

UNIVERSIDADE DO VALE DO ITAJAÍ

TRATAMENTO DE EFLUENTES HOSPITALARES PELA REAÇÃO DE FENTON E
FOTO-FENTON: COMPARAÇÃO DA EFICIÊNCIA

ITAJAÍ
2006

JOSIANI BERTO

TRATAMENTO DE EFLUENTES HOSPITALARES PELA REAÇÃO DE FENTON E
FOTO-FENTON: COMPARAÇÃO DA EFICIÊNCIA

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia Ambiental, Curso de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ciência e Tecnologia Ambiental, Centro de Ciências Tecnológicas da Terra e do Mar, Universidade do Vale do Itajaí.

Orientador: Dr. Claudemir Marcos Radetski.

ITAJAÍ
2006

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar meus sinceros agradecimentos:

Ao meu orientador Prof. Dr. Claudemir Marcos Radetski, pela sua paciência, compreensão, e por ser um excelente mestre.

A Prefeitura Municipal de Otacílio Costa, por patrocinar o pagamento das análises do efluente.

A Secretaria da Saúde, através do Secretário Carlos Antônio Schnaider, por me liberar os dias necessários para conclusão do mestrado e coletas de dados.

A Secretaria do Meio Ambiente, através do seu Secretário o senhor Edson Passold, o qual apoiou o projeto e por intermédio dele, através da secretaria, patrocinou todas as despesas com laboratórios de Blumenau e São Paulo.

A todos os meus colegas de trabalho da UBS Santa Catarina e da Secretaria da Saúde que, de uma forma ou de outra, sempre me ajudaram nas minhas ausências para a realização do mestrado.

Ao meu irmão Fernando que me ajudou constantemente no desenvolvimento da dissertação.

Aos meus pais Eleny, Bernardino Berto, pelo amor, compreensão, carinho e apoio. E ao meu irmãozinho Murilo Henrique por sempre querer me ajudar.

Ao grande amigo Gilberto Coelho de Souza que esteve presente nessa caminhada compartilhando seu apoio e incentivo e principalmente seu carinho.

RESUMO

Com o aumento da população das cidades, das atividades industriais e das instituições de saúde públicas e privadas, um maior volume de efluentes está sendo gerado. O problema dos efluentes (incluindo os hospitalares) é o grande potencial de contaminação do solo e das águas superficiais e subterrâneas com metais e compostos orgânicos, além de microorganismos com potencial patogênico. Os fármacos utilizados em instituições de saúde são desenvolvidos para serem persistentes, mantendo suas propriedades químicas o bastante para servir a um propósito terapêutico. Porém, parte de uma dosagem de fármaco pode ser excretado inalterado (sem contar os metabólitos gerados), indo perturbar a fauna e flora presente no ecossistema receptor do efluente. Diante dos estudos e comprovações sobre a ocorrência de fármacos nos rios e cursos d'água, torna-se de fundamental importância a busca de soluções efetivas para esse problema de saúde pública e, juntamente com a fiscalização de órgãos competentes, evitar que práticas agressivas ao meio ambiente continuem ocorrendo em grande escala. Nesse sentido, o tratamento de efluentes líquidos é uma das principais questões ambientais que pode levar à proteção do meio ambiente. A ausência de estudos da utilização do processo Fenton e Foto-Fenton no tratamento de efluentes hospitalares, aliada à necessidade de diminuição do impacto ambiental causado por estes efluentes justificam o presente projeto que apresenta como objetivo avaliar a eficiência de dois métodos de tratamento para efluentes hospitalares de uma instituição de pequeno porte, utilizando o processo de Fenton e Foto-Fenton, os quais se baseiam na geração de um agente oxidante muito forte, o radical hidroxila. O efluente escolhido para a realização dos testes foi oriundo do hospital Santa Clara, na cidade de Otacílio Costa. Trata-se de uma instituição de pequeno porte e média complexidade, atendendo uma média de 800 pacientes/mês. Nesse efluente não é realizado nenhum tipo de tratamento, apenas a separação das fases líquidas e sólidas. O conteúdo sólido, ou seja, o lodo é recolhido por uma empresa privada e a parte líquida é lançada por uma tubulação no rio Canoas. A metodologia envolveu a quantificação de efluente gerado por mês, identificação da quantidade de antibióticos usados no hospital, quantificação dos materiais de higienização, desinfecção e por fim, a quantificação da água utilizada mensalmente. No efluente foi analisado parâmetros físico-químicos como a DBO, DQO, F total, N total, ST, pH, M.O, TOC e análise microbiológica. A avaliação da eficiência dos tratamentos (Fenton e Foto-Fenton) foi realizada através da comparação de alguns destes parâmetros pré e pós-tratamento. Os resultados mostraram que após 30 min de tratamento, houve desinfecção do efluente hospitalar, bem como houve diminuição na quantidade de matéria orgânica. Após 120 min, houve redução significativa (acima de 90 %) na quantidade de matéria orgânica presente nos efluentes tratados tanto pelo processo clássico de Fenton, quanto pelo processo de Foto-Fenton.

Palavras chaves: Efluente hospitalar, oxidação avançada, Fenton, foto Fenton.

ABSTRACT

Hospital wastewater is a special class of waste because in your constitution there are antibiotics, oxidants and microorganisms. These microorganisms could change your genetic constitution by direct and indirect effects of hospital wastewater constituents, which could lead to the appearance of antibiotic multi-resistant bacteria. To avoid this and others environmental impacts, hospital wastewaters must be treated. In this sense, the objective of this work was to compare the efficiency of two advanced chemical oxidation, i.e., Fenton and Photo-Fenton processes to treat hospital effluents. The wastewaters came from Santa Clara Hospital located at Otacilio Costa city. The efficiency of the different processes was evaluated by the quantification of wastewater parameters before and after-treatment. The results showed that after 30 min of treatment there was wastewater disinfection, as well as effluent organic matter abatement. After 120 min of treatment in both processes, there was a significant decreased (above 90 %) on the organic matter content of hospital wastewater.

Key words: Hospital wastewater; Fenton reaction; Wastewater treatment; Water pollution.

SUMÁRIO

<i>LISTA DE TABELAS</i>	i
<i>LISTA DE GRÁFICOS</i>	ii
<i>LISTA DE ABREVIATURAS</i>	iii
1. INTRODUÇÃO	1
2. JUSTIFICATIVA	4
3- OBJETIVOS	6
3.1 Objetivo Geral	6
3.2 Objetivos Específicos	6
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	7
4.1 Poluição das Águas	7
4.2 Presença de fármacos nos Efluentes Hospitalares	7
4.3 Os Processos Oxidativos Avançados	11
4.4 Importância dos Parâmetros Analisados	13
4.4.1 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO _{5,20})	14
4.4.2. Demanda Química de Oxigênio – DQO	14
4.4.3 Coloração	15
4.4.4. Potencial Hidrogeniônico (pH)	15
4.4.5. Sais Minerais.	16
4.4.6. Oxigênio Dissolvido (OD)	16
4.4.7. Carbono Orgânico Dissolvido	16
5. METODOLOGIA	18
5.1 Área de Estudo	18
5.2 Características da Instituição em Estudo	18
5.3 Descrição do sistema de tratamento	19
5.4 Tratamento Primário	19
5.5 Coleta de Amostras do efluente	20
5.6 Coletas de Dados da Instituição.	22
5.3 Tratamento das amostras do Efluente	24
5.4. Preparo das Amostras	24
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
6.1 Volume mensal de água utilizada no hospital e vazão do efluente.	27
6.2. Medicamentos usados no hospital.	27
6.3 Produtos usados na limpeza e desinfecção do hospital.	29
6.4 Características do efluente hospitalar bruto.	31
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Número de hospitais e leitos no Brasil.....	8
Tabela 2: Coletas do efluente hospitalar para análise	20
Tabela 3 – Coletas de Efluente Hospitalar para tratamento.	21
Tabela 4 - Salas geradoras de efluentes no hospital em estudo.	22
Tabela 5 - Reagentes utilizados no tratamento do efluente.....	24
Tabela 6 - Consumo de antibióticos no hospital no período de nov/2004 a abril/2006.....	27
Tabela 7 - Classes de Antibióticos mais usados na instituição e percentuais de metabolização no organismo humano.	28
Tabela 8 - Concentração média de antibióticos no efluente hospitalar	28
Tabela 9 - Total de materiais de limpeza sólidos utilizados na instituição de Nov/2004 a Abr/2006.....	29
Tabela 10 - Total de Materiais de limpeza líquidos utilizados no período de Nov/2004 a Abr/2006.....	30
Tabela 11 - Concentração média de material de limpeza sólido no efluente hospitalar.	30
Tabela 12 - Concentração média de antibióticos no efluente hospitalar.....	30
Tabela 13 - Resultados da qualidade do efluente na entrada e na saída do tanque de tratamento.....	31
Tabela 14 - Resultados analíticos da primeira amostra de efluente bruto.....	32
Tabela 15 - Resultados analíticos da segunda amostra de efluente bruto.	32
Tabela 16 - Resultados analíticos da terceira amostra de efluente bruto.	33
Tabela 17 - Resultados do tratamento da primeira amostra utilizando Fenton.....	35
Tabela 18 - Resultados do tratamento da primeira amostra utilizando Foto-Fenton.	35
Tabela 19 - Resultados do tratamento da segunda amostra utilizando Fenton.	38
Tabela 20- Resultados do tratamento da segunda amostra utilizando Foto-Fenton.....	40
Tabela 21 - Resultados do tratamento da terceira amostra utilizando Fenton.	41

LISTA DE GRÁFICOS

- Gráfico 1 – Comparação entre os tratamentos da 1º amostra utilizando fenton e Foto-fenton 37
Gráfico 2 - Comparação entre os tratamentos da 2º amostra utilizando fenton e Foto-fenton 40
Gráfico 3 - Comparação entre os tratamentos da 3º amostra utilizando fenton e Foto-fenton.43

LISTA DE ABREVIATURAS

ATB: Antibióticos

CASAN: Companhia Catarinense de Água e Saneamento

CONAMA: Conselho Nacional do Meio Ambiente

DBO: Demanda Bioquímica de Oxigênio

DQO: Demanda Química de Oxigênio

ETEs: Estação de Tratamento de Efluentes

P: Fósforo

FBH: Federação Brasileira de Hospitais

M.O.: Matéria Orgânica

N: Nitrogênio

pH: Potencial Hidrogeniônico

POA: Processos Oxidativos Avançados

SS: Sólidos sedimentáveis

ST: Sólidos Totais

SUS: Sistema Único de Saúde

TOC: Carbonos Orgânicos Totais

UV: Ultra-violeta

VPM: Valor Máximo Permitido

PEAD: Polietileno de Alta Densidade

1. INTRODUÇÃO

Antigamente, a pequena quantidade de efluentes produzidos nas cidades era simplesmente jogada nos rios e cursos d'água, onde se processava a depuração por vias naturais: um grande volume de água limpa e oxigenada diluía a pequena carga de esgotos e resíduos industriais e os microrganismos existentes no curso de água se encarregavam da degradação oxidativa, retirando pouco oxigênio da água (O₂), sem interferir com a vida aquática. Com o aumento da população, das cidades, das atividades industriais e das instituições de saúde públicas e privadas, clínicas médicas, veterinárias, farmácias, laboratórios de análises clínicas, consultórios odontológicos, bancos de sangue, bancos de leite e outros estabelecimentos similares, um maior volume de efluentes e esgotos foi gerado, obrigando a coletividade a buscar diversas formas de tratamento destes efluentes para evitar mortandade de peixes, mau cheiro, epidemias e outros problemas.

