

**UNIVERSIDADE DE MOGI DAS CRUZES
PABLO LIMA**

**EFEITOS DO TRATAMENTO COMBINADO DE LODO
ATIVADO E OZONIZAÇÃO SOBRE EFLUENTE SANITÁRIO**

**Mogi das Cruzes, SP
2007**

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

**UNIVERSIDADE DE MOGI DAS CRUZES
PABLO LIMA**

**EFEITOS DO TRATAMENTO COMBINADO DE LODO
ATIVADO E OZONIZAÇÃO SOBRE EFLUENTE SANITÁRIO**

Dissertação de Mestrado
apresentado ao programa de Pós-
Graduação da Universidade de
Mogi das Cruzes como parte dos
requisitos para a obtenção do grau
de Mestre em Biotecnologia.

Orientador Prof. Dr. Nelson Eduardo Durán Caballero

**Mogi das Cruzes, SP
2007**

FICHA CATALOGRÁFICA

Universidade de Mogi das Cruzes - Biblioteca Central

Lima, Pablo

Efeitos do tratamento combinado de lodo ativado e ozonização sobre efluente sanitário/ Pablo Lima. -- 2007.

58 f.

Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) -
Universidade de Mogi das Cruzes, 2007

Área de concentração: Ciência Ambiental

Orientador: Prof. Dr. Nelson Eduardo Durán
Caballero

1. Esgotos - Lodo ativado 2. Esgotos - tratamento 3.
Esgotos - Ozônio 4. Esgotos – Giardia lamblia I. Título
II. Caballero, Nelson Eduardo Durán

CDD 628.162

ATAS

ATA DA SESSÃO PÚBLICA DE APRESENTAÇÃO DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM BIOTECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE MOGI DAS CRUZES

Às nove horas do dia vinte e quatro de maio de dois mil e sete, na Universidade de Mogi das Cruzes, realizou-se a defesa de dissertação "EFEITO DO TRATAMENTO COMBINADO DE LODO ATIVADO E OZONIZAÇÃO SOBRE EFLUENTE SANITÁRIO" para obtenção do grau de Mestre pelo(a) candidato(a) **Pablo Lima**. Tendo sido o número de créditos alcançados pelo(a) mesmo(a) no total de 48 (quarenta e oito), a saber: 24 unidades de crédito em disciplinas de pós-graduação e 24 unidades de crédito no preparo da dissertação, o(a) aluno(a) perfaz assim os requisitos para obtenção do grau de Mestre. A Comissão Examinadora estava constituída dos Senhores Professores Nelson Eduardo Duran Caballero e Maria Santina de Castro Morini da Universidade de Mogi das Cruzes e Renato Sanches Freire da Universidade de São Paulo, sob a presidência do primeiro, como orientador da dissertação. A Sessão Pública da defesa de dissertação foi aberta pelo Senhor Presidente da Comissão que apresentou o candidato. Em seguida o(a) candidato(a) realizou uma apresentação oral da dissertação. Ao final da apresentação da dissertação, seguiram-se as arguições pelos Membros da Comissão Examinadora. A seguir a Comissão, em Sessão Secreta, conforme julgamento discriminado por cada membro, considerou o(a) candidato(a)

Aprovado por unanimidade
(aprovado(a) /reprovado(a)) (unanimidade/maioria)

Mogi das Cruzes, 24 de maio de 2007

Comissão Examinadora

Julgamento

Nelson Eduardo Duran Caballero
Prof. Dr. Nelson Eduardo Durán Caballero

Aprovado
(aprovado(a)/reprovado(a))

Maria Santina de Castro Morini
Prof.ª Dr.ª Maria Santina de Castro Morini

Aprovado
(aprovado(a)/reprovado(a))

Renato Sanches Freire
Prof. Dr. Renato Sanches Freire

Aprovado