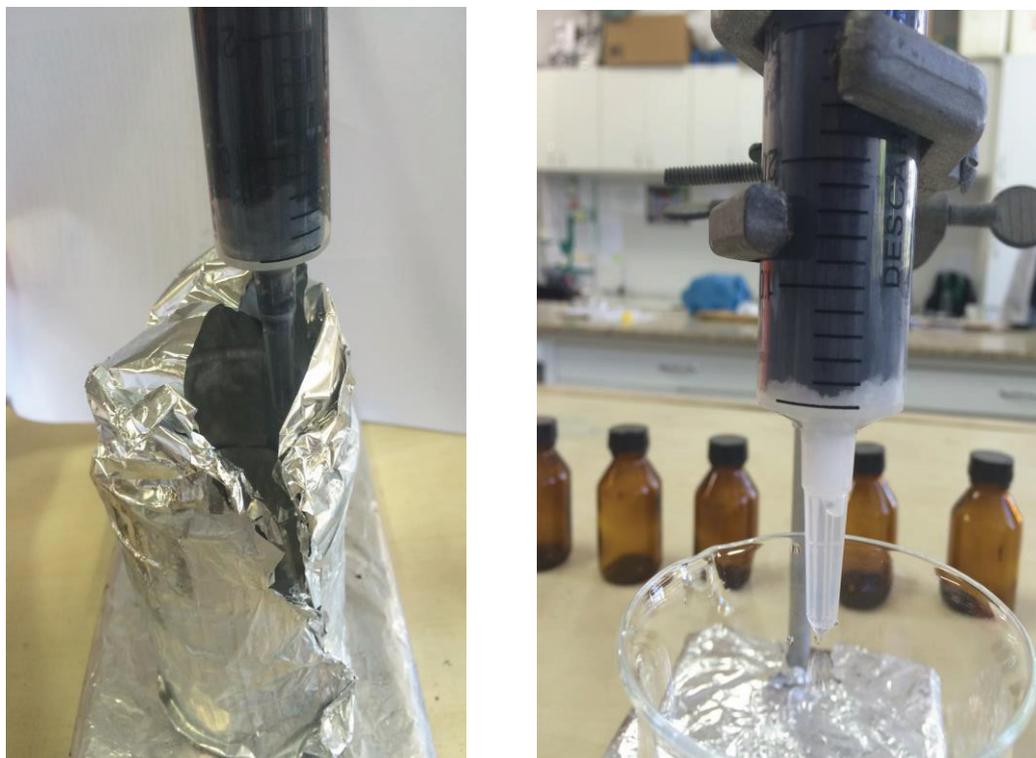


FIGURA 9. Fotos do esquema de empacotamento do carvão ativado na seringa para o tratamento das amostras.

4.5.2 TRATAMENTO DE UMA DAS LINHAS DE RESÍDUO: Utilizando a técnica dos processos fenton.

O tratamento Fenton realizado na amostra foi executado utilizando 200 mL da amostra, em pH ajustado em 2 com solução de H_2SO_4 . Foi condicionado em um agitador magnético e envolvido em papel alumínio para a proteção da luz, sendo posteriormente adicionado o sulfato ferroso e o peróxido de hidrogênio, em concentrações previamente otimizadas por sistemas de planejamento fatorial de experimentos. (FIGURA 10b)

O tratamento foto-Fenton foi realizado em idêntica condição. Porém, para a produção da radiação foi necessária uma lâmpada a vapor de mercúrio de 125 W, a qual foi mergulhada na solução com auxílio de um bulbo de vidro Pyrex (radiação UVA).(FIGURA 10a).

Após o tratamento foi possível obter uma comparação final dos dois tratamentos (FIGURA 10c), aonde no Becker da direita temos o resultado do tratamento utilizando o processo Fenton, já no Becker da esquerda visualizamos o resultado da utilização do tratamento foto Fenton na amostra coletada no ponto dos equipamentos da Unidade de Apoio ao Diagnóstico do HC/UFPR.

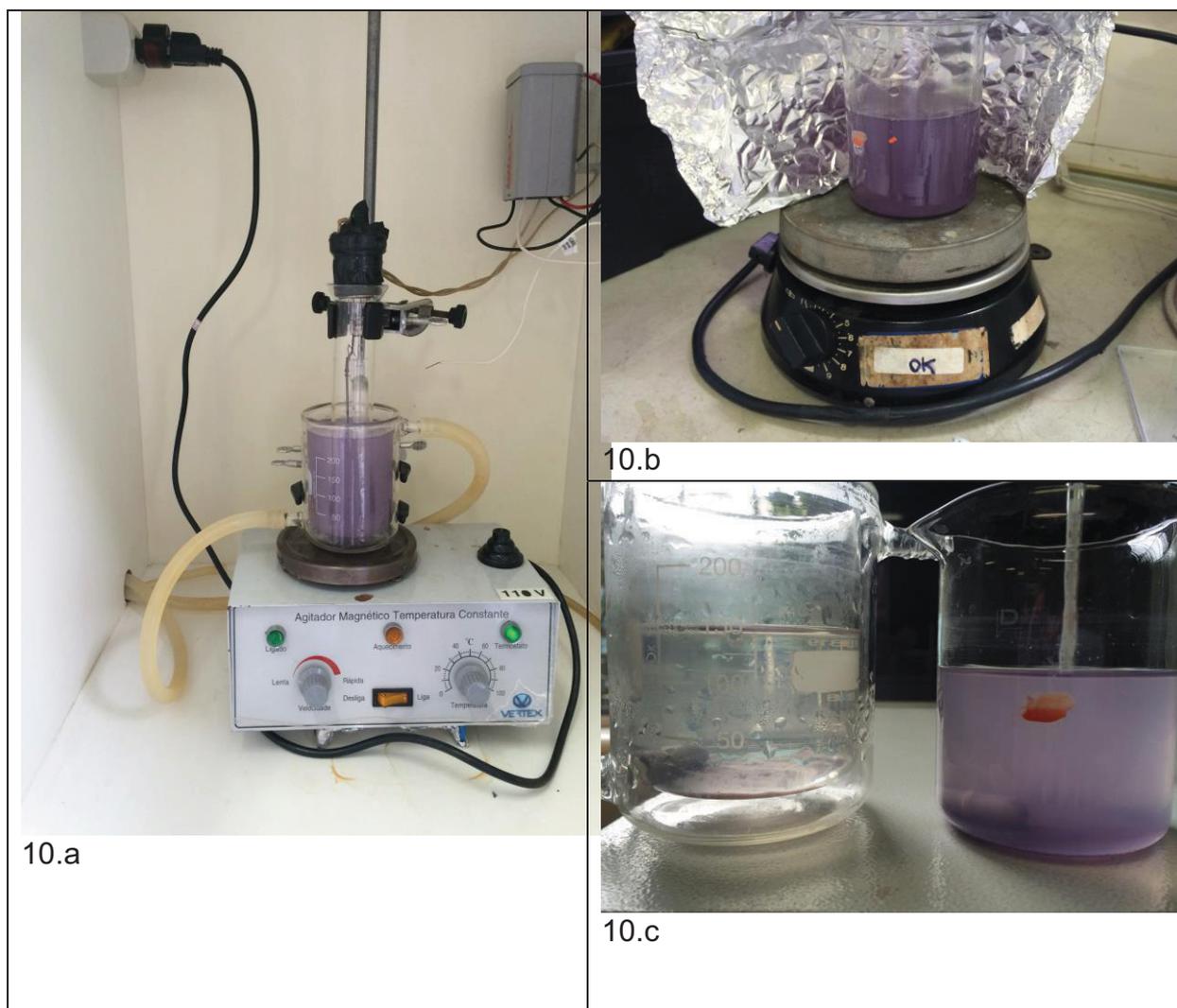


FIGURA 10. Tratamentos POA's realizados na amostra do ponto Equipamentos. 10.a: Esquema de tratamento foto Fenton. 10.b: Esquema de tratamento Fenton. 10.c: Comparação final dos dois tratamentos (Becker da direita: tratamento Fenton, Becker esquerda; tratamento foto Fenton).

Durante os processos foram coletadas alíquotas de 10 mL em intervalos, as quais foram filtradas em membrana de acetato de celulose (0,45 mm) e submetidas a controle analítico.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO:

5.1.1. Estudos Preliminares:

Conforme descrito na Portaria SSST n.º 25, 29 de dezembro de 1994, o Programa de prevenção dos Riscos Ambientais (PPRA) é uma Norma Regulamentadora – NR, que estabelece a obrigatoriedade da elaboração e implementação de um programa visando à preservação da saúde, e da integridade dos trabalhadores pela instituição empregadora. Tem como ideia principal a antecipação, reconhecimento, avaliação e consequente controle da ocorrência de riscos ambientais existentes, ou que venham a existir no ambiente de trabalho, tendo em consideração a proteção das pessoas, do meio ambiente e dos recursos naturais.