Segundo Reichardt (1985), estima-se que, por volta de 6.000 a.C. a população da Terra era de cinco milhões de habitantes. Em 1850 d.C. esse número era de 1 bilhão; em 1930 - 2 bilhões; por volta de 1980 - 4 bilhões. Uma estimativa para o ano 2007 é de que a população da Terra atingirá o montante de 7 bilhões de habitantes. Partindo do princípio de que esse crescimento na grande maioria dos países é desordenado, temos um quadro caótico no ponto de vista sanitário e do meio ambiente, onde não há rede de abastecimento de água, tratamento de esgotos ou disposição de resíduos sólidos sendo que isto acarreta um meio propício para a propagação de doenças de veiculação hídrica e outras correlacionadas a este crescimento sem infra-estrutura.

O principal problema dos efluentes, especificamente os hospitalares, consiste essencialmente em evitar a contaminação do solo, do lençol subterrâneo e das águas superficiais com metais e compostos orgânicos, além de microrganismos com potencial patogênico (AUGUSTINHO *et al.*, 1994). Para tentar solucionar estes problemas, um primeiro desafio a ser vencido é o de convencer os administradores hospitalares ou responsáveis pelo gerenciamento dos efluentes, que esse processo de segregação e tratamento do efluente gerado pela própria instituição não

representa somente custos, mas, principalmente, um investimento para saúde e para o meio ambiente a médio e longo prazo (CRUZ, 1999).

Dentre os vários tipos e origem de efluentes lançados nos rios, os efluentes hospitalares serão o enfoque deste trabalho. Existem estudos sobre um tratamento efetivo e acessível à rede hospitalar, principalmente aos estabelecimentos públicos que sempre têm escassez de recursos financeiros. O mais preocupante no âmbito hospitalar é o uso desenfreado de antibióticos o qual vem aumentando muito nos últimos anos, pois os mesmos são usados como profilaxia nos casos de possíveis infecções hospitalares em blocos cirúrgicos e em pequenas suturas ambulatoriais de inúmeros hospitais. Essa prática acarreta, principalmente, dois problemas ambientais: o primeiro é a contaminação dos recursos hídricos e o outro, é a resistência que alguns microrganismos criam a esses fármacos. Assim, uma bactéria presente em um rio que contenha traços de antibióticos pode adquirir resistência a essas substâncias.

Neste sentido, o esgoto hospitalar é composto por dejetos humanos, os quais, por estarem em um ambiente propício ao desenvolvimento de doenças, possuem um grande número de microorganismos patogênicos e multi-droga resistentes, tais como *Staphylococcus aureus*, *Enterococcus faecalis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Acinetobacter baumannii*, entre outros.

Está incluída neste efluente a água de lavagem de materiais contaminados, os dejetos de limpeza de superfícies e pisos misturados a soluções desinfetantes, a água da lavanderia, as águas das caldeiras, os resíduos de procedimentos do centro cirúrgico, dos ambulatórios, do laboratório de análises clínicas e anatomo-patológico. Esses dois últimos, devido a grande quantidade de substâncias reagentes empregadas, apresentam quantidades consideráveis de fenóis, ácidos e produtos enzimáticos gerados nas reações bioquímicas.

Uma vez conhecido os efeitos dos fármacos no meio aquático será necessário estabelecer os limites de concentrações para o descarte seguro de efluentes (domésticos e hospitalares) em corpos receptores. O monitoramento da eficiência de remoção desses fármacos pelos processos convencionais de tratamentos de efluentes domésticos das ETEs é de grande importância pois, no

futuro, podem ser necessárias adaptações, ou mesmo implantar outros processos de tratamento que complementem a remoção adequada desses fármacos no sentido de mitigar os impactos ambientais gerados sobre os recursos hídricos.

2. JUSTIFICATIVA

Segundo Wrege (2000), a cada 14 segundos morre uma criança vítima de doenças hídricas. Estima-se que 80% de todas as moléstias e mais de um terço dos óbitos dos países em desenvolvimento sejam causados pelo consumo de água contaminada, e, em média, até um décimo do tempo produtivo de cada pessoa se perde devido a doenças relacionadas à água. Os esgotos e excrementos humanos são causas importantes dessa deterioração da qualidade da água em países em desenvolvimento, pois estes contêm misturas tóxicas, como pesticidas, metais pesados, produtos industriais e uma variedade de outras substâncias. (MORAES, 2002). A contaminação dos recursos hídricos implica em uma deterioração da qualidade da água que será potabilizada. No Brasil, "toda água destinada ao consumo humano deve obedecer ao padrão de potabilidade e está sujeita à vigilância da qualidade da água" (Portaria 1.469 de 19.1.2000, do Ministro da Saúde). A água potável é definida como a água para consumo humano, cujos parâmetros microbiológicos, físicos, químicos e radioativos atendam ao padrão de potabilidade e que não oferece riscos à saúde. A União, os Estados e os Municípios estão obrigados a seguir os parâmetros da mencionada portaria e a adotar as medidas necessárias para isso. A consecução do direito fundamental à sadia qualidade de vida, assegurado no artigo 225 da Constituição Federal, passa a ter efetiva aplicação, tendo prioridade sobre qualquer outra despesa pública.

Além disso, segundo os Padrões de Emissão de Efluentes Líquidos, do CONAMA, decreto nº. 14.250 de 1981, em seu artigo 19, parágrafo IX, diz que o tratamento deverá ser especial, se provierem de hospitais e outros estabelecimentos nos quais haja despejo infectado com microorganismos patogênicos, e forem lançados a água destinada a recreação primária e a irrigação, qualquer que seja o índice coliforme inicial.

Porém esse artigo não relata qual seria esse "tratamento especial" e qual a metodologia a ser aplicada. E não podemos esquecer que, quando se fala em tratamento de efluentes provenientes de instituições públicas, esse tratamento

deverá ser viável financeiramente, ocupar uma área física relativamente pequena, ser de fácil aplicação pelos técnicos da instituição e principalmente ser eficaz, não gerando sub-produtos que demandem novos tratamentos para sua destruição. Outro ponto muito importante é realização urgente de uma correta fiscalização através dos órgãos competentes sobre a qualidade dos efluentes lançados nos cursos de rios dos hospitais de pequeno, médio e grande porte espalhados por todo território brasileiro, no sentido de assegurar uma completa destruição dos microorganismos patogênicos presentes.

Diante disso torna-se necessário testar a eficiência de algumas formas de tratamento no sentido de oferecer como uma opção aos administradores hospitalares evitando assim maiores danos ambientais e a saúde das populações.

3- OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

- Avaliar a eficiência do processo Fenton e Foto-Fenton no tratamento de efluentes hospitalares de uma instituição de pequeno porte.

3.2 Objetivos Específicos

- Identificar os antibióticos usados sistematicamente no ambiente hospitalar;

- Comparar por meio de parâmetros físico-químicos e microbiológicos pré e pós-tratamento a eficiência dos processos de Fenton e Foto-Fenton para o tratamento de efluente hospitalar;

- Propor à equipe de saúde e responsáveis a identificação de possíveis soluções para esse problema ambiental de geração/tratamento/descarga de efluentes através da reflexão e da avaliação de todas as etapas relacionadas à produção de efluentes e seus efeitos na saúde e no meio ambiente.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 Poluição das Águas

A poluição da água é a introdução de materiais químicos, físicos e biológicos que alteram a qualidade da água e afeta a saúde dos seres vivos. Esse processo vai desde simples disposição de saquinhos de papel até os mais perigosos poluentes tóxicos, como os pesticidas, metais pesados (mercúrio, cromo, chumbo), detergentes, fármacos e outros.

O crescimento das cidades e de sua população aumentou os problemas porque o tratamento de esgotos e de fossas não conseguiu acompanhar o ritmo de crescimento urbano. Produtos químicos e esgotos são jogados diretamente nos rios ou afetam os lençóis d'água que formam as nascentes. Os materiais orgânicos presentes no esgoto nutrem as bactérias aeróbias decompositoras. Por serem aeróbias, consomem o oxigênio diluído na água, podendo matar por asfixia a fauna ali existente, principalmente os peixes. Juntamente com essas bactérias, podem existir os agentes patogênicos como vermes (e.g., platelmintos, esquistossomose), protozoários (e.g., giárdias e amebas), vírus (e.g., hepatite) e bactérias causadoras da leptospirose, cólera, febre tifóide, entre outras.

Como as bactérias aeróbias continuam a se multiplicar, e se a poluição continua elevada, a certa altura elas próprias morrem asfixiadas por esgotamento do oxigênio dissolvido na água, sendo substituídas então por um novo tipo de bactérias: as bactérias anaeróbicas, que não necessitam de oxigênio e de cujo metabolismo saem substâncias que exalam muito mau cheiro, como o gás sulfídrico, que exala um odor típico de ovos podres, insuportável em certos rios, como o Tietê, o Tamanduateí e o Pinheiros na cidade de São Paulo e o Canal do Mangue, no Rio de Janeiro.

4.2 Presença de fármacos nos Efluentes Hospitalares

O número de estabelecimentos de saúde no Brasil conveniados ao Sistema Único de Saúde (SUS) é de 2.285, além dos hospitais privados e universitários, segundo a Federação Brasileira de Hospitais – FBH, como mostra a Tabela 01.

Tabela 1 - Número de hospitais e leitos no Brasil.

Classificação dos Hospitais	Nº. de Hospitais	Número de Leitos	Volume de Água (L)
Públicos	2.285	121.776	14,613,120
Privados	4.049	318.018	38,162,160
Universitários	155	46.362	5,563,440
Total	6.489	486.156	58,338,720

Fonte: DATASUS (2003)

Recentemente, vários estudos foram realizados para descobrir as concentrações de antibióticos em esgotos, águas superficiais, solo e água para abastecimento público. Macrolídeos, sulfonamidas, quinolonas foram achados em até $\mu\text{g/L}$ em esgotos e amostras de água de superfície na Alemanha e na Suécia (HIRSCH *et al.*, 1999; ANDREOZZI *et al.*, 2003); (...) lincomicina, eritromicina e claritromicina estavam presentes em todos os locais de prova nos rios Po e Lambro na Itália do norte em concentrações entre 10 e 100 ng/L (CASTIGLIONI *et al.*, 2004). Na Suíça, quinolonas ocorreram em efluentes primário e terciário em concentrações entre 249 e 45 ng/L , respectivamente (GOLET *et al.*, 2001), e nos Estados Unidos foi descoberto sulfametoxazol em algumas amostras de solo e água (KOLPING *et al.*, 2002). No Brasil, em 1997, antilipêmicos, antiinflamatórios e alguns metabólitos foram detectados em esgoto, em efluente de ETE e em águas de rios no estado do Rio de Janeiro por Stumpf *et al.* (1999). Diante de todos esses estudos e comprovações sobre a ocorrência de fármacos nos rios e cursos d'água, torna-se de fundamental importância a busca de soluções efetivas para esse problema de saúde pública e, principalmente a fiscalização de órgãos competentes sobre essas práticas agressivas ao meio ambiente. O tratamento de efluentes líquidos é uma das principais questões ambientais no que diz respeito ao atendimento da legislação em diversos setores industriais (incluindo estabelecimentos de saúde) e a conseqüente proteção ao meio ambiente.

Especificamente, no que se refere às pesquisas e tratamento de efluentes dos estabelecimentos de saúde, apesar dos estudos comprovando a contaminação pela presença de antibióticos, pouco se sabe sobre sua distribuição e persistência no meio, principalmente no meio aquático. Esses fármacos além de contaminantes perturbam a ecologia microbiana, aumentam a proliferação de bactérias patogênicas resistentes, podendo ameaçar a saúde humana (TERNES, 1999). Os fármacos são desenvolvidos para serem persistentes, mantendo suas propriedades químicas o bastante para servir a um propósito terapêutico. Porém, segundo Mulroy (2001) apud Bila (2003), 50% a 90% de uma dosagem do fármaco é excretado inalterado e persiste no meio ambiente. Esses fármacos provêm de metabólitos humanos, fármacos que não foram totalmente usados ou com prazo de validade vencidos os quais são desprezados nos expurgos hospitalares.

O uso abusivo destas classes de antibióticos pode conduzir ao rápido desenvolvimento de bactérias resistentes para estas drogas. O aumento da resistência bacteriana a vários fármacos acarreta dificuldades no manejo de infecções e contribui para o aumento dos custos do Sistema Único de Saúde (SUS), para os hospitais e para o próprio cliente. Dados ecotoxicológicos têm sido levantados por pesquisadores para se identificar fármacos que são potencialmente perigosos para o meio ambiente (AL-ALMAD, 1999; SITHOLE, 1987; MARENGO, 1997).

O objetivo do tratamento de efluentes hospitalares é remover as impurezas físicas, químicas e biológicas, principalmente os organismos patogênicos. Os processos utilizados para tratamento de efluentes, devem levar em conta as características do efluente a ser tratado, bem como o grau de recepção do corpo d'água onde o mesmo será lançado.

Esses tratamentos podem ser classificados em função do tipo de impurezas retiradas e ou do seu grau de remoção:

- Tratamento Preliminar
- Tratamento Primário ou Físico-Químico

- Tratamento Secundário ou Biológico
- Tratamento Terciário ou Avançado
- Tratamento e disposição do lodo

Os tipos de tratamento relacionados podem atuar separadamente, dependendo do grau de limpeza ao qual se deseja obter, mas normalmente atuam em conjunto. Nos diversos processos, quase sempre ocorrem combinações de fenômenos físicos, químicos e biológicos.

Assim, o processo de tratamento dos efluentes pode adotar diferentes tecnologias para depuração do afluente, mas, de modo geral segue um fluxo que compreende as seguintes etapas:

a) Preliminar - remoção de grandes sólidos e areia para proteger as demais unidades de tratamento, os dispositivos de transporte (bombas e tubulações) e os corpos receptores. A remoção destes sólidos previne, ainda, a ocorrência de abrasão nos equipamentos e tubulações e facilita o transporte dos líquidos. É feita com o uso de grades que impedem a passagem de trapos, papéis, pedaços de madeira e caixas de areia, para retenção deste material; e/ou ainda tanques de flutuação para retirada de óleos e graxas em casos de esgoto industrial com alto teor destas substâncias.

b) Primário - os efluentes ainda contêm sólidos em suspensão não grosseiros cuja remoção pode ser feita em unidades de sedimentação, reduzindo a matéria orgânica contida no efluente. Os sólidos sedimentáveis e flutuantes são retirados através de mecanismos físicos, via decantadores. Os efluentes fluem vagarosamente pelos decantadores, permitindo que os sólidos em suspensão de maior densidade sedimentem gradualmente no fundo, formando o lodo primário bruto. Os materiais flutuantes como graxas e óleos, de menor densidade, são removidos na superfície. A eliminação média da DBO nessa etapa é de 30%.

c) Secundário - realiza, principalmente, a remoção de sólidos e de matéria orgânica não sedimentável e, eventualmente, nutrientes como nitrogênio e fósforo. Após as

fases primária e secundária, a eliminação de DBO deve alcançar 90%. É a etapa de remoção biológica dos poluentes e sua eficiência permite produzir um efluente em conformidade com o padrão de lançamento previsto na legislação ambiental. Basicamente, são reproduzidos os fenômenos naturais de estabilização da matéria orgânica que ocorrem no corpo receptor, sendo que a diferença está na maior velocidade do processo, na necessidade de utilização de uma área menor e na evolução do tratamento em condições controladas.

d) Terciário - remoção de poluentes tóxicos ou não biodegradáveis ou eliminação adicional de poluentes não degradados na fase secundária. Esta etapa geralmente é química e é específica para eliminar os poluentes que não foram eliminados anteriormente.

e) Desinfecção - grande parte dos microorganismos patogênicos foi eliminada nas etapas anteriores, mas não a sua totalidade. A desinfecção total pode ser feita pelo processo natural - lagoa de maturação, por exemplo - ou artificial - via cloração, ozonização ou radiação ultravioleta. A lagoa de maturação demanda grandes áreas, pois necessita pouca profundidade para permitir a penetração da radiação solar ultravioleta. Entre os processos artificiais, a cloração é o de menor custo, mas pode gerar subprodutos tóxicos, como organoclorados. A ozonização é muito dispendiosa e a radiação ultravioleta não se aplica a qualquer situação. O desenvolvimento tecnológico no tratamento de esgotos está concentrado na etapa secundária e posteriores. Uma das tendências verificada é o aumento na dependência de equipamentos em detrimento do uso de produtos químicos para o tratamento. Os fabricantes de equipamentos para saneamento, por sua vez, vêm desenvolvendo novas tecnologias para o tratamento biológico, com ênfase no processo aeróbio.

Contudo, os processos de oxidação avançada vêm sendo cada vez mais testados, pois potencialmente podem destruir a maioria das classes de poluentes.

4.3 Os Processos Oxidativos Avançados

Os Processos Oxidativos Avançados (POAs) têm servido de alternativa para tratamento de compostos orgânicos recalcitrantes. Os POA são baseados na

geração do radical hidroxila ($\cdot\text{OH}$), o qual tem um alto poder oxidante e pode promover a degradação de vários compostos poluentes em poucos minutos. Dentre os processos de produção do radical hidroxila destacam-se: Fenton, Foto-Fenton, Fotocatálise heterogênea e Ozonização. O emprego de POA de forma isolada, combinada ou preliminar a outros tratamentos tem apresentado boas perspectivas para a depuração efetiva de uma série de espécies químicas poluentes. Esses processos têm como principal vantagem a completa destruição de contaminantes orgânicos, devido à alta reatividade do radical hidroxila ($E^0=2,8\text{ V}$), convertendo-os em dióxido de carbono, água e sais inorgânicos (LEGRINI, 1993) e vêm sendo muito estudados e empregados na remoção de corantes e no tratamento de efluentes de indústrias têxteis.

Dentre os POA, o processo de Fenton destaca-se por ser uma poderosa fonte de radicais hidroxilas a partir da mistura de sais de ferro e peróxido de hidrogênio:



Os POAs podem gerar os radicais hidroxilas com ou sem radiação ultravioleta. A eficiência desta reação pode ser amplamente aumentada, quando se incide luz, o que é atribuído principalmente à fotorredução de Fe (III) a Fe (II), o qual reage posteriormente com H_2O_2 , aumentando a decomposição de H_2O_2 pela absorção da luz UV e ocorrendo a fotólise de complexos orgânicos de Fe (III) gerados durante a decomposição. Além da alta eficiência, outras vantagens com relação a outros processos envolvem a pronta disponibilidade comercial do oxidante e baixo investimento de capital quando comparado a outros processos de remediação disponíveis no mercado.

O pH de reação é muito importante em virtude de vários fatores como, por exemplo, a estabilidade dos reagentes empregados, tanto o peróxido de hidrogênio quanto os íons ferrosos são mais estáveis em pH ácido. Em pH alcalino, o H_2O_2 é instável podendo ser decomposto em oxigênio e água e seu potencial de oxidação diminui (KUO, 1992). O potencial de oxidação dos radicais hidroxilas diminui com o aumento do pH, sendo que em meio ácido o $E^0=2,8\text{ V}$ e em meio básico tem-se

$E^0=1,95$ V (KIM *et al.*, 1997). Geralmente, o processo de oxidação empregando reagente de Fenton é composto por quatro estágios (BIDGA, 1995), que são:

- 1º - ajuste de pH: a faixa de pH ideal é entre 3 e 4. Para valores de pH elevados ocorre a precipitação de Fe^{3+} .
- 2º - reação de oxidação: processada em um reator não pressurizado e com agitação. É feita a adição de sulfato ferroso e peróxido de hidrogênio. Nessa etapa os poluentes orgânicos são destruídos.
- 3º - neutralização e coagulação de metais: deve ser feito um ajuste de pH na faixa de 6 a 9, para precipitar hidróxido de ferro, o que pode ser feito com a adição de cal. Uma vantagem dessa etapa é a possibilidade de remoção de outros metais pesados por precipitação.
- 4º - precipitação: o hidróxido de ferro e alguns metais pesados precipitam e podem ser removidos da solução.

As taxas de reação com reagente de Fenton aumentam com o aumento da temperatura. Entretanto, quando a temperatura aumenta acima de 40 – 50 °C, a eficiência de utilização do H_2O_2 diminui, devido a sua acelerada decomposição em oxigênio e água. A maioria das aplicações comerciais do reagente de Fenton ocorre a temperaturas entre 20 – 40 °C (ALVES, 2004).

O tempo de reação dependerá de variáveis como temperatura e dosagem de reagentes. O término da oxidação depende da relação entre peróxido de hidrogênio e substrato (composto orgânico), e a taxa de oxidação é determinada pela concentração inicial de ferro e pela temperatura (BIDGA, 1995; KANG , 2000).

4.4 Importância dos Parâmetros Analisados

A seguir, estão resumidos os principais parâmetros físico-químicos analisados no presente trabalho, segundo informações da Cetesb (www.cetesb.sp.gov.br, acessado em 19/09/2005).

4.4.1 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO_{5,20})

A DBO_{5,20} da água é a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica por decomposição microbiana aeróbia para uma forma inorgânica estável. A DBO_{5,20} é normalmente considerada como a quantidade de oxigênio consumido durante um determinado período de tempo, numa temperatura de incubação específica. Um período de tempo de 5 (cinco) dias numa temperatura de incubação de 20 °C é freqüentemente usado e referido como DBO_{5,20}.

Pelo fato de a DBO_{5,20} somente medir a quantidade de oxigênio consumido num teste padronizado, não indica a presença de matéria não biodegradável, nem leva em consideração o efeito tóxico ou inibidor de materiais sobre a atividade microbiana. A presença de um alto teor de matéria orgânica pode induzir à completa extinção do oxigênio na água, provocando o desaparecimento de peixes e outras formas de vida aquática.

4.4.2. Demanda Química de Oxigênio – DQO

É a quantidade de oxigênio necessária para oxidação da matéria orgânica através de um agente químico. Os valores da DQO normalmente são maiores que os da DBO_{5,20}, sendo o teste realizado num prazo menor.

A DQO é um parâmetro indispensável nos estudos de caracterização de esgotos sanitários e de efluentes industriais. A DQO é muito útil quando utilizada conjuntamente com a DBO_{5,20} para observar a biodegradabilidade de despejos. Desta forma os resultados da DQO de uma amostra são superiores aos de DBO_{5,20}. Como na DBO_{5,20} mede-se apenas a fração biodegradável, quanto mais este valor se aproximar da DQO significa que mais facilmente biodegradável será o efluente. É comum aplicar-se tratamentos biológicos para efluentes com relações DQO/DBO_{5,20} de 3/1, por exemplo. Mas valores muito elevados desta relação indicam grandes possibilidades de insucesso, uma vez que a fração biodegradável torna-se pequena, tendo-se ainda o tratamento biológico prejudicado pelo efeito tóxico sobre os microrganismos exercido pela fração não biodegradável.

4.4.3 Coloração

A cor de uma amostra de água está associada ao grau de redução de intensidade que a luz sofre ao atravessá-la (e esta redução dá-se por absorção de parte da radiação eletromagnética), devido à presença de sólidos dissolvidos, principalmente material em estado coloidal orgânico e inorgânico. Também os esgotos sanitários se caracterizam por apresentarem predominantemente matéria em estado coloidal. Há também compostos inorgânicos capazes de possuir as propriedades e provocar os efeitos de matéria em estado coloidal. Os principais são os óxidos de ferro e manganês, que são abundantes em diversos tipos de solo.