O Hospital de Clínicas da UFPR dispõe de um programa de prevenção dos riscos ambientais, sendo que um de seus atributos é o mapeamento dos produtos químicos utilizados na instituição. A principal finalidade nesse caso é o mapeamento de áreas de risco, que utilizam produtos classificados como tóxicos para o funcionário de cada setor do HC/UFPR.

Neste contexto, a análise do PPRA para a identificação de produtos químicos na água residual do HC/UFPR se torna viável, já que o presente projeto tem por finalidade analisar a contribuição química de algumas saídas de esgoto em relação ao todo. A utilização de um mapeamento que delimita os produtos utilizados em cada setor do HC/UFPR faz com que melhore a definição dos parâmetros analisados em cada área, assim como a seleção dos pontos de coleta.

5.1.2. Definição dos pontos para coleta

A definição dos pontos de coleta foi estabelecida mediante uma análise detalhada das possíveis contaminações por setor na HC/UFPR. Para essa definição foi levada em consideração a análise do PPRA da instituição e as informações coletadas com o responsável pelos resíduos hospitalares do Hospital de Clínicas da UFPR, bem como a contribuição dos funcionários com a resposta ao questionário enviado aos setores (TABELA 4). Para a seleção das espécies químicas exibidas na tabela 2, foram listados todos os reagentes que estavam presentes no PPRA do Hospital de Clínicas/UFPR e enviado para os setores selecionados. Essa seleção dos setores de interesse, seguiu o critério de maior carga de produto químico utilizado.

TABELA 4: Resumo das informações coletadas a partir dos questionários enviados aos setores indicados do HC/UFPR, **lav:** lavanderia/roupa hospitalar, **far:** farmácia, **rad:** radiologia médica, **bs:** banco de sangue/hemoterapia, **pa:** pronto atendimento, **bq:** bioquímica, **cs:** central de soluções, **he:** hematologia, **mi:** micologia, **ba:** bacteriologia, **ma:** manutenção hospitalar, **ps:** parasitologia.

Espécies químicas utilizadas	Setores											
	lav	far	rad	bs	pa	bq	cs	he	mi	ba	ma	ps
ÁCIDO BÓRICO							X					X
ÁCIDO OXÁLICO		X					X	X				
ÁCIDO SULFOSSALICÍLICO		X					X					
AZIDA SÓDICA		X					X					
BICARBONATO DE SÓDIO		X				X	X	X				
BICARBONATO DE POTÁSSIO							X					
BIFTALATO DE POTÁSSIO							X					
BISSULFITO DE SÓDIO		X					X					
CARBONATO DE SÓDIO						X	X					
CIANETO DE POTÁSSIO							X					
CITRATO DE FERRO AMONÍACAL							X					X

CLORETO DE CÁLCIO		X					X					
CLORETO DE FERRO		X					X					
CLORETO DE POTÁSSIO							X					
CLORETO DE SÓDIO							X					
CLORIDRATO DE CISTEÍNA												
DITIONITO DE SÓDIO							X					
SULFATO DE ZINCO		X					X	X				X
ESCULINA							X					
FENOL							X					
FENOLFTALEÍNA							X					
FOSFATO DE SÓDIO MONOBÁSICO							X					
FOSFATO DE SÓDIO DIBÁSICO ANIDRO							X					
FOSFATO DE POTÁSSIO DIBÁSICO							X					
FOSFATO DE POTÁSSIO MONOBÁSICO							X					
HIDRÓXIDO DE SÓDIO		X					X					
BENZINA							X			X		
IODO		X		X	X		X	X				X
LATEX/TALCO	X	X			X							
GLUTARALDEÍDO					X							X
FORMOLDEÍDO							X					X
OXIDO NITROSO							X					
ANTINEOPLÁSICO		X			X							
HIPOCLORITO DE SÓDIO	X	X					X					
ÁLCOOL	X	X	X	X	X	X	X				X	
CLOREXIDINA	X	X		X	X							
ÁGUA OXIGENADA		X			X		X					
ÉTER		X					X					
NITROGÊNIO		X										
ANTIBIÓTICO		X			X		X					
ACIDO ACÉTICO		X					X					
ACIDO CLORIDRICO		X					X					
ACIDO SULFURICO		X					X					
TAMPÕES				X					X	X	X	X
ALCOOL AMÍLICO							X					
ALCOOL METILICO /		X					X	X				

METANOL												
BENZOATO DE BENZILA							X					
ETER		X					X					
FORMALDEIDO							X					
GLICERINA PA							X					X
OLEO DE IMERSÃO							X					X
ACETONA PA		X	X				X					X
ACIDO ACÉTICO							X					
AZUL DE METILENO							X	X				X
AZUL DE TOLUIDINA							X					
EOSINA AZUL DE METILENO-MAY GRUNWALD							X	X				X
EOSINA AZUL DE METILENO-GIEMSA							X	X				X
QUIMIOTERÁPICOS		X										
REVELADOR DE RX			X									
REFORÇADOR RX			X									
XILENO								X				

De acordo com as informações coletadas, os setores que possuem potencial de contaminação do efluente hospitalar são: a farmácia manipulação, a radiologia médica, a área de quimioterapia, a manutenção, a anatomia patológica e os laboratórios. Observado a TABELA 4, é possível evidenciar que o local com a maior quantidade de produto químico presente é o setor de central de soluções. É notória essa descoberta, já que é nesse setor que são preparados todas as soluções químicas para o Hospital de Clínicas/UFPR.

Após o rastreamento feito através do corante azul, foram identificadas as 4 saídas de interesse, as quais estão listadas na TABELA 5 e podem ser visualizadas na representação esquemática da planta do HC/UFPR (FIGURA 11), bem como na projeção em 3D da estrutura do HC/UFPR (FIGURA 12).

TABELA 5. Setores de interesse, localização e saídas de esgoto.

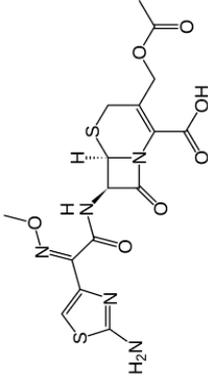
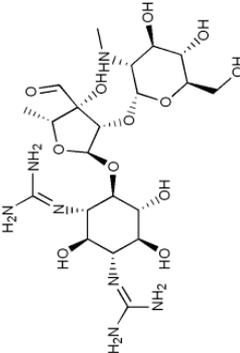
Setor	Localização no Hospital*	Saída de esgoto
Farmácia de manipulação	2º andar prédio central	Em frente ao prédio central (Prédio Central).
Radiologia médica	2º andar prédio central	
Área de	Anexo B - 4º andar	Subsolo do prédio novo

quimioterapia		(Prédio Novo)
Manutenção	Anexo D - 1º andar	
Anatomia patológica	Anexo D - 2º andar	
Laboratórios	Setor de ciências da saúde	Tanques de limpeza: em frente ao estacionamento do laboratório (Laboratório)
		Equipamentos: saída lateral do laboratório (Laboratório equipamentos)

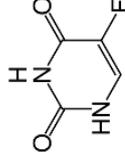
É importante salientar que a maioria dos escoamentos de águas residuais dos setores do HC/UFPR, antes de ser enviada a rede pública de esgoto, acaba se encontrando em uma fossa maior, a qual se localiza na frente do prédio central. A unidade dos laboratórios possui seu esgoto ligado diretamente à rede pública de esgoto.

Com base nas informações preliminares foi organizada uma lista de compostos que poderia ser encontrada no esgoto do HC/UFPR, grande parte dos quais estão associados ao preparo e à administração de medicamentos aos pacientes, à limpeza de materiais e/ou equipamentos e a derrames em saídas para o esgoto (TABELA 6). Alguns compostos são descartados separadamente no setor da central de soluções, aonde existe uma bombona para descarte de resíduos químicos, e assim, a princípio não devem estar presentes no esgoto.

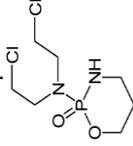
TABELA 6. Principais espécies químicas utilizadas nos diversos setores do HC/UFPR.