4.4.4. Potencial Hidrogeniônico (pH)

Nas estações de tratamento de águas, são várias as unidades cujo controle envolve as determinações de pH. A coagulação e a floculação que a água sofre inicialmente é um processo unitário dependente do pH; existe uma condição denominada "pH ótimo" de floculação que corresponde à situação em que as partículas coloidais apresentam menor quantidade de carga eletrostática superficial. Por isso o pH da água final deve ser controlado, para que os carbonatos presentes sejam equilibrados e não ocorra nenhum efeito indesejado. As restrições de faixas de pH são estabelecidas para as diversas classes de águas naturais, tanto de acordo com a legislação federal (Resolução nº. 20 do CONAMA, de junho de 1986). Os critérios de proteção à vida aquática fixam o pH entre 6 e 9.

Nos ecossistemas formados nos tratamentos biológicos de esgotos, o pH é também uma condição que influi decisivamente no processo. Normalmente, a condição de pH que corresponde à formação de um ecossistema mais diversificado e a um tratamento mais estável é a de neutralidade, tanto em meios aeróbios como nos anaeróbios. O decréscimo no valor do pH que a princípio funciona como indicador do desequilíbrio, passa a ser causa se não for corrigido a tempo.

4.4.5. Sais Minerais.

São inúmeros os minerais possíveis de ocorrerem na água. O Nitrogênio e o Fósforo dependendo de quantidade são importantes porque são responsáveis pela alimentação de algas, vegetais superiores e outros organismos aquáticos. Em dosagens elevadas podem provocar sérios problemas, como proliferação excessiva de algas, causando o fenômeno conhecido como eutrofização (boa nutrição) de lagos e represas. Nesses casos a água tem mau cheiro, gosto desagradável e ocorre morte generalizada de peixes.

O fósforo aparece em águas naturais devido, principalmente, às descargas de esgotos sanitários. Nestes, os detergentes superfosfatados empregados domesticamente em larga escala constituem a principal fonte, além da própria matéria fecal, que é rica em proteínas. Pela legislação federal em vigor, a Resolução nº. 357 do CONAMA/2005, o nitrogênio amoniacal é padrão de classificação das águas naturais e padrão de emissão de esgotos.

4.4.6. Oxigênio Dissolvido (OD)

É um dos parâmetros mais importantes para exame da qualidade da água, pois revela a possibilidade de manutenção de vida dos organismos aeróbios, como peixes, por exemplo. A escassez de OD pode levar ao desaparecimento dos peixes de um determinado corpo d'água, dado que esses organismos são extremamente sensíveis à diminuição do OD de seu meio. Pode também ocasionar mau cheiro.

Nas lagoas de estabilização fotossintéticas, usadas para o tratamento de esgotos, recorre-se a esta fonte natural de oxigênio para a decomposição da matéria orgânica pelos microrganismos heterotróficos que, por sua vez, produzem gás carbônico que é matéria-prima para o processo fotossintético.

4.4.7. Carbono Orgânico Dissolvido

Este parâmetro não está sujeito à legislação, mas é importante que sejam rotineiramente avaliados durante um determinado período para que seja possível obter-se uma correlação entre estes e a concentração de compostos precursores de trihalometanos, o que poderá facilitar a detecção quando de possíveis alterações na qualidade da água com relação à presença desse tipo de compostos.

É difícil se restabelecer o equilíbrio se os processos poluidores não são controlados. Os principais componentes de matéria orgânica encontrados na água são proteínas, aminoácidos, carboidratos, gorduras, além de uréia, surfactantes e fenóis. Os microorganismos desempenham diversas funções de fundamental importância para a qualidade das águas. Participam das diversas transformações da matéria nos ciclos biogeoquímicos como o do N, P, S, Hg, C e da água.

Outro aspecto de grande relevância em termos de qualidade biológica da água é a presença de agentes patogênicos e a transmissão de doenças. A detecção dos agentes patogênicos, principalmente bactérias, protozoários e vírus, em uma amostra de água é extremamente difícil, em razão de suas baixas concentrações. Portanto, a determinação da potencialidade de um corpo d'água ser portador de agentes causadores de doenças pode ser feita de forma indireta, através dos organismos indicadores de contaminação FECAL do grupo dos COLIFORMES.

Os coliformes estão presentes em grandes quantidades nas fezes do ser humano e dos animais de sangue quente. A presença de coliformes na água não representa, por si só, um perigo à saúde, mas indica a possível presença de outros organismos causadores de problemas à saúde. Os principais indicadores de contaminação fecal são as concentrações de coliformes totais e coliformes fecais, expressa em número de organismos por 100ml de água. De modo geral, nas águas para abastecimento o limite de Coliformes Fecais legalmente tolerável não deve ultrapassar 4.000 coliformes fecais em 100ml de água em 80% das amostras colhidas em qualquer período do ano.

5. METODOLOGIA

5.1 Área de Estudo

A localização da cidade de Otacílio Costa é no Planalto Serrano, na microrregião dos Campos de Lages, a 315 km de Florianópolis. Sua área é de 924,2 km². A cidade encontra-se cercada por áreas de reflorestamento, o município tem na produção de papel e celulose a sua principal fonte econômica. A data de fundação foi em 10 de maio de 1982. A principal atividade econômica é a extração de madeira e indústria de papel e celulose. Sua população é de aproximadamente 14.000 habitantes. Em sua colonização encontram-se Italianos, alemães, açorianos e poloneses. O clima é predominantemente Mesotérmico úmido, com temperatura média de 16°C. Altitude: 884 m acima do nível do mar. E suas cidades vizinhas são: Braço do Trombudo, Agrolândia, Ponte Alta. A localidade de Otacílio Costa é banhada pelo Rio Canoas, é uma cidade industrial que se encontra entre os maiores fabricantes de papel, celulose e embalagens do Estado. Com uma população predominantemente urbana, é o segundo município na arrecadação de impostos de toda a região.

5.2 Características da Instituição em Estudo

O hospital Santa Clara, localizado na cidade de Otacílio Costa é uma instituição de pequeno porte de complexidade média. Uma média de 40 internos por mês e uma média de 800 atendimentos ambulatoriais mensais incluindo internações para observação de algumas horas a um dia. Além de apresentar uma média de 30 partos mensais e dentre estes 8 à 10 são cesarianas, 10 cirurgias vasculares e 4 cirurgias oftalmológicas quinzenalmente e outras de pequena e média complexibilidade.

5.3 Descrição do sistema de tratamento

O tanque coletor do efluente do hospital Santa Clara foi instalado a 10 anos, nas dependências da área hospitalar, para atender uma demanda de 80 pessoas por dia. Esse tanque de fibra apresenta 7,5 metros de profundidade e 2 metros de largura e 3 metros de comprimento. Toda a água utilizada no hospital é descartada nesse tanque sem nenhum tipo de segregação. Esse tanque apresenta 4 aeradores, 3 divisões internas, calhas, e sistema de gradeamento. Esse gradeamento é simples feito com algumas barras de ferro, não apresenta grande eficiência, uma vez que não é realizada a coleta manual do lixo que fica nas grades encontrando-se: plásticos, panos e outros materiais no efluente prejudicando os processos subsequentes. Também se encontra areia no fundo do tanque por não possuir um desarenador. Essa areia provém da água utilizada para lavar o piso hospitalar.

5.4 Tratamento Primário

O tratamento primário é constituído unicamente por processos físico-químicos. Nesta etapa procede-se ao pré-arejamento, equalização, neutralização da carga do efluente a partir da equalização e, seguidamente, procede-se à separação de partículas líquidas ou sólidas através de processos de floculação e sedimentação. No processo biológico, o esgoto afluente, na presença de oxigênio dissolvido, sob agitação mecânica e pelo crescimento e atuação de microorganismos específicos, forma flocos denominados lodo ativado ou lodo biológico. Essa fase do tratamento objetiva a remoção de matéria orgânica biodegradável presente nos esgotos e conseqüentemente a redução da DBO (Demanda bioquímica de Oxigênio).

Após essa etapa, a fase sólida é separada da fase líquida através da decantação. O lodo ativado separado retorna para o processo ou é retirado de tempo em tempo por uma empresa particular. (Seu destino é ignorado pela direção do hospital)

O tanque é equipado com 4 aeradores mecânicos. Quase sempre apresentam defeito devido à falta de manutenção. Esse sistema de tratamento esta há 4 anos sem manutenção de pessoas especializadas. A quantidade de oxigênio introduzido na mistura através dos aeradores propicia o desenvolvimento de

bactérias aeróbias que irão digerir a matéria orgânica carbonácea e a nitrificação do nitrogênio orgânico total remanescente do afluente bruto.

Os aeradores trabalham em ciclos de 60 minutos, depois de certo tempo, os aeradores são desligados automaticamente e o efluente passa por um período de decantação onde os flocos formados são separados do efluente tratado. Uma parte do que foi sedimentado é recirculada para manter a concentração desejada de microorganismos no tanque de aeração, e a outra parte é descartada.

Após a separação entre o lodo secundário e o efluente, este sobe para a superfície, onde é coletado por uma calha situada na borda do tanque e enviado para o Rio Canoas. Nesse tanque não é utilizado nenhum produto químico para tratamento do efluente.

5.5 Coleta de Amostras do efluente

A primeira foi do tipo simples, ou seja, a coleta ocorreu em um único período do dia. Foram coletados 2000ml de efluente, sendo 1000ml coletado em frasco de polietileno e 1000ml em vidro âmbar. A segunda coleta foi do tipo composta, sendo coletado 1000ml a cada duas horas a partir das 8:00h da manhã. Os frascos foram acondicionados em caixa de isopor com gelox, identificados e encaminhados ao laboratório para serem estudados (análise e tratamento). Essas amostras foram enviadas ao laboratório Beckhauser e Barros de Blumenau para análises.

Tabela 2: Coletas do efluente hospitalar para análise

Coletas do Efluente					
	T°C	Vol (ml)	Local	Tipo	Vazão (ml)
28/4/2006	28	2000	Saída do tanque	Simples	157,76
13/9/2006	23	5000	Entrada do Tanque	Composta*	157,76

* Foi realizado 1 coleta de 1000ml de efluente a cada duas horas partir das 8:00 h da manhã, num total de 5 coletas.

A terceira foi realizada num período de uma semana. As coletas aconteciam em dias alternados. Após as coletas, o efluente foi armazenados em frascos de polietileno e âmbar, num total de 6000ml de amostra.

Tabela 3 – Coletas de Efluente Hospitalar para tratamento.

3º Coletas do Efluente *					
	T°C	Vol (ml)	Local	Tipo	Vazão (ml)
18/9/2006	24	2000	Entrada do Tanque	Composta	157,76
20/9/2006	20	2000	Entrada do Tanque	Composta	157,76
23/9/2006	18	2000	Entrada do Tanque	Composta	157,76

* Essas análises foram enviadas ao laboratório da Univali – CCTMar para testar duas formas de tratamento.

5.6 Coletas de Dados da Instituição.

Foram obtidas na contabilidade da instituição as faturas de água da Companhia de Água e Saneamento - Casan de Otacílio Costa - SC, para o cálculo do consumo médio de água, a qual acaba se tornando efluente. Foram analisados 18 meses, entre novembro de 2004 a maio de 2006.

Para a medida da vazão de entrada do efluente no sistema de tratamento foi utilizado um coletor com um frasco de 3600ml. Toda a descarga do hospital passa por um único cano com volumes variáveis durante o dia dependendo de algumas variáveis como: número de pessoas internadas, período do dia, do uso da lavanderia, cozinha, da hora da limpeza e desinfecções terminais. A medida da vazão foi realizada no dia 13 de setembro de 2006, com início da contagem as 8:30h da manhã e término as 17:00h. Ao total foram realizadas 15 medidas de manhã e quinze à tarde com intervalos de 10 a 30 minutos, o tempo apresentava-se bom com sol entre nuvens.

Nesta instituição em estudo, como já mencionado, o destino da água de todas as salas geradoras de efluente, de acordo com a planta do hospital, é um único tanque coletor localizado no pátio hospitalar. O número de salas geradoras de efluentes no hospital, como mostrado na Tabela 4.

Tabela 4 - Salas geradoras de efluentes no hospital em estudo.

Salas	Quantidades
Lavanderias	02
Expurgos	04
Banheiros	28
Cozinhas	02
Copas	02
Bloco cirúrgico	01
Centro obstétrico	01
Pediatrias	01
Centro de material de esterilização	01
Clínica médica	01
Clínica cirúrgica	01
Pronto socorro	01
Salas de pequenos procedimentos	01

Postos de enfermagem	03
Total	49

Fonte: Planta da Instituição em estudo, Otacílio Costa, 2005.

A determinação da concentração de antibióticos no efluente da instituição em estudo foi feita através de uma coleta de dados onde se relacionou toda emissão de líquido da instituição para o tanque coletor. Para isso foi realizada uma busca nos relatórios da farmácia, almoxarifado e contabilidade da instituição sobre todas as compras de medicamentos, materiais de limpeza e faturas de água. Com relação aos medicamentos mais utilizados na instituição também foram realizadas as leituras de todas as bulas para se identificar a concentração de antibióticos eliminados via renal sem metabolização.

Para realizar os cálculos das concentrações de antibióticos e materiais de limpeza no tanque coletor do efluente foram consideradas somente as porcentagens eliminadas sem metabolização pela via renal e a quantidade de água consumida no mês, usando a fórmula:

$$C = \frac{Cons * P}{Q}$$

C= concentração do antibiótico no efluente hospitalar

Cons = Consumo de medicamento/mês

P = Porcentagem de eliminação via renal do antibiótico sem metabolização.

Q= Quantidade de água consumida/mês.

Os produtos de limpeza utilizados para higienização e desinfecção da instituição foram divididos em materiais sólidos e líquidos. Esses dados, obtidos no setor de contabilidade e almoxarifado, no período de novembro de 2004 à abril de 2006, num total de 18 meses. Para a determinação da concentração do material de limpeza no efluente hospitalar foi realizado o seguinte cálculo:

$$C = \frac{Cons}{Q}$$

Onde:

C= Concentração de matérias de limpeza no efluente hospitalar

Cons = Consumo mensal de matérias de limpeza

Q= Quantidade de água consumida ao mês.

Após obter os resultados das concentrações dos dezoito meses estudados, foi calculado a média dos antibióticos e dos materiais de limpeza que são enviados ao tanque coletor.

5.3 Tratamento das amostras do Efluente

Os reagentes (e suas características) usados no tratamento das amostras de efluentes são mostrados na Tabela 5.

Tabela 5 - Reagentes utilizados no tratamento do efluente

Reagentes	Fórmula Química	Fabricante	Grau de Pureza
Sulfato Ferroso Heptahidratado	FeSO ₄ . 7H ₂ O	Nuclear	Analítico
Peróxido de Hidrogênio	H ₂ O ₂	Nuclear	Analítico
Ácido Sulfúrico	H ₂ SO ₄		

5.4. Preparo das Amostras

No laboratório cada amostra de 2000ml foi colocada em um Becker. Retirou-se uma alíquota (amostra bruta) de 200ml para análise. Após foi ajustado o pH em 3,4 dos 1800ml restantes com adição de ácido sulfúrico 6M (H₂SO₄) sob agitação magnética.

A amostra foi dividida em duas sub-amostras de 900ml, que por sua vez foram novamente divididas em 4 sub-amostras de 400ml cada (duplicatas) com o objetivo de repetir duas vezes cada forma de tratamento com as mesmas amostras.

Duas amostras receberam tratamento com Fenton e as outras duas com Foto-Fenton (adição de luz UV - 9 W), onde adicionou-se 2,8g de Sulfato Ferroso Heptahidratado ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) e 90ml de Peróxido de Hidrogênio utilizando uma bureta graduada em gotejamento lento.

As quantidades adicionadas de Peróxido foram 30ml nos primeiros 30 min de tratamento, mais 30ml até 1 h de tratamento e mais 30ml até 2 h de tratamento. Amostras para análise foram coletadas após 30 minutos, 60 minutos e 120 minutos.

Depois de acontecer os tratamentos, os conteúdos das duplicatas foram novamente reunidos. Assim, obteve-se 9 amostras tratadas pelo processo de Fenton e 9 amostras tratadas pelo processo de Foto-Fenton.

Os métodos analíticos utilizados para quantificar os parâmetros físico-químicos e microbiológicos estudados são mostrados no Quadro 1 a seguir.

Estas metodologias foram baseadas no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (19ª Edição), publicada por APHA *et al.* (1995).

Quadro 1 : Métodos analíticos utilizados para quantificar os parâmetros físico-químicos e microbiológicos estudados

Parâmetros	Unidade	VMP*	Limite detecção	Método
Cor	mg/L Pt-Co	-----	0,1	Colorimétrico
DQO	mg/L O ₂	-----	5	Espectroscopia Visível
DBO	mg/L O ₂	60mg/L ou redução de 80%	5	Manométrico
Fósforo Total	mg/L P	1,0	0,1	Espectroscopia Visível

Nitrogênio Total	mg/L N	10,0	0,1	Espectroscopia Visível
Matéria orgânica	mg/L	3,0	0,1	Titrimétrico
pH	----	6 a 9	0-14	Potenciométrico
Sólidos totais	mL/L	1,0	0,10	Gravimétrico
Sólidos sedimentáveis	mL/L	1,0	0,1	Cone Imhoff
TOC**	mg C/L	----	1,0	5310 B ⁽¹⁾
Coliformes totais	NMP/100 mL	-----	1	Tubos múltiplos
Coliformes termo	NMP/100 mL	-----	1	Tubos múltiplos

* **VPM** – Valor máximo permitido.

** **TOC** – Carbono orgânico total

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Volume mensal de água utilizada no hospital e vazão do efluente.

A partir dos valores do consumo mensal de água, de acordo com as faturas fornecidas pela CASAN foi possível calcular que a instituição em estudo apresentou uma média de consumo de água de 141,55 m³ e um desvio padrão de 16,84 m³. Isto gera uma vazão de 0,20 m³/h.

6.2. Medicamentos usados no hospital.

De acordo com o relatório da instituição, os antibióticos mais usados em todas as unidades e pronto socorro estão relacionados na Tabela 6 abaixo.

Tabela 6 - Consumo de antibióticos no hospital no período de nov/2004 a abril/2006

ANTIBIÓTICOS	CLASSE DE ATB	Consumo (gramas)
Gentamicina	Aminoglicosídeos	92,1
Keflin (Cefalotina)	B - Lactamase	2397
Keflex	B - Lactamase	578
Amoxicilina	B - Lactamase	145,75
Ampicilina	B - Lactamase	1305,25
Penicilina Benzatina	B - Lactamase	1172
Penicilina Cristalina	B - Lactamase	229
Despacilina	B - Lactamase	1049
Kefazol	B - Lactamase	203
Rocefin	B - Lactamase	564
Floxacin	Quinolonas	367,4

Fonte: Relatórios da Contabilidade do Hospital Santa Clara.

As classes de antibióticos possíveis de serem encontradas neste efluente por serem os mais utilizados na instituição são: Aminoglicosídeos, b-lactamase, quinolonas.

A análise da farmacologia dos medicamentos mais usados no hospital em estudo permitiu determinar o grau de metabolização de cada um no organismo humano (Tabela 7).

Tabela 7 - Classes de Antibióticos mais usados na instituição e percentuais de metabolização no organismo humano.

ANTIBIÓTICOS	CLASSE DE ATB	Eliminação renal (%)	Média
Gentamicina	Aminoglicosídeos	40 - 100	70
Keflin (Cefalotina)	B - Lactamase	90	90
Keflex	B - Lactamase	90	90
Amoxicilina	B - Lactamase	50 - 72	61
Ampicilina	B - Lactamase	70	70
Penicilina			
Benzatina	B - Lactamase	100	100
Penicilina			
Cristalina	B - Lactamase	69 - 90	79,5
Despacilina	B - Lactamase	90 - 100	95
Kefazol	B - Lactamase	90 - 100	95
Rocefin	B - Lactamase	50 - 60	55
Floxacin	Quinolonas	26 - 32	29

Com estes dados, junto com o dado da vazão, foi realizado o cálculo da concentração de antibióticos no tanque coletor do efluente. Assim, após obter os resultados das concentrações dos dezoito meses estudados, foi calculado a média dos antibióticos encontrados no tanque coletor (Tabela 8).

Tabela 8 - Concentração média de antibióticos no efluente hospitalar

Antibióticos	Média g/m³
Gentamicina	0,02552201
Keflin (Cefalotina)	0,801017
Keflex	0,30010012
Amoxicilina	0,0351265
Ampicilina	0,38913679
Penicilina Benzatina	0,43446315
Penicilina Cristalina	0,06820435
Despacilina	0,3617991
Kefazol	0,0853751
Rocefin	0,1269129
Floxacin	0,04670393

Aparentemente, os valores médios de antibióticos presentes nos efluentes são baixos para se imaginar efeitos toxicológicos importantes na microbiota dos corpos hídricos receptores. Contudo, o que está em questão não é propriamente a quantidade, mas sim a qualidade do que é rejeitado para o meio-ambiente. Nesse sentido, a qualidade do efluente hospitalar é peculiar, pois essas pequenas quantidades são suficientes para acarretar perturbações na microbiota do meio receptor. Na revisão bibliográfica ficou claro que quantidades em nível de microgramas ou nanogramas já são suficientes para causar preocupações, tanto ambientais, quanto de saúde pública (HIRSCH *et al.*, 1999; ANDREOZZI *et al.*, 2003; CASTIGLIONI *et al.*, 2004; GOLET *et al.*, 2001; KOMPIN *et al.*, 2002), pois a grande maioria das estações de potabilização de água não têm capacidade para eliminar estes compostos da água. Contudo a preocupação maior diz respeito às mudanças genéticas (mutações) que estes compostos químicos podem acarretar (direta ou indiretamente) nos microrganismos, levando-os a se tornarem multi-resistentes.

6.3 Produtos usados na limpeza e desinfecção do hospital.

Os produtos de limpeza utilizados para higienização e desinfecção da instituição foram divididos nas Tabelas 9 e 10 em materiais sólidos e líquidos.

Tabela 9 - Total de materiais de limpeza sólidos utilizados na instituição de Nov/2004 a Abr/2006.

Descrição	Materiais sólidos (kg)
Alvejante	358
Pasta umectante	180
Sabão em barra	28,2
Sabão em pó	158
Sapólio	65,4

Os compostos alvejantes, por serem oxidantes relativamente poderosos são os compostos mais utilizados nas atividades de limpeza hospitalar.

Tabela 10 - Total de Materiais de limpeza líquidos utilizados no período de Nov/2004 a Abr/2006.

Descrição	Materiais líquidos (Litros)
Água Sanitária	419
Álcool 70%	242
Amaciante	165
Cera Líquida	155
Desinfetante	355
Detergente	325
Sabão líquido	189

Aqui também um agente oxidante relativamente poderoso é o tipo de composto mais utilizado nas atividades de limpeza/desinfecção hospitalar.

Ao relacionar estas quantidades de material usado na limpeza com o consumo de água, chegamos às concentrações médias destes compostos presentes nos efluentes (Tabela 11 e 12).

Tabela 11 - Concentração média de material de limpeza sólido no efluente hospitalar.