	Setores	Espécies químicas de uso frequente	Destques
<p style="text-align: center;">Prédio Central</p>	<p>Antibióticos Cefalosporinas e Aminoglicosídeos</p> <p>Quimioterápicos: Fluoruracila, Ciclofosfamida, Citarabina.</p> <p>Analgésicos Paracetamol, Morfina</p> <p>Anticonvulsivantes Clonazepam</p> <p>Antineoplásicos Bussulfano</p> <p>Antitrombóticos Ácido acetilsalicílico, Enoxaparina sódica.</p> <p>Anestésicos Lidocaína + Prilocaína, Cetamina.</p> <p>Antifúngicos Cetoconazol</p> <p>Assepsia Gluconato de clorexidina</p> <p>Raio X Brometo de sódio, Polietileno Glicol, Cloreto de benzetônio (revelador) Sulfato de Potássio, Hidroquinona, Dietilenoglicol (reforçador)</p>	<p>Cefalosporinas: As cefalosporinas formam um grupo de antibióticos beta-lactâmicos relacionados com as penicilinas, usados no tratamento de infecções bacterianas. (mais utilizado: cefotaxima a qual é uma cefalosporina de terceira geração).</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>Aminoglicosídeos: O aminoglicosídeo é um grupo de fármacos compostos de um grupo amino e um grupo glicosídeo. Os medicamentos desta classe são bactericidas, inibidores de síntese protéica das bactérias sensíveis.</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>Gluconato de Clorexidina: utilizado para anti-sepsia da pele do paciente</p>	

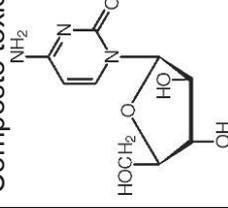
Fluoruracila: medicamento antineoplásico que apresenta como princípio ativo a fluoruracila, agente antineoplásico análogo da pirimidina, que age como antimetabólico. É um composto tóxico, mutagênico.



Ciclofosfamida: O uso principal de ciclofosfamida está junto com outros agentes de quimioterapia no tratamento de linfomas e tumores sólidos. Composto tóxico, mutagênico.



Citarabina: É uma substância antineoplásica, citotóxica, que impede o desenvolvimento do tumor já que interrompe a divisão das células anormais. Composto tóxico, mutagênico.



Bussulfano: Utilizado no tratamento da leucemia mielogênica crônica e desordens da medula óssea. Composto tóxico, mutagênico.



Quimioterápicos

Fluoruracila, Ciclofosfamida, Citarabina.

Antibióticos.

Antineoplásico

Bussulfano

Antitrombóticos

Ácido acetilsalicílico, Enoxaparina sódica

Anestésicos

Lidocaína + Prilocaína, Cetamina

Antifúngico

Cetoconazol

meio de contraste

Sulfato de Bário

Analgésicos

Paracetamol, Morfina

Anticonvulsivante

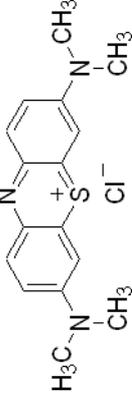
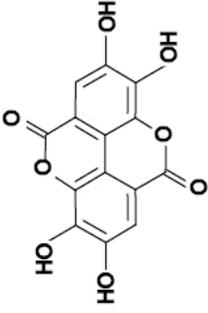
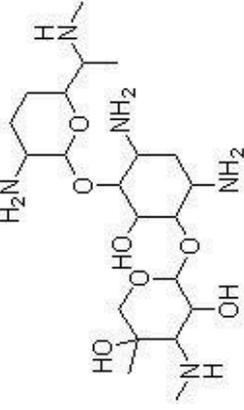
Clonazepam

Assepsia

Gluconato de clorexidina

Área de
Quimioterapia,
Unidade de
Terapia Intensiva
Centro de
Terapia Semi
Intensivo
Pronto
Atendimento,
Manutenção.

<p>Laboratórios Central</p>	<p>Bacteriologia Micologia Imunoquímica Imunogenética Central de Soluções Virologia Central de Materiais,</p>	<p>Dimetilsulfoxido Formaldeído Éter Acetona Ácido fosfotúgstico Amônia Cianeto de Potássio Sulfato de zinco Xileno Xilol Hematoxilina Benzina Azul de toluidina Sulfato de zinco</p>	<p>Dimetilsulfoxido Utilizado amplamente como solvente aprótico e polar.</p> $ \begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{H}_3\text{C}-\text{S}-\text{CH}_3 \end{array} $
------------------------------------	---	---	--

Equipamentos do Laboratório Central		<p>Azul de metileno: Corante utilizado na visualização de células sanguíneas.</p>  <p>Ácido Elálgico:</p>  <p>Gentamicina: A Gentamicina é um antibiótico bactericida da família dos aminoglicosídeos que age por inibição normal na síntese protéica de microorganismos suscetíveis.</p>  <p>Lugol: Em microbiologia, é empregado na coloração de Gram para reter o colorante violeta cristal, também possui ação anticéptica.</p>
<p>Hematoclin 3.0 (equipamento para histogramas)</p> <p>Sysmex CA 560 (aparelho coagulômetro)</p>	<p>Hematoclin 3.0: Corante Giemsa: Azul de Metileno, Metanol.</p> <p>Sysmex CA 560: Ácido Elálgico Gentamicina (antibiótico) dietilbarbiturato sódico (diluente do plasma) Azida sódica Lugol</p>	

5.2. CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA

5.2.1. Determinações *in loco*

Na TABELA 7 são apresentados os resultados das caracterizações *in loco* dos resíduos amostrados, nos quatro pontos do efluente do HC/UFPR.

TABELA 7. Resultado das determinações de temperatura, pH e condutividade.

AMOSTRA	Data	Temp. (°C)	pH	Condutividade (µS/cm)
LABORATORIO EQUIPAMENTOS	06/08	33	7,9	488
	16/10	32	8,0	498
LABORATORIO	06/08	29	7,6	313
	16/10	25	7,3	227
PREDIO NOVO	06/08	30	7,5	117
	16/10	28	7,6	187
PREDIO CENTRAL	06/08	37	8,3	364
	16/10	36	8,5	338

A temperatura da amostra coletada no Prédio Central foi mais elevada que as demais, em razão dos despejos da área da lavanderia. Por outro lado, no mês de agosto o efluente líquido apresentou temperatura mais elevada nas quatro amostras monitoradas, provavelmente em decorrência do maior consumo de água quente. De qualquer forma, todos os resultados foram inferiores ao limite máximo estabelecido pela lei vigente CONAMA 430/2011 o qual define o valor máximo em 40°C.

Uma elevação na temperatura de um efluente prejudica a dinâmica de vários processos que ocorrem no percurso hídrico até seu corpo receptor. A influência da água aquecida nos processos industriais, lançada nos rios, é negativa no que se refere à cinética das reações químicas, atividade microbológica e características físicas do meio. (PEREIRA, 2004). Porém, além da temperatura dos pontos de coleta estar abaixo da legislação, o efluente ainda será encaminhado até o sistema de tratamento de esgoto realizado na Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR) e não despejado em um corpo hídrico. Sendo assim, após o

tratamento e o seu percurso até o sistema de saneamento, a temperatura deve se normalizar ao valor da temperatura ambiente.

O pH registrado nas amostras se encontra dentro dos limites estabelecidos pela legislação (5-9). Os maiores valores observados na amostra do prédio central provavelmente estejam associados ao setor da lavanderia, que utiliza agentes branqueadores e detergentes, normalmente com substâncias alcalinas na composição.

A condutividade não é um parâmetro legislado, mas fornece informações sobre a concentração de espécies iônicas. Neste caso, o maior valor de condutividade iônica foi observado nos resíduos coletados no laboratório de equipamentos, em razão desse ponto de efluente não ser diluído. Os produtos químicos são descartados de forma direta, sem misturar com outras saídas de efluentes menos concentrados.

5.2.2. Determinação de elementos químicos na água residual do HC/UFPR por ICP OES

Para a determinação de baixas concentrações de espécies químicas elementares é necessário o uso de técnicas instrumentais sensíveis, característica que é notória na técnica utilizada neste estudo ICP OES. Nos estudos para a determinação de constituintes inorgânicos em amostras biológicas, ambientais e outras, a técnica de ICP OES é a mais utilizada. (NÓBREGA, 2006).

Características como estabilidade, possibilidade de construção de curvas de calibração lineares sobre muitas ordens de magnitude, baixa emissão de fundo e imunidade a muitos tipos de interferência (RAMSEY, 1985), também contribuem com o seu elevado potencial de aplicação, principalmente na análise de amostras complexas como as que são objetos deste estudo.

Os resultados apresentados na TABELA 9 permitem observar que as águas residuais monitoradas se enquadram nos valores máximos permitidos pela legislação vigente (ver TABELA 8).

Das espécies monitoradas, apenas zinco alcançou concentrações próximas ao limite máximo permitido para descarte (5,0 mg L⁻¹), principalmente

nas amostras coletadas nos setores de laboratório. Este fato deve ser em função da rotina do setor da parasitologia, que utiliza sulfato de zinco para realizar a técnica de centrifugo/flotação para o diagnóstico de helmintos (Método de Faust).

A comparação entre a utilização da digestão ácida por chapa de aquecimento e a digestão por microondas mostra que as duas técnicas possuem um resultado próximo.