Material sólido	Média kg/m ³
Alvejante	0,13634444
Pasta umectante	0,06452667
Sabão em barra	0,01173889
Sabão em pó	0,05285556
Sapólio	0,0253

Tabela 12 - Concentração média de antibióticos no efluente hospitalar.

Material Líquido	Média L/m ³
Água Sanitária	0,16735
Álcool 70%	0,09699
Amaciante	0,06303
Cera Líquida	0,06138
Desinfetante	0,14298
Detergente	0,12766
Sabão líquido	0,07357

Todos esses dados serviram como base para o estudo da composição dos efluentes, uma vez que todos os produtos líquidos utilizados no hospital são

descartados para o mesmo local. Quanto aos medicamentos, estes são lançados aos efluentes em concentrações variadas. Muitos medicamentos são desprezados em suas fórmulas originais, pelo expurgo, por ter passado da validade ou por não ter sido completamente usado, ou são eliminados através da urina ou fezes dos pacientes internados.

6.4 Características do efluente hospitalar bruto.

Uma primeira abordagem sobre a qualidade do efluente do Hospital Santa Clara é a eficiência físico-química-microbiológica do tanque anaeróbio usado atualmente para tratar o efluente. Assim, a Tabela 13 mostra os resultados analíticos do efluente obtido na entrada e na saída do tanque.

Tabela 13 - Resultados da qualidade do efluente na entrada e na saída do tanque de tratamento.

Parâmetros	Unidade	Referência	Entrada	Saída	% de eficiência
cor	mg/L	75	13670	8160	40,3
DQO	mg/L	--	9800	1310	86,6
DBO	mg/L	5	3890	570	85,3
fósforo	mg/L	0,05	28,9	9,7	66,4
nitrogênio	mg/L	3,7	87,5	48	45,1
Mo	mg/L	3	2160	350	83,7
pH	--	7,5	6,71	4,95	26,2
ST	mL/L	1	7356	2371	67,7
SS	mL/L	1	53,9	41	23,9
TOC	mg C/L	--	181	23	87,2
Coliforme total	NMP/100 mL	--	220.000.000	110.000	99,9
Coliforme termo	NMP/100 mL	1000	170.000.000	70.000	99,9

A Tabela 13 nos mostra que um tratamento anaeróbio simples é muito eficiente para o abatimento dos valores dos parâmetros analisados, pois todos os parâmetros diminuíram na saída do tanque, comparativamente aos valores destes parâmetros na entrada do tanque. Contudo, apesar dessa relativa eficiência, a qualidade do efluente rejeitado no meio ambiente ainda está acima dos valores legais permitidos pelo CONAMA 357/05.

Assim, justifica-se o estudo de métodos complementares de tratamento do efluente hospitalar. Para tanto, a comparação entre a qualidade do efluente bruto e do efluente tratado é o fator determinante para se avaliar a eficiência do método estudado.

Os resultados analíticos das 3 amostras de efluentes brutos estudados são mostrados nas Tabelas 14, 15 e 16

Tabela 14 - Resultados analíticos da primeira amostra de efluente bruto.

Parâmetros	Unidade	Valor legal	Resultado	
			Saída do tanque anaeróbio	Limite detecção
Cor	mg/L Pt-Co	-----	8160,0	0,1
DQO	mg/L O ₂	-----	1310	5
DBO	mg/L O ₂	60mg/L ou redução de 80%	570	5
Fósforo Total	mg/L P	1,0	9,7	0,1
Nitrogênio Total	mg/L N	10,0	48,0	0,1
Matéria orgânica	mg/L	3,0	3.500	0,1
pH	----	6 a 9	4,95	0-14
Sólidos totais	mg/L	1,0	2.371	0,10
Sólidos sedimentáveis	mL/L	1,0	41,0	0,1
TOC	mg C/L	----	23,0	1,0
Coliformes totais	NMP/100 mL	-----	110 000	1
Coliformes termo	NMP/100 mL	-----	70.000	1

Tabela 15 - Resultados analíticos da segunda amostra de efluente bruto.

Parâmetros	Unidade	Resultado	
		Saída do tanque anaeróbio	Limite detecção

Cor	mg/L Pt-Co	13670,0	0,1
DQO	mg/L O ₂	2.100	5
DBO	mg/L O ₂	669	5
Fósforo Total	mg/L P	28,9	0,1
Nitrogênio Total	mg/L N	87,5	0,1
Matéria orgânica	mg/L	2160,0	0,1
pH	----	6,71	0 -14
Sólidos totais	mg/L	7.356	0,10
Sólidos sedimentáveis	mL/L	53,9	0,1
TOC	mg C/L	181,0	1,0
Coliformes totais	NMP/100mL	2,2 x 10 ⁹	1
Coliformes termo	NMP/100mL	1,7 x 10 ⁹	1

Tabela 16 - Resultados analíticos da terceira amostra de efluente bruto.

Parâmetros	Unidade	Valor legal	Resultado Saída do tanque anaeróbio	Limite detecção
DQO	mg/L O ₂	-----	2.920	5
DBO	mg/L O ₂	60mg/L ou redução de 80%	7.960	5
Fósforo Total	mg/L P	1,0	-	0,1
Nitrogênio Total	mg/L N	10,0		0,1
Matéria orgânica	mg/L	3,0	4.504	0,1
pH	----	6 a 9	6,04	0-14
Sólidos totais	mg/L	1,0	5.478	0,10
Sólidos sedimentáveis	mL/L	1,0	48,7	0,1
Coliformes totais	NMP/100 mL	-----	-	1
Coliformes termo	NMP/100 mL	-----	-	1

- Não realizada

Os valores encontrados nas Tabelas 14 à 16 mostram uma variabilidade considerável na constituição do efluente do Hospital Santa Clara. Os valores dos parâmetros na saída do tanque anaeróbio estão, na maioria, em não-conformidade com a legislação pertinente (CONAMA 357/05). Os parâmetros que chamam a atenção são a Matéria Orgânica e a grande quantidade de microrganismos que estão em concentrações muito altas.

Os resultados obtidos após o tratamento com Fenton e Foto-Fenton são mostrados a seguir.

Para a primeira amostra, os resultados obtidos em função do tipo e tempo de tratamento são mostrados nas Tabelas 17 e 18.

Tabela 17 - Resultados do tratamento da primeira amostra utilizando Fenton.

Parâmetros Analisados	Unidades	EB	ET30	Redução (%)	ET60	Redução (%)	ET120	Redução (%)	Valor legal
Coliformes termotolerantes (fecais)	NMP/100mL	70.000	AUS	-	AUS	-	AUS	-	1000
Coliformes totais	NMP/100mL	110.000	AUS	-	AUS	-	AUS	-	3000
D.B.O ₅ DIAS	mg/L O ₂	570	265	53,5	218	61,8	51	91,1	60mg/L ou red 80%
D.Q.O.	mg/L O ₂	1.310	756	42,3	660	49,6	134	89,8	----

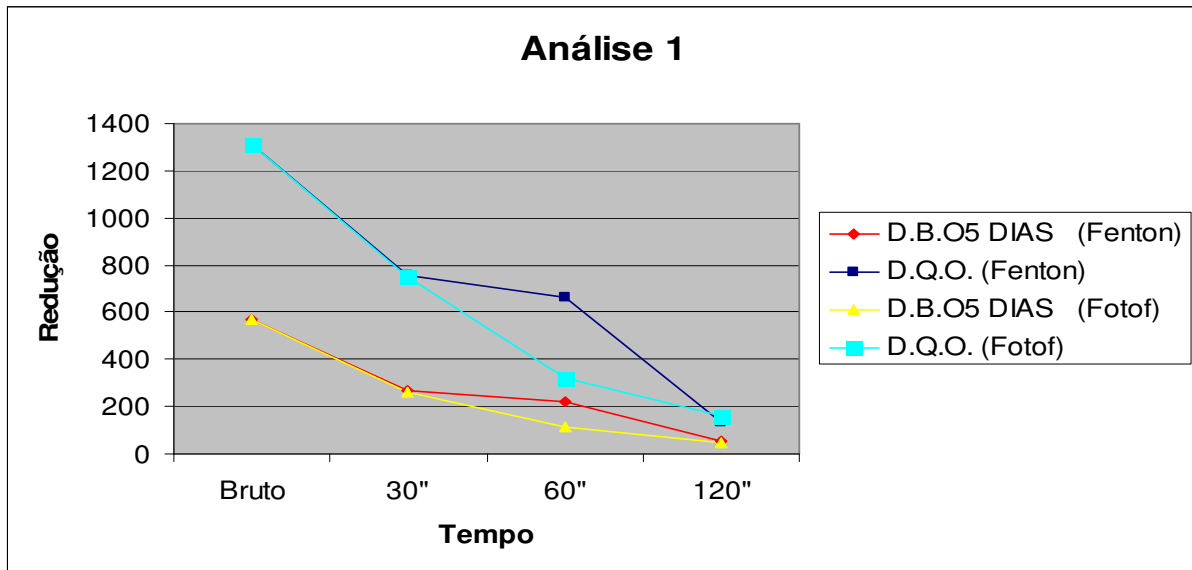
EB = Efluente Bruto ET30 = Efluente Tratado 30 min ET30 = Efluente Tratado 60 min
 ET120 = Efluente Tratado 120 min AUS = Ausência Redução é calculada em relação ao EB

Tabela 18 - Resultados do tratamento da primeira amostra utilizando Foto-Fenton.

Parâmetros Analisados	Unidades	EB	ET30 UV	Redução (%)	ET60 UV	Redução (%)	ET120 UV	Redução (%)	Valor legal
Coliformes termotolerantes (fecais)	NMP/100mL	70.000	AUS	-	AUS	-	AUS	-	1000
Coliformes totais	NMP/100mL	110.000	AUS	-	AUS	-	AUS	-	3000
D.B.O ₅ DIAS	mg/L O ₂	570	260	54,4	117	79,5	48	91,6	60mg/L ou red 80%
D.Q.O.	mg/L O ₂	1.310	750	42,7	324	75,3	158	87,9	----

EB = Efluente Bruto ET30 = Efluente Tratado 30 min + Ultra-Violeta
ET30 = Efluente Tratado 60 min + Ultra-Violeta
ET120 UV = Efluente Tratado 120 min + Ultra-Violeta
AUS = Ausência Redução é calculada em relação ao EB

Gráfico 1 – Comparação entre os tratamentos da 1ª amostra utilizando fenton e Foto-fenton



No campo do tratamento de esgotos, a $DBO_{5,20}$ é um parâmetro importante no controle das eficiências das estações, principalmente nos tratamentos biológicos aeróbios, bem como físico-químicos. Na legislação do Estado de São Paulo, o Decreto Estadual n.º 8468, a $DBO_{5,20}$ de cinco dias é padrão de emissão de esgotos diretamente nos corpos d'água, sendo exigidos ou uma $DBO_{5,20}$ máxima de 60mg/L ou uma eficiência global mínima do processo de tratamento na remoção de $DBO_{5,20}$ igual a 80%. Este último critério favorece aos efluentes industriais concentrados, que podem ser lançados com valores de $DBO_{5,20}$ ainda altos, mesmo removida acima de 80%. Este também é o caso dos efluentes hospitalares. De acordo com a CETESB, um elevado valor da $DBO_{5,20}$ pode indicar um incremento da microflora presente e interferir no equilíbrio da vida aquática, além de produzir sabores e odores desagradáveis e, ainda, pode obstruir os filtros de areia utilizados nas estações de tratamento de água.

A DQO é um parâmetro indispensável nos estudos de caracterização de esgotos sanitários e de efluentes industriais. A DQO é muito útil quando utilizada conjuntamente com a $DBO_{5,20}$ para observar a biodegradabilidade de despejos. Sabe-se que o poder de oxidação do dicromato de potássio é maior do que o que resulta mediante a ação de microrganismos, exceto raríssimos casos como hidrocarbonetos aromáticos e piridina. Desta forma os resultados da DQO de uma

amostra são superiores aos de $DBO_{5,20}$. Como na $DBO_{5,20}$ mede-se apenas a fração biodegradável, quanto mais este valor se aproximar da DQO significa que mais facilmente biodegradável será o efluente. É comum aplicar-se tratamentos biológicos para efluentes com relações $DQO/DBO_{5,20}$ de 3/1, por exemplo. Mas valores muito elevados desta relação indicam grandes possibilidades de insucesso, uma vez que a fração biodegradável torna-se pequena, tendo-se ainda o tratamento biológico prejudicado pelo efeito tóxico sobre os microrganismos exercido pela fração não biodegradável.

Observando os valores das Tabelas 17 e 18 podemos constatar que ambos os processos (Fenton e Foto-Fenton) foram eficientes no tratamento do efluente hospitalar. Assim, houve uma redução da DQO em 87,9% para Foto-Fenton e 89,8% para o Fenton, enquanto houve redução da DBO em 91,6 % para o Foto-Fenton e 91,0 % para o Fenton após 120 min de tratamento do efluente. Depois de 60 min de tratamento, há uma diferença quantitativa importante entre a quantidade de matéria orgânica oxidada pelos dois métodos, sendo o processo de Foto-Fenton mais eficiente do que o processo clássico de Fenton, porém, depois de 120 min de tratamento, a eficiência dos métodos é praticamente a mesma. Contudo, o mais importante é que após 30 min de tratamento já foi constatado a desinfecção do efluente, certamente devido ao ajuste de pH para 3,8 seguido da oxidação. Nesse sentido, seria interessante em trabalhos futuros determinar quanto tempo de tratamento se faz necessário para a desinfecção do efluente, pois os radicais hidroxilas gerados são agentes oxidantes muito poderosos.

Para a segunda amostra, os resultados obtidos em função do tipo e tempo de tratamento são mostrados nas Tabelas 19 e 20.

Tabela 19 - Resultados do tratamento da segunda amostra utilizando Fenton.

Parâmetros Analisados	Unidades	EB	ET30	Redução (%)	ET60	Redução (%)	ET120	Redução (%)	Valor legal
-----------------------	----------	----	------	-------------	------	-------------	-------	-------------	-------------

Coliformes termotolerantes (fecais)	NMP/100mL	1,7 x 10 ⁹	AUS	-	AUS	-	AUS	-	1000
Coliformes totais	NMP/100mL	2,2 x 10 ⁹	AUS	-	AUS	-	AUS	-	3000
D.B.O ₅ DIAS	mg/L O ₂	669	94	85,9	74	88,9	49	92,7	60mg/L ou red 80%
D.Q.O.	mg/L O ₂	2.100	255	87,9	205	90,2	133	93,7	----

EB = Efluente Bruto Tratado 60 min

ET30 = Efluente Tratado 30 min

ET30 = Efluente

ET120 = Efluente Tratado 120 min

AUS = Ausente

AUS = Ausência

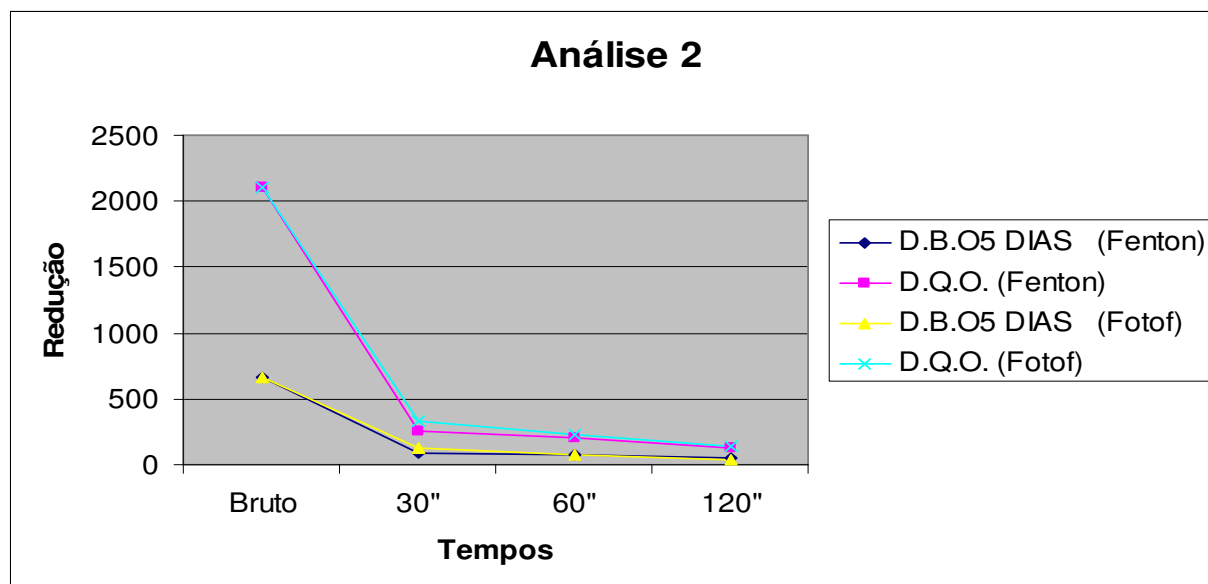
Redução é calculada em relação ao EB

Tabela 20- Resultados do tratamento da segunda amostra utilizando Foto-Fenton.

Parâmetros Analisados	Unidades	EB	ET3 0 UV	Redução (%)	ET6 0 UV	Redução (%)	ET1 20 UV	Redução (%)	Valor legal
Coliformes termotolerantes antes (fecais)	NMP/100mL	1,7 x 10 ⁹	AUS	-	AUS	-	AUS	-	1000
Coliformes totais	NMP/100mL	2,2 x 10 ⁹	AUS	-	AUS	-	AUS	-	3000
D.B.O ₅ DIAS	mg/L O ₂	669	129	80,7	77	88,5	36	94,6	60mg/L ou red 80%
D.Q.O.	mg/L O ₂	2.100	336	84,0	235	88,8	134	93,6	----

EB = Efluente Bruto ET30 = Efluente Tratado 30 min + Ultra-Violeta
 ET30 = Efluente Tratado 60 min + Ultra-Violeta
 ET120 UV = Efluente Tratado 120 min + Ultra-Violeta
 AUS = Ausência Redução é calculada em relação ao EB

Gráfico 2 - Comparação entre os tratamentos da 2ª amostra utilizando fenton e Foto-fenton



Para o caso da segunda amostra, os valores das Tabelas 19 e 20 também nos mostram que ambos os processos (Fenton e Foto-Fenton) foram eficientes no tratamento do efluente hospitalar. Assim, houve uma redução da DQO em 93.7%

para Fenton e 93,6% para o Foto-Fenton, enquanto houve redução da DBO em 92,7 % para o Fenton e 94,6% para o Foto-Fenton após 120 min de tratamento do efluente. Novamente, o mais importante é que após 30 min de tratamento já foi constatado a desinfecção do efluente, certamente devido ao ajuste de pH para 3,8 seguido da oxidação.

Para a terceira amostra, os resultados obtidos em função do tipo e tempo de tratamento são mostrados nas Tabelas 21 e 22.

Tabela 21 - Resultados do tratamento da terceira amostra utilizando Fenton.

Parâmetros Analisados	Unidades	EB	ET30	Redução (%)	ET60	Redução (%)	ET120	Redução (%)	Valor legal
Coliformes termotolerantes (fecais)	NMP/100mL		AUS	-	AUS	-	AUS	-	1000
Coliformes totais	NMP/100mL		AUS	-	AUS	-	AUS	-	3000
D.B.O ₅ DIAS	mg/L O ₂	2.920	716	75,5	86	97,1	73	97,5	60mg/L ou red 80%
D.Q.O.	mg/L O ₂	7.960	2.330	70,7	233	97,1	183	97,7	----

EB = Efluente Bruto **ET30 = Efluente Tratado 30 min** **ET60 = Efluente Tratado 60 min**
ET120 = Efluente Tratado 120 min **AUS = Ausência** **Redução é calculada em relação ao EB**

OBS: Na determinação da DBO foi utilizado inóculo pela presença de substância (s) inibidora (s) na amostra.

Tabela 22 - Resultados do tratamento da terceira amostra utilizando Foto-Fenton.

Parâmetros Analisados	Unidades	EB	ET30 UV	Redução (%)	ET60 UV	Redução (%)	ET120 UV	Redução (%)	Valor legal
-----------------------	----------	----	---------	-------------	---------	-------------	----------	-------------	-------------

Coliformes termotolerantes (fecais)	NMP/100mL	AUS	-	AUS	-	AUS	-	1000	
Coliformes totais	NMP/100mL	AUS	-	AUS	-	AUS	-	3000	
D.B.O ₅ DIAS	mg/L O ₂	2.9 20	2.239	75,5	71	97,1	27	97,5	60mg/L ou red 80%
D.Q.O.	mg/L O ₂	7.9 60	5.920	70,7	233	97,1	90	97,7	----

EB = Efluente Bruto ET30 = Efluente Tratado 30 min + Ultra-Violeta

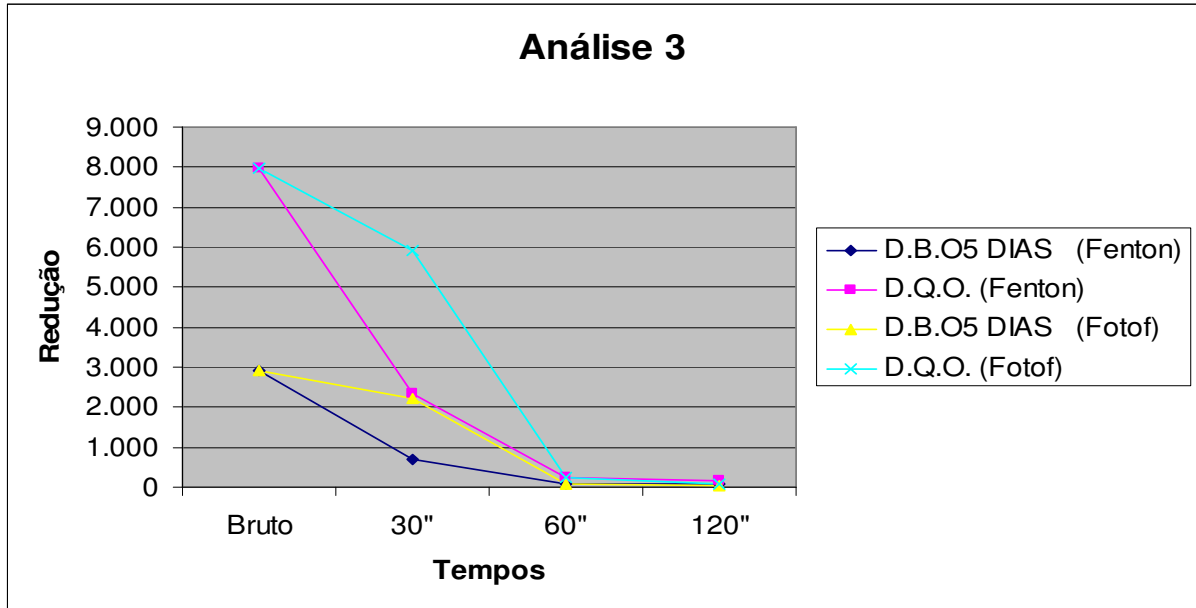
ET30 = Efluente Tratado 60 min + Ultra-Violeta

ET120 UV = Efluente Tratado 120 min + Ultra-Violeta

AUS = Ausência Redução é calculada em relação ao EB

OBS: Na determinação da DBO foi utilizado inóculo pela presença de substância (s) inibidora (s) na amostra.