TABELA 8. Padrões exigidos para lançamento de resíduos (CONAMA 430/2011)

PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS	
Parâmetro	Valores limite
pH	entre 5 e 9
Temperatura	inferior a 40°C
Demanda Bioquímica de Oxigênio-DBO 5 dias, 20°C	Remoção min de 60%
PARÂMETROS INORGÂNICOS	
Arsênio total	500 µg/L As
Bário total	5000 µg /L Ba
Cádmio total	200 µg /L Cd
Chumbo total	500 µg /L Pb
Cobre	1000 µg /L Cu
Cromo hexavalente	100 µg /L Cr+6
Cromo trivalente	1000 µg /L Cr+3
Níquel total	2000 µg /L Ni
Prata total	100 µg /L Ag
Selênio total	300 µg /L Se
Zinco total	5000 µg /L Zn
PARÂMETROS ORGÂNICOS	
Fenóis totais	0,5 mg/L

TABELA 9. Resultado da determinação de espécies elementares na água residual do HC/UFPR por ICP OES

Amostras µg L⁻¹	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Mo	Ni	Pb	Zn	A g	V
Amostras Tratadas por micro ondas											
Branco	44,1	<LQ	<L Q	<L Q	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	63,7	<LQ	<LQ
Equipame ntos 06/08	699,7	14,8	<L Q	11, 3	88,4	44,4	37,7	28,4	3941, 9	<LQ	<LQ
Equipame ntos 16/10	480,7	13,5	<L Q	15, 1	90,5	17,3	28,4	24,2	2485, 7	<LQ	<LQ
Laboratóri o 06/08	204,3	<LQ	<L Q	<L Q	42,2	13,2	16,4	25,4	1951, 9	<LQ	<LQ
Laboratóri o 16/10	172,9	<LQ	<L Q	<L Q	58,5	12,7	22,3	37,5	1691, 4	<LQ	<LQ
Prédio Novo 06/08	111,2	<LQ	<L Q	<L Q	137,4	10,6	24,8	28,1	573,1	<LQ	<LQ
Prédio Novo 16/10	83,6	<LQ	<L Q	<L Q	179,1	16,7	19,4	20,5	1783, 1	<LQ	<LQ
Prédio Central 06/08	80,1	<LQ	<L Q	<L Q	188,5	<LQ	12,4	20,6	327,5	<LQ	<LQ
Prédio Central 16/10	85,9	<LQ	<L Q	<L Q	287,1	<LQ	13,8	13,5	223,6	<LQ	<LQ
Amostras Tratadas por chapa de aquecimento											
Branco	17,1	<LQ	26,8	<LQ	<LQ						
Equipam entos 06/08	144,2	<LQ	<LQ	10,2	83,2	28,9	15,4	23,1	1843, 6	<LQ	<LQ
Laborató rio 06/08	68,8	<LQ	<LQ	<LQ	148,2	<LQ	10,3	24,3	1513, 8	<LQ	<LQ

Prédio Central 06/08	65,2	<LQ	<LQ	<LQ	171,1	<LQ	11,7	16,1	295,5	<LQ	<LQ
Prédio Novo 06/08	91,4	<LQ	<LQ	13,8	116,2	<LQ	13,4	24,2	1107,2	<LQ	<LQ

5.2.3. Determinação de fenóis totais das águas residuais do HC/UFPR

Os fenóis são tóxicos ao homem, aos organismos aquáticos e aos microrganismos que tomam parte dos sistemas de tratamento de esgotos sanitários e de efluentes industriais. De acordo com SAPIA (2003), o fenol é um dos poluentes que pode inibir a digestão aeróbia ou anaeróbia e ainda gerar lodo com características perigosas, que pode torná-lo inconveniente ao uso na agricultura ou se for disposto inadequadamente, pode contaminar o solo e a água subterrânea.

Segundo ABREU (2008), a disposição de efluentes com altas concentrações de compostos fenólicos nas redes coletoras de esgoto doméstico pode causar sérios danos ao ambiente. Considerando-se que a maioria dos sistemas convencionais de tratamento de esgotos é projetada somente para a remoção de matéria orgânica e organismos patogênicos, os compostos fenólicos passarão intactos por estes processos de tratamento, ou ainda sofrerão decomposição, produzindo subprodutos com alto poder tóxico.

A calibração foi realizada com padrões de ácido gálico, cobrindo-se a faixa de 2,0 a 50,0 mg L⁻¹, observando-se uma linearidade compatível com a natureza do estudo ($R^2 = 0,963$), conforme o método de Folin–Ciocalteu com modificações (SAPIA, 2003).

As amostras foram analisadas em quadruplicata, para que as determinações de fenóis totais sejam representativas, e os resultados obtidos estão apresentados na TABELA 10.

Embora a determinação de fenóis totais sofra interferência de espécies químicas capazes de reagir com a mistura de ácidos tungstofosfórico e molibidofosfórico, o que pode resultar em falsos positivos, as concentrações medidas se mostram bastante superiores ao limite máximo permitido pela legislação para lançamento de resíduos (0,5 mg L⁻¹), o que, levando em

consideração a característica baixa biodegradabilidade do fenol, implica na necessidade de formas alternativas de tratamento.

Destaque deve ser dado ao elevado teor observado nas amostras coletadas na saída do prédio novo (77,8 mg L⁻¹), provavelmente em decorrência do uso elevado de medicamentos com o grupamento fenol, como um exemplo o paracetamol (acetoaminofeno), o qual mesmo depois de metabolizado permanece com o grupo fenol em sua estrutura. (HÖGESTÄTT, 2005)

A amostra coletada no ponto do laboratório, também apresentou nível elevado de fenol. Essa amostra além de possuir em sua composição: antibióticos e medicamentos, possui o reativo fenol. No setor de bioquímica dos laboratórios de análise clínica, é utilizado um reativo, para a determinação de colesterol, que em sua constituição está presente o fenol em altas concentrações (ALMEIDA, 2011).

TABELA 10. Resultados da determinação de fenóis totais nas águas residuais do HC/UFPR.

AMOSTRA	Fenóis totais (mg L⁻¹)	Desvio Padrão
PRÉDIO CENTRAL	10,3	1,7
PRÉDIO NOVO	77,8	4,7
LABORATÓRIO	44,1	3,0
EQUIPAMENTOS	21,4	1,8

5.2.4. Determinações de DQO e DBO das águas residuais do HC/UFPR

A determinação de DQO é fundamentada na oxidação da matéria orgânica pelo dicromato de potássio em meio ácido, ocorrendo também a redução do cromo hexavalente (VI) para o estado trivalente (III) o qual pode ser convenientemente monitorado por espectrofotometria de UV-VIS em um comprimento de onda de 600 nm. (MOURA, 1992).

A calibração foi realizada utilizando o biftalato de potássio, a faixa analisada foi entre 200 a 2000 mg O₂ L⁻¹, utilizando seis pontos de concentrações diferentes para a elaboração da curva de calibração.

As amostras foram analisadas em quadruplicata, precisando-se de diluição na análise da amostra proveniente do prédio novo.

Metcalf (1991) classificam os esgotos em forte, médio e fraco, sendo um esgoto forte com uma DBO de 400 mg/L, e DQO de 1000 mg/L, já o esgoto médio DBO de 220 mg/L e DQO de 500 mg/L, e por fim a classificação de esgoto fraco com uma DBO de 110 mg/L e DQO de 250 mg/L (TABELA 11). Os resultados (tabela 12), indicam que as amostras coletadas no prédio central apresentam uma carga orgânica característica de esgoto médio (METCALF, 1991), enquanto que as amostras dos três setores restante ultrapassam largamente o valor de DQO considerado limite para esgotos fortes (800 mg O₂ L⁻¹).

TABELA 11: Classificação do esgoto bruto a partir da DBO e DQO:

Característica	Características dos esgotos "in natura" (mg/ L)		
	FRACO	MÉDIO	FORTE
DBO ₅	130 a 200	220 a 300	400
DQO	250	500	1000
DBO/DQO	0,5 a 0,8	0,4 a 0,6	Acima de 0,7

Fonte: adaptado de Metcalf, 1992; Pessoa e Jordão, Tratamento de Esgotos sanitários, 1995; e Mendonça, 1991.

Particularmente elevado foi o valor de DQO medido nas amostras coletadas no prédio novo, nessa ala do HC/UFPR estão localizados os setores de quimioterapia, manutenção e anatomia patológica. O fato deste resíduo apresentar um valor de DQO cinco vezes superior ao de um esgoto doméstico típico, reforça a necessidade de sistemas de tratamento especificamente orientados a este tipo de resíduos.

A demanda biológica de oxigênio é a quantidade de oxigênio consumido na degradação biológica da matéria orgânica. O método consiste em determinar o consumo de oxigênio dissolvido quando a amostra é inoculada com um consórcio de microorganismos (semente) e mantida em estufa por 5 dias á 20°C. Os resultados (TABELA 12) permitem o cálculo da razão DBO/DQO, que é uma

medida da fração da matéria orgânica que é susceptível a biodegradação, sendo relevante para a determinação do melhor método para o tratamento dos resíduos. Em geral, águas residuais de origem doméstica são bastante biodegradáveis, apresentando razões DBO/DQO entre 0,4 e 0,6, razão esta que tende a diminuir durante o tratamento biológico, em função da redução da fração biodegradável (VON SPERLING, 1996).