Gráfico 3 - Comparação entre os tratamentos da 3ª amostra utilizando fenton e Foto-fenton.



Para a terceira amostra de efluente, os valores das Tabelas 21 e 22 permitem concluir que ambos os processos (Fenton e Foto-Fenton) foram eficientes no tratamento do efluente hospitalar. Assim, houve uma redução da DQO em 97,7% para Fenton e 98,9% para o Foto-Fenton, enquanto houve redução da DBO em 97,5% para o Fenton e 99,1% para o Foto-Fenton após 120 min de tratamento do efluente. Novamente, o mais importante é que após 30 min de tratamento já foi constatado a desinfecção do efluente, certamente devido ao ajuste de pH para 3,8 seguido da oxidação.

De acordo com as Tabelas 17, 19 e 21, a relação DBO_5/DQO no tratamento com Fenton apresentou uma variação entre 0,29 e 0,40. E a relação DBO_5/DQO ao receber o tratamento com Foto-Fenton (Tabela 18, 20 e 22) apresentou uma variação entre 0,27 e 0,38, o que mostra a eficiência similar dos dois processos oxidativos.

Para as três amostras de efluentes tratadas houve uma relação entre o tempo de oxidação e a quantidade de matéria orgânica degradada, o que enquadrou a qualidade dos efluentes tratados dentro dos parâmetros legais preconizados pelo CONAMA

357/05.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A preocupação com a degradação e a conseqüente escassez dos recursos hídricos deixou de ser somente uma bandeira de luta de ambientalistas fervorosos, passando a representar um sério problema de saúde pública. A água (como também o ar ou solo) não deve ser o veículo pelo qual são dispersos os poluentes no meio ambiente.

A partir de uma ação integrada, envolvendo empresas, universidades, centros de pesquisa, órgãos governamentais e não governamentais é possível a implementação de soluções mais baratas, até mesmo com retorno econômico, através da recuperação de valores contidos nos efluentes. Dessa forma, será efetivamente possível reduzir os impactos advindos do desenvolvimento industrial, que sem dúvida nenhuma é fundamental ao nosso estado e ao nosso país. Nesse contexto, os efluentes hospitalares devem merecer atenção especial devido seu potencial de gerar bactérias multi-resistentes.

No presente estudo, devemos observar que o tanque de tratamento anaeróbio usado atualmente apresenta uma grande eficiência na remoção dos parâmetros globais de qualidade das águas residuárias. Contudo, essa eficiência do tanque não é suficiente para enquadrar os rejeitos dentro da norma legal e nem consegue desinfectar o efluente. Obviamente que os processos de tratamento biológicos devem ser usados no tratamento dos efluentes hospitalares, mas que estes sejam otimizados, tanto no aspecto dos processos seqüenciais necessários para um bom tratamento, quanto na otimização de cada processo individual. Para essa estação em particular, seria necessário uma limpeza para retirar o excesso de lodo e areia depositado do fundo do tanque e uma manutenção nos aeradores e no sistema de gradeamento.

Muito provavelmente, após essa manutenção, o processo aeróbio e anaeróbio otimizados fariam com que a eficiência do tratamento aumentasse de forma significativa. Isto seria de interesse, pois evitaria o consumo em grande quantidade do agente que seria utilizado no processo de desinfecção do efluente. Entre as alternativas para degradar a matéria orgânica recalcitrante presente no

efluente e para desinfetar este efluente, tanto o processo de Fenton e Foto-Fenton são eficientes para tal intento. As exigências técnicas são praticamente as mesmas para aplicar estes dois processos, contudo, o custo para a aplicação destes processos deve ser levado em consideração na tomada de decisão sobre qual metodologia adotar no tratamento do efluente em questão. Como salientado, quanto menor a carga orgânica a ser tratada, menor o custo e maiores as chances de que este processo seja adotado. Nesse sentido, novos experimentos devem ser realizados para ver quanto tempo de tratamento é necessário para se atingir a qualidade desejável no tratamento. Ao comparar os processos aqui testados com outros, como por exemplo, a ozonização ou ozonólise, sem dúvida que o processo de Fenton ou Foto-Fenton tem um custo menos elevado e implica em menor quantidade de equipamentos necessários para o desenvolvimento do tratamento.

Como conclusão, ambos os processos, Fenton e Foto-Fenton foram eficientes na desinfecção do efluente hospitalar e resultaram em remoções similares da matéria orgânica presente nos efluentes. Diante dessas conclusões seria mais viável a utilização do Fenton, pois do ponto de vista econômico, é menos dispendioso e com eficiência similar ao processo Foto Fenton.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGENDA 21. Proteção da qualidade e do abastecimento dos recursos hídricos: aplicação de critérios integrados no desenvolvimento, manejo e uso dos recursos hídricos. **Água em Rev: Suplemento das Águas**; 1996. p.14-33.

AI-ALMAD, A.; DASCHNER, F. D.; KÜMMERER, K. **Biodegradability of Cefotiam, Ciprofloxacin, Meropenem, Penicillin G, and Sulfamethoxazole and Inhibition of Wastewater Bacteria**. Archives of Environmental Contamination and Toxicology: 37, 158-163; 1999.

ALMEIDA, F. **O bom negócio da sustentabilidade**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 2002.

ALVES, J.F. **Aplicação do Reagente de Fenton no tratamento de líquidos lixiviados de Aterros Sanitários**. Dissertação de mestrado. Programa de Pós Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Universidade Federal de Minas Gerais, 2004.

ANDREOZZI, R.; MAROTTA, R.; PAXEUS, N.; Pharmaceuticals in STP effluents and their solar photodegradation in aquatic environment. **Chemosphere**, 50:1319– 30; 2003.

APHA, AWWA, WPCF. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. American Public Health Association, American Water Works Association and Water Pollution Control Federation, 19th ed., Section 8220, Washington, DC. 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6023: informação e documentação: referências: elaboração. Rio de Janeiro, 2002.

AUGUSTINHO, L.; FERREIRA, A. R. **Impactos ambientais dos efluentes líquidos hospitalares no rio Paraguai, Cáceres, MT**. Departamento de Geografia, Universidade do Estado de Mato Grosso, Cáceres, MT, 2004. Disponível em: http://www.cpap.embrapa.br/agencia/simpan/sumario/artigos/asperctos/pdf/abioticos/405RA-SIMPAN_%20BOKVisto.PDF Acesso em: 13 de fev. 2005.

BARONTI, C.; CURINI, R.; D'ASCENZO, G.; *et al.* Monitoring Natural and Synthetic Estrogens at Activated Sludge Sewage Treatment Plants and in a Receiving River Water. **Environmental Science Technology**. n.34, p.5059-5066, 2000.

BIDGA, R. J. **Consider Fenton's Chemistry for Wastewater Treatment**. Chemical Engineering Progress, v. 91, n. 12, p. 62-66, 1995.

BILA, D. M.; DEZOTTI, M. Fármacos no Meio Ambiente. **Química Nova** vol.26 nº24, São Paulo, jun/ago 2003.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Coordenação-Geral de Vigilância em Saúde Ambiental. Portaria MS n.º 518, Brasília: Editora do Ministério da Saúde, p. 28, 2005.– (Série E. Legislação em Saúde)

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA, **Resolução nº. 357**, de 17 de março de 2005.

CASTIGLIONI S; FANELLI R; CALAMARI D; BAGNATI R; ZUCCATO E. Methodological approaches for studying pharmaceuticals in the environment by comparing predicted and measured concentrations in River Po, Italy. *Regul Toxicol Pharmacol*; 39:25–32, 2004.

CETESB. Disponível em: < <http://www.cetesb.sp.gov.br/>>. Acessado em 19 de setembro de 2005.

CONAMA, disponível em: <http://www.rio.rj.gov.br/multirio/cime/CE09/CE09_012.html>. Acesso em 24 de junho de 2006.

CONAMA. Decreto nº. 14.250, de 5 de Junho de 1981.

CONSTITUIÇÃO FEDERAL, Capítulo VI, do Meio Ambiente, Art. 225, Disponível em: <http://www.lei.adv.br/225-88.htm>. Acesso em 13 de agosto de 2006.

CRUZ, D. O. **Meio Ambiente**. São Paulo: Ática, 1999.

GOLET, E. M.; ALDER, A. C.; HARTMANN, A.; *et al.* **Analyze Chemistries**. 73, 3632, 2001,

HIRSCH, R.; TERNES, T.; HABERER. K.; KRATZ, KL.; Occurrence of antibiotics in the aquatic environment. **Science Total Environmental**, 225, p. 109-118, 1999.

KANG, Y. W.; HWANG, K. **Effects of Reaction Conditions on the Oxidation Efficiency in the Fenton Process**. *Water Research*, v. 34, n. 10, p. 2786-2790, 2000

KIM, S, M.; GEISSEN, S, U.; VOLGELPOHL, A. **Landfill Leachate Treatment by a Photoassisted Fenton Reaction**. *Water Science and Technology*, v. 35, n.4, p. 239-249, 1997

KOLPING, D. W.; FURLONG, E. T.; MEYER, M. T.; THURMAN, E. M.; ZAUGG, S. D.; BARBER, L. B.; BUXTON, H. T. Pharmaceuticals, hormones, and other organic wastewater contaminants in U.S. streams, 1999 – 2000: A national reconnaissance. *Environmental Science Technology*, v.36, p.1202-1211, 2002.

KUO, W. G. **Decolorizing Dye Wastewater With Fenton's Reagent**. *Water Research*, v. 26, n. 7, p. 881-886, 1992.

LEGRINI, O.; OLIVEROS, E.; BRAUN, A. M. Photochemical processes for water treatment. **Chemosphere Rev.**, v.93(2), p.671-698, 1993.

MARENCO, J. R.; KOK R. A., R. VELAGALETI, J. M. STAMM. Aerobic Degradation of 14C-Sarafloxacin Hydrochloride in Soil. **Environmental Toxicology and Chemistry**: 16, 462-471, 1997.

MORAES, D. S de L; JORDÃO, B. Q. Degradação de recursos hídricos e seus efeitos sobre a saúde humana. Revista de Saúde Pública, São Paulo, v.36, n.3, Jun. 2002. Scielo Brasil.

MULROY, A. (2001). *In*: BILA, D. M.; DEZOTTI, M. Fármacos no Meio Ambiente. **Química Nova**, vol.26 nº24, São Paulo, jun/ago 2003.

MUNICÍPIO DE OTACÍLIO COSTA. Disponível em: <<http://www.sc.gov.br/portalturismo/Default.asp?CodMunicipio=285&Pag=1>> Acesso em: 15 janeiro 2005.

REICHARDT, K. **Processos de transferência no sistema solo-planta-atmosfera**, 4ª ed. Campinas: Fundação CARGILL, 1985. p. 466

SILVA. M. R. A.; OLIVEIRA M. C. ; NOGUEIRA R. F. P. **Estudo da aplicação do processo foto-Fenton solar na degradação de efluentes de indústria de tintas**. Instituto de Química – UNESP - Araraquara – SP, v. 29, n. 2, 2004. p.19-26.

SITHOLE, B. B; GUY R. D. Models for Tetracycline in Aquatic Environments .1. **Air and Soil Pollution**: 32, 303-314.,1987.

STUMPF, M.; TERNES, T.; WILKEN, R.; **RODRIGUES, S.**; BAUMANN, W. Polar drug residues in sewage and natural waters in the state of Rio de Janeiro, Brazil. **Science Total Environmental**, Great Britain n.225, , p. 135-141, 1999.

TERNES, T. A., KRECKEL, P., MUELLER, J. Behaviour and occurrence of estrogens in municipal sewage treatment plants—II. Aerobic batch experiments with activated sludge. **Science Total Environmental**, n. 225, p.91–99, 1999.

WREGGE, M. A ética da água. **InformANDES** 2000;(96):12.