Dos resíduos monitorados, somente o do Prédio Novo se mostrou altamente biodegradável, podendo ser convenientemente tratado por processos biológicos convencionais. No caso dos outros pontos de coleta, a razão de biodegradabilidade é praticamente nula, o que implica elevada recalcitrância e necessidade de sistemas de tratamento diferenciados. Isso se deve, provavelmente, pelo fato do ponto do Prédio Novo possuir os setores de Quimioterapia e UTI, nessas alas existe uma maior demanda de pacientes internados por tanto uma maior concentração de excretas em sua água residual.

TABELA 12. Resultados da determinação de DQO e DBO das águas residuais do HC/UFPR.

AMOSTRA	DQO (mg L ⁻¹)	Desvio Padrão	DBO (mg L ⁻¹)	DBO/DQO
PRÉDIO CENTRAL	476	43	43	0,1
PRÉDIO NOVO	2756	120	2225	0,8
LABORATÓRIO	1298	109	195	0,1
EQUIPAMENTOS	1234	101	<4*	-

* Sem consumo de O₂, em razão de efeito inibitório das amostras.

5.2.5. Análise toxicológica das águas residuais do HC/UFPR

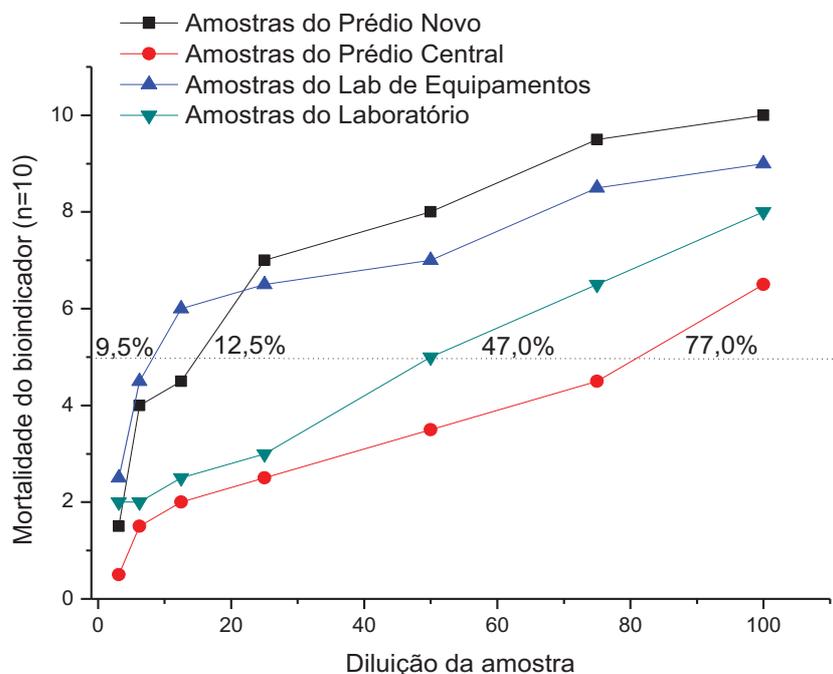
A resolução CONAMA 430 define teste de ecotoxicidade como sendo a metodologia utilizada, por meio de bioindicadores, para determinar o potencial tóxico de uma substância. De acordo com Chapman (2002), a finalidade dos bioensaios ecotoxicológicos é a identificação e compreensão de possíveis efeitos tóxicos de substâncias, através da interação do bioindicador com agentes químicos.

Neste trabalho, a toxicidade aguda dos resíduos foi avaliada por bioensaio, utilizando-se *Artemia salina* como organismo teste. Os resultados, apresentados como o número de organismos mortos (ou inativos) em função da diluição do resíduo (FIGURA 13), permitem estimar o valor da DL50, que representa a diluição necessária para provocar a morte de 50% da população de indivíduos em avaliação quando expostos ao agente estressante por 24 h.

Estes resultados indicam que a maior toxicidade está associada ao resíduo coletado no setor do Laboratório de Equipamentos, o que era esperado, em razão do uso de produtos químicos na realização das análises clínicas, além da lavagem dos equipamentos com solução de metanol (para a remoção dos corantes) e agentes antimicrobianos (para a desinfecção dos mesmos). Essa carga de compostos torna a amostra do Laboratório de Equipamentos altamente tóxica, causando a morte rápida do bioindicador.

Esta toxicidade particularmente alta também explica as dificuldades observadas na determinação de DBO, provavelmente decorrentes de inativação do inóculo utilizado nesta determinação.

FIGURA 13. Evolução da mortalidade de *Artemia salina* em função da diluição dos resíduos em avaliação e valores calculados de DL50.



5.2.6. Outras determinações nas águas residuais do HC/UFPR

Para complementar a caracterização dos resíduos foram realizadas as determinações de fosfato e da série nitrogenada, sendo os resultados apresentados na TABELA 13.

O fósforo pode se apresentar sob três formas diferentes, incluindo fosfatos orgânicos, típico de detergentes, inorgânicos (ortofosfatos) e formas condensadas denominadas de polifosfatos. Em geral, o esgoto doméstico apresenta concentrações de fósforo total entre 4 e 15 mg L⁻¹ (METCALF, 1991), valores nos quais se enquadram os valores medidos neste trabalho.

O nitrogênio total inclui o nitrogênio orgânico e de amônia, que corresponde ao valor determinado pela técnica de Kjeldahl, além das formas oxidadas, nitrito e nitrato. O nitrogênio orgânico está associado a proteínas, aminoácidos e uréia, enquanto que amônia é produzida como primeiro estágio da decomposição do N orgânico. Em geral, esgotos domésticos apresentam de 20 a 85 mg L⁻¹ de N total (METCALF e EDDY, 1991), valores estes inferiores aos observados na análise das águas residuais em estudo.

TABELA 13. Resultados da determinação de fosfato e da série nitrogenada nas águas residuais do HC/UFPR.

Parâmetro	Prédio Central	Equipamentos	Laboratório	Prédio Novo	Unidade
Fosfato	0,50	0,40	4,00	2,00	mgL ⁻¹ PO ₄ ³⁻
Nitrogênio Kjeldahl	114,00	94,00	123,00	116,00	mgL ⁻¹ N
Nitrogênio amoniacal	113,00	1,00	121,00	18,50	mgL ⁻¹ N (NH ₃)
Nitrogênio orgânico	1,00	93,00	2,00	97,50	
Nitrato	1,00	0,40	0,40	<0,01	mgL ⁻¹ NO ₃
Nitrito	0,15	0,15	0,25	0,28	mgL ⁻¹ NO ₂
Nitrogênio total	115,50	94,55	123,65	116,28	

Nas amostras coletadas no prédio central e no laboratório registra-se um excesso de nitrogênio amoniacal, enquanto que nas amostras do setor de equipamentos e do prédio novo a maior concentração corresponde a nitrogênio orgânico. Segundo Peng (2005), o nitrogênio orgânico é convertido a amoniacal por um processo de biotransformação, sob ambas as condições: anaeróbia e aeróbia. Sendo assim, a amostra coletada no prédio novo e a dos equipamentos, confirma que as amostras não foram degradadas pelos microrganismos. Esta característica está de acordo com as análises anteriores, e reafirmam

5.3. TRATAMENTO DE UMA DAS LINHAS DE RESÍDUO

5.3.1. TRATAMENTO DE UMA DAS LINHAS DE RESÍDUO: Utilizando a técnica de adsorção em carvão ativado.

O sistema de extração montado em uma seringa de plástico obteve cinco tempos de retenção apresentados na TABELA 14.

O significativo aumento do tempo de retenção ao longo do experimento provavelmente seja decorrente da compactação da camada adsorvente e do entupimento de alguns dos poros deste material.

TABELA 14. Tempo de retenção das alíquotas da amostra na seringa com carvão ativado.

	Etapas de Tratamento				
Amostra	1	2	3	4	5
Tempo de retenção (min)	21	36	43	66	133

A eficiência do tratamento foi verificada por meio de espectroscopia UV-Vis e pela determinação da demanda química de oxigênio (DQO).

Utilizando-se espectroscopia UV-Vis como técnica de controle (FIGURA 14) foi possível verificar a diminuição significativa dos sinais que caracterizam o resíduo bruto, o que implica eficiente adsorção das espécies coloridas. Por sua

vez, a avaliação da DQO (FIGURA 15) demonstra eficiente adsorção da matéria orgânica, com remoções da ordem de 95% na primeira etapa de extração.

A partir da segunda etapa de tratamento com carvão ativado, a remoção de espécies coloridas e de carga orgânica (DQO) se mostra menos eficiente, provavelmente em decorrência de saturação de sítios de adsorção e/ou entupimento de poros em razão da presença de material particulado.

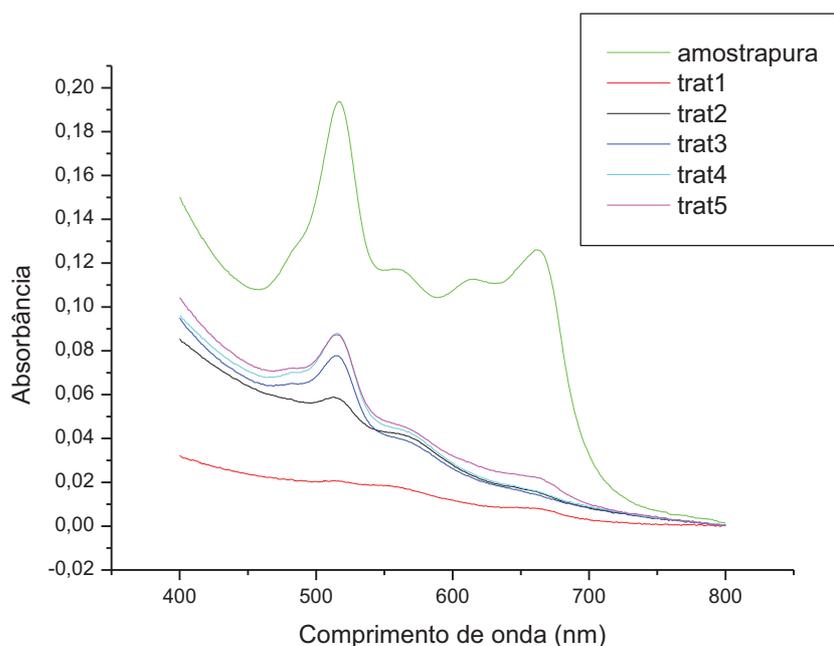


FIGURA 14. Evolução dos espectros UV-Vis durante tratamento do resíduo por adsorção em carvão ativado.

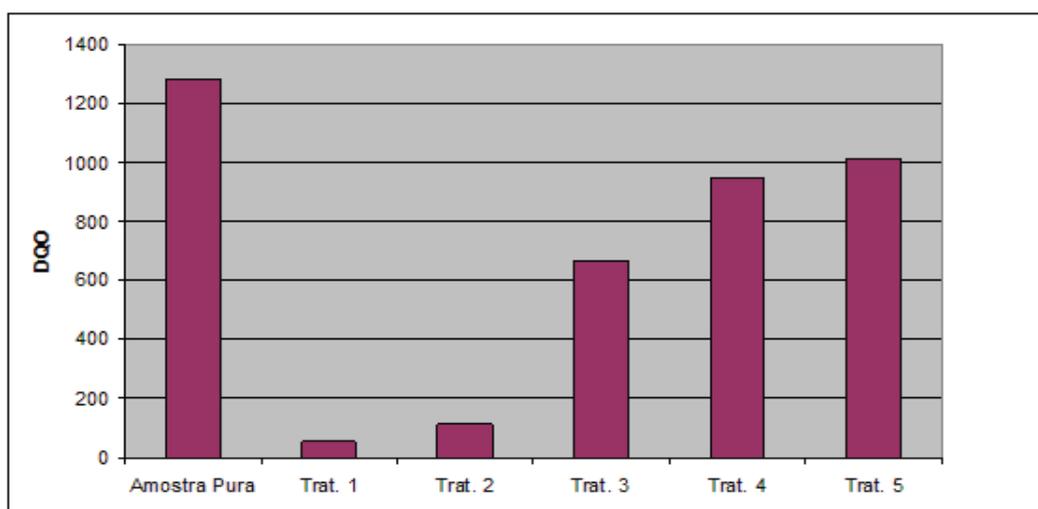


FIGURA 15. Redução da DQO durante tratamento do resíduo por adsorção em carvão ativado.

No tratamento realizado na presença de carvão ativado, é possível observar que a partir de 300 mL de amostra a quantidade de 2,5g de carvão ativado não remove mais com eficiência a matéria orgânica, e diminui também a retirada do corante. Essa situação se deve a saturação precoce dos poros do carvão ativado utilizado. Para Masschelein 1992, o tipo da estrutura dos poros também afeta na eficiência de adsorção. Em seu estudo, Masschelein, descreveu sobre a origem do material utilizado como precursor carbonáceo, se esse for de origem vegetal apresenta estrutura cilíndrica, enquanto o de origem mineral apresenta estrutura cônica. Comparando carvões desses dois tipos, com o mesmo volume de poros, verificou-se que a estrutura cônica favoreceu a maior eficiência na adsorção de moléculas grandes e pequenas, enquanto a estrutura cilíndrica muitas vezes não se apresentava efetiva devido à obstrução da entrada do poro com moléculas maiores ou partículas coloidais.

5.3.2. TRATAMENTO DE UMA DAS LINHAS DE RESÍDUO: Utilizando a técnica dos processos fenton.

Após os tratamentos pelos processos POA's: fenton (FIGURA 16A), e foto fenton (FIGURA 16B), foi possível a visualização da maior eficiência do processo foto fenton em relação a remoção do corante. Dentre os POA's destaca-se o processo foto Fenton (Gama, 2012), que utiliza a irradiação ultravioleta e por tanto a reação é significativamente mais elevada. Esse processo proporciona uma maior eficiência na degradação, pois a fotólise de H_2O_2 contribui para a aceleração na produção de radicais hidroxilas.

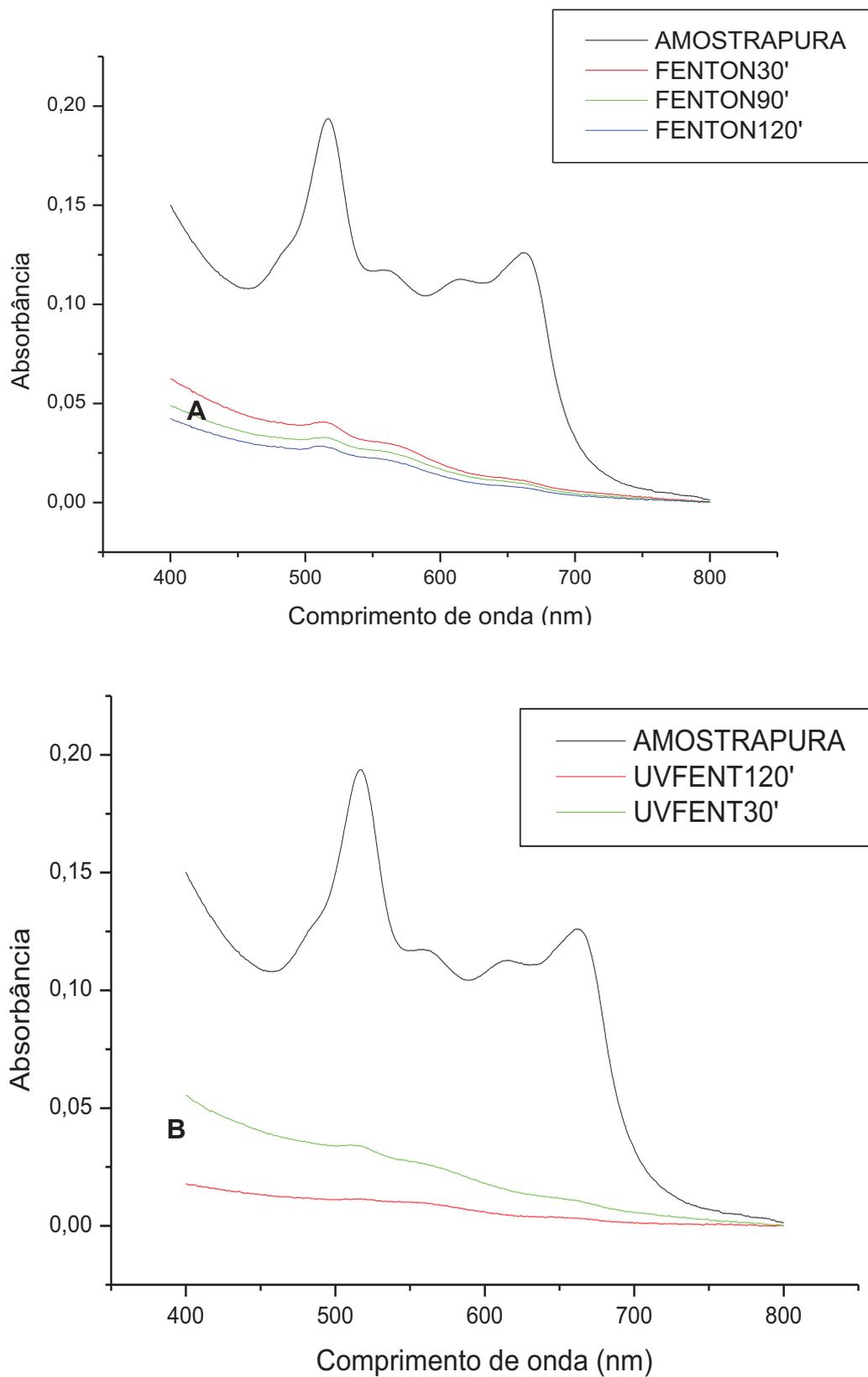


FIGURA 16. Evolução dos espectros UV-Vis durante tratamento do resíduo por processos Fenton (A) e foto-Fenton (B).

No monitoramento espectroscópico foi possível verificar eficiente degradação dos grupos cromóforos presentes no resíduo pelo processo Fenton (Figura 16A), o que permitiu remoção praticamente completa da cor em tratamentos de 30 min. Maiores tempos de tratamento não provocaram melhora significativa no processo de degradação, provavelmente pelo rápido consumo de íons ferrosos.

Resultados similares foram observados na presença de radiação (Figura 11B).

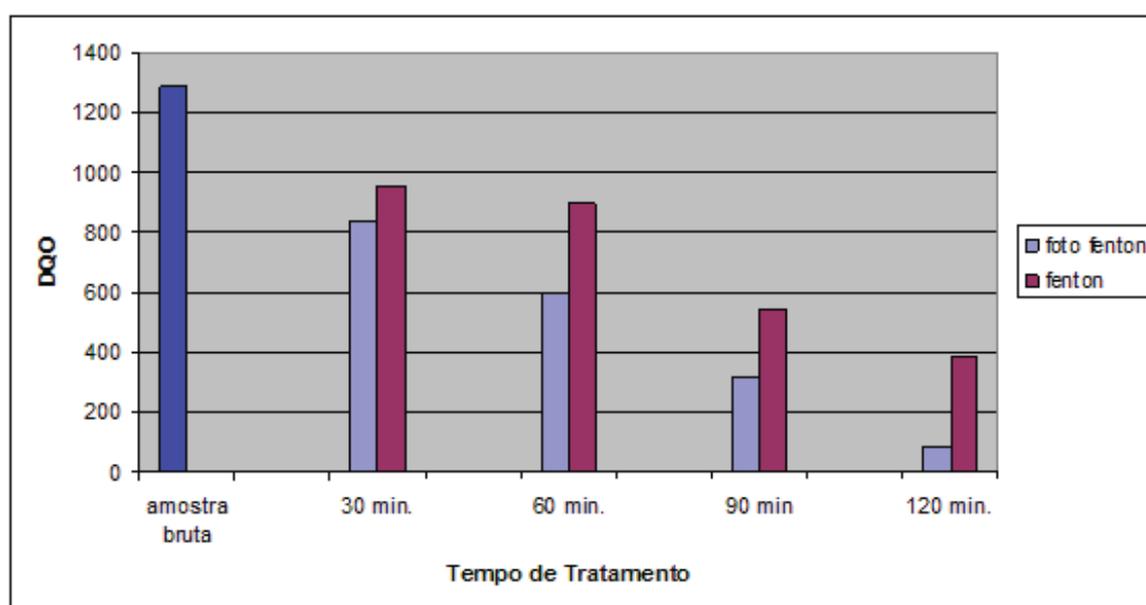


FIGURA 17. Redução da DQO durante tratamento do resíduo por processos Fenton e foto-Fenton

O monitoramento da DQO permitiu verificar degradação progressiva da carga orgânica (Figura 17), com remoção máxima da ordem de 70% nos processos Fenton e de 90% nos processos foto-Fenton. Verificou-se também, que a redução da DQO nos processos fenton e foto-fenton é gradativas e associadas ao tempo de reação.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES

- O Hospital de Clínicas da UFPR possui um plano de gerenciamento de resíduos de serviços de saúde (PGRSS), o qual, infelizmente, está centrado na questão dos resíduos sólidos. Desta forma, não existem políticas, procedimentos e fiscalização específica para o gerenciamento de águas residuais, o que faz com que os referidos resíduos sejam diretamente descartados na rede de esgoto.
- O Hospital de Clínicas da UFPR não possui uma descrição das saídas de esgoto, para facilitar o rastreamento e futuramente um tratamento específico da água residual de cada setor.
- Em função dos parâmetros físico-químicos monitorados, percebe-se que as características do esgoto hospitalar são diferentes das do esgoto doméstico, o que, em princípio, sugere a necessidade de tratamentos especiais.
- As análises de espécies elementares realizadas por ICP OES, as quais estavam dentro da conformidade, salientou que a toxicidade da água residuária hospitalar está relacionada principalmente a presença de fármacos e fenóis.
- Ensaio preliminares permitiram verificar uma elevada eficiência dos processos Fenton na remediação de um resíduo modelo contendo elevada carga orgânica e forte coloração. Maior destaque deve ser dado ao processo Fenton tradicional, que proporcionou eficiente descoloração e significativa remoção da carga orgânica, por meio de um sistema operacional extremamente simples e econômico.

7. ETAPAS FUTURAS

As etapas previstas para um aperfeiçoamento deste trabalho são:

1. Estabelecimento de um método cromatográfico para identificação de fármacos de relevância em amostras selecionadas dos efluentes líquidos do HC/UFPR.
2. Preparação de outros carvões ativados para uso numa central de tratamento dos efluentes do HC/UFPR, antes de enviar para a rede de esgoto da SANEPAR.
3. Aplicação dos processos Fenton e Foto-Fenton em todas as amostras dos efluentes do HC/UFPR.
4. Proposição de um sistema modelo para o tratamento de efluentes líquidos das Unidades de Saúde antes de remetê-los para as redes de esgoto das cidades.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU; E. T. **Proposta de Gerenciamento de efluente de Serviços de Saúde gerados no Hospital Universitário Regional de Maringá (HUM), Universidade Estadual de Maringá, 2008.**
- ALMEIDA; M. C. A. **Concentração de fenol em resíduos de laboratórios de análises clínicas.** J. Bras. Patol. Med. Lab. vol.47 no.4 Rio de Janeiro Aug. 2011.
- ALVES; C. **Análise de Fármacos em Fluidos Biológicos Empregando o Acoplamento SPME-LC/MS, 2006.**
- ANVISA. **Normas para Projetos Físicos de Estabelecimentos Assistenciais de Saúde.** Resolução RDC nº 50/02. Brasília, 2002.
- ANVISA. **Manual de gerenciamento de resíduos de serviços de saúde / Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária.** Brasília: Ministério da Saúde, 2006.
- ANVISA. **Regulamento Técnico para o gerenciamento de resíduos de serviços de saúde.** Resolução RDC nº 306/04. Brasília : Ministério da Saúde, 2004.
- APHA **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater , 19 ed.** New York, American Public Health Association, 1995.
- BAUTITZ, I. R. **Degradação de tetraciclina utilizando o processo foto-fenton.** Instituto de Química de Araraquara, Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2006.
- BILA, D. M.; DEZOTTI, M. **Fármacos no meio ambiente.** Química Nova, v.26, n.4, p. 523 – 530, 2003.
- BRITO E. R. **Considerações sobre esgotos hospitalares.** Rio de Janeiro, 2001.
- BRITO N. N., V.B.M. Silva; **Processo oxidativo avançado e sua aplicação ambiental.** REEC – Revista Eletrônica de Engenharia Civil nº 3, 2012,
- CARDOSO; J. D. **Comparação de métodos para a determinação de matéria orgânica em amostras ambientais.** Revista Científica da UFPA, Vol 4, 2004.
- CHAPMAN, P. M. **Integrating toxicology and ecology.** Marine Pollution Bulletin, v.44, 2002.
- CLARA, M. **Identification of relevant micropollutants in Austrian municipal wastewater and their behaviour during wastewater treatment.** Chemosphere 2012.

- CONAMA/MMA. **Classificação das águas, doces, salobras e salinas do Território Nacional**. Resolução nº 20/86. Brasília, 1986.
- CONAMA/MMA. **Padrões de lançamento de efluentes**. Resolução nº 430/11. Brasília, 13 de maio de 2011.
- EMMANUEL, E.; Pierre, M. G.; Perrodin, Y. **Groundwater contamination by microbiological and chemical substances released from hospital wastewater: Health risk assessment for drinking water consumers**. Environment International. 2009.
- ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. 2ªEd. Rio de Janeiro, Interciência/ FINEP. 602 p. 1998.
- FUNASA. **Ata da reunião: Esgotamento Sanitário Hospitalar**. Brasília, 2001.
- GALLINDO;B.D.L. **Fundamento da Espectrometria de Absorção Atômica de alta Resolução com Fonte Contínua**. Revista Analytica - Agosto/Setembro num. 18, 2005.
- GARCEZ, L. N. **Manual de procedimentos e técnicas laboratoriais voltado para análises de águas e esgotos sanitários e industrial**. ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 2004.
- GAO, P; **Preparation and characterization of activated carbon produced from rice strawby (NH₄)₂HPO₄ activation**, Bioresource Technology. v. 102. p. 3645. 2011
- GAMA, M. R. **Processos Fenton como Alternativa na Remoção de Interferentes Endócrinos e outros Micropoluentes Ambientais**. Rev. Virtual Quim. Vol 4 No.6. 777-787. 2012
- GUIMARÃES, J. R. **Tratando Nosso Esgoto: Processos que imitam a natureza**. Caderno Temático de Química Nova na Escola , 2001.
- GUIMARÃES, G. A.; BASTOS, J. B.; LOPES, E. C. **Métodos de análise física, química e instrumental de solos**. Vol. 1, n. 1. Belém: IPEAN, 1970.
- HASSANI L, R. **Short communication: antibiotic resistance among faecal coliform bacteria isolated from wastewater before and after treatment by an experimental sand filter**. World J. Microbiol. & Biotechnol,1999.
- HOAG, L. S. A. **Reuso de água em hospitais: o caso do hospital “Santa Casa de Misericórdia de Itajubá**. (Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Energia. Universidade Federal de Engenharia de Itajubá). 2008.
- HÖGESTÄTT, E. D.; JÖNSSON, B. A. G.; ERMUND, A. **Conversion of acetaminophen to the bioactive N-acylphenolamine AM404 via fatty acid amide hydrolase-dependent arachidonic acid conjugation in the nervous system**. The Journal of biological chemistry, v. 280, n. 36, 2005.

- HURST, C.J., CRAWFORD, R.L., GARLAND, J.L., LIPSON, D.A., MILLS, A.L., STETZENBACH, L.D. **Manual of Environmental Microbiology**, 3^a edition. Washington, DC. 72-74. 2007.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Pesquisa Anual de Saneamento básico** . Rio de Janeiro: IBGE, 2008
- JABAREEN, Y. **A New Conceptual Framework for Sustainable Development Environ. Dev. Sustain.**, Dordrecht, v. 10, p. 179-192, 2006. Disponível em: <<http://www.eqb.state.mn.us/documents/EnvDevSust10p179ANewConceptualFrameworkforSustainableDevelopment.pdf>>. Acesso em: 15 jun. 2013.
- JUNIOR. H. S., **Monitoramento do corante pararosanilina em amostras biológicas** Eclet. Quím. vol.35 no.3 São Paulo Sept. 2010.
- KOLPIN, D.; FURLONG, E. T. & MEYER, M. T; **Pharmaceuticals, hormones, and other organism wastewater contaminants** in U.S streams. 1999-2000: A National Reconnaissance. Environmental Science and Technology. V. 6, 2002.
- LIMA, L. S. **Determinação de demanda bioquímica de oxigênio para teores $\leq 5 \text{ mg L}^{-1} \text{ O}_2$** . Revista Analytica - Outubro/Novembro - Nº25, 2006.
- LUO, D. YANG, X.; ZHANG, J; **The taxonomy, biology and chemistry of the fungal Pestalotiopsis genus**. Natural Products Reports, v. 29, n. 6, 2012.
- MAHVI A, A. Rajabizadeh, A. Fatehizadeh, N. Yousefi, H. Hosseini, M. Ahmadian Survey **Wastewater Treatment Condition and Effluent Quality of Kerman Province Hospitals**, World Applied Sciences Journal 7, 2009.
- MASSCHELEIN, W. J. Unit process in drinking water treatment. Dekker M, (editor) New York: EUA, 1992.
- METCALF & EDDY, “**Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, Reuse**”. McGraw-Hill International Editions, 3^a ed. 1991.
- MONTASER, A. , GOLIGHTLY, D. W. **Inductively Coupled Plasmas in Analytical Atomic Spectroscopy**. New York: VCH Publisher, 1992
- MOURA, R.A. **Técnicas de laboratório**, 3^a ed., Ed. Atheneu, 1992.
- NEUMANN, M. **Interações entre corantes e argilas em suspensão aquosa**. Química Nova, v. 23, n. 6, 2000.
- NIELSEN, U. RASMUSSEN, D DHI Anders Erichsen, DHI Jan Rasmussen, MoC Kim Rindel, **WP4 Hydrodynamic fate modeling of hazardous substances in Copenhagen Harbour. Modelling of discharges from land based point sources** COHIBA (Control of Hazardous Substances in the Baltic Sea Region), 2011.

- NOGUEIRA, R. F. **Fundamentos e aplicações ambientais dos processos fenton e foto-fenton.** Quim. Nova, Vol. 30, No. 2, 2007
- NÓBREGA, J. A.; SANTOS, M. C.; SOUSA, R. A.; CADORE, S.; BARNES, R. M.; TATRO, M. **Sample preparation in alkaline media.** Spectroc. Acta Part B, 61, 2006.
- OLIVEIRA, A. C. ; VALENTIM, I. B. ; GOULART, M. O. F. ; SILVA, C. A. ; BECHARA, E. J. H. ; TREVISAN, M. T. S. **Fontes vegetais naturais de antioxidantes.** Química Nova, v. 32, 2009.
- PAGANINI, W.S. MANCUSO, P.C.S. SANTOS, H.F **Reúso de água na agricultura.** São Paulo: Manole, 2003.
- PAIVA, F. V. **Identificação de compostos orgânicos e farmacêuticos em esgoto hospitalar utilizando cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massa.** Eng. Sanit. Ambient., vol.16, no.1, 2011.
- PENG, J. F.; WANG, B. Z.; WANG, L. **Multi-stage ponds-wetlands ecosystem for effective wastewater treatment.** Journal of Zhejiang University Science, v. 6B, n. 5, 2005.
- PEREIRA, E. **Preparação de carvão ativado em baixas temperaturas de carbonização a partir de rejeitos de café: utilização de FeCl₃ como agente ativante.** Quím.Nova vol.31 no.6 São Paulo, 2008
- PEREIRA, R. S. **Identificação e caracterização das fontes de poluição em sistemas hídricos.** Revista Eletrônica de recursos Hídricos. IPH-UFRGS. V. 1 n. 1, 2004.
- PRUSS W.K. Townsend. **Teacher's guide: Management of wastes from health-care activities.** Geneva, WHO, 1998. WHO/EOS/98.6
- RAMSEY, M.H.; THOMPSON, M. **Correlated variance in simultaneous Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry: its causes and correction by a parameter related internal standard method.** Analyst, v. 110, 1985.
- ROCHA, J.C., BARBIÉRI, R.S., CARDOSO, A.A., GRANER C.A.F. **Agilização do processo de rotina analítica para a determinação da DQO (demanda química de oxigênio).** Química Nova, v.13, 1990.
- ROQUE, A.L.R.R. **Remoção de compostos farmacêuticos persistentes das águas efeitos no ambiente e na saúde humana.**– Faculdade de Ciência e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2009.
- SAID. M.A. **Caracterização dos efluentes líquidos hospitalares-Hospital São Luiz.** CETESB.1995.

- SAPIA, P. M.; MORITA, D. M. **Crêterios de recebimento de Efluentes não Domésticos em Sistemas Públicos de Esgotos: Uma Análise Crítica e Ambiental.** 2003
- SCHNEIDER, V.E. **Manual de Gerenciamento de resíduos sólidos de serviços de saúde.** 2 ed., Caxias do Sul, Educs, 2004.
- SCHULTZ, J. **Obten o de carvão ativado a partir de resíduos agroindustriais para adsor o de antibióticos – amoxicilina.** 2012
- SILVA, D. G. K. **Efluentes hospitalares: caracteriza o físico-química e microbiológica em um hospital do município de Natal-RN.** Revista Biofar -Volume 06 – Número 02 – 2011.
- SKOOG, D. A.; HOLLER, F. J.; NIEMAN, T. A. **Princ pios de Análise Instrumental.** 5  ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.
- US EPA. **Determination of Metal and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry- Method 200.7,** US EPA, Environmental Monitoring and Support Laboratory, Cincinnati, OH, May 1994.
- US EPA. **Methods for measuring the acute toxicity of effluents and receiving waters to freshwater and marine organisms,** EPA/821/R-02-012. 2002.
- VAN HAANDEL, A. C.; LETTINGA, G. **Anaerobic sewage treatment. A practical guide for regions with a hot climate.** Chichester: Wiley, 1994.
- VECCHIA, A. D. **Diagnóstico sobre a situa o do tratamento do esgoto hospitalar no Brasil.** Revista Saúde e Ambiente, v.10, 2009.
- VON SPERLING, M. **Introdu o   qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** v. 1. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1996.
- XU J, G. CE, WINTER, J. **Multiple antibiotic resistances of Enterococcus isolates from raw or sand-filtered**
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Pesquisa de informa o básica.** Disponível em:
http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/EFABF603/PropSGT-COTEMA-AHMG_LancamentoEfluentes_20mar09.pdf acesso em: 11/02/2014.
- COISSI. J. **Brasil aumenta número de médicos, mas distribui o continua desigual.** Disponível em :
<http://www1.folha.uol.com.br/seminariosfolha/2015/05/1628533-brasil-aumenta-numero-de-medicos-mas-concentracao-continua.shtml> acesso em: 10/06/2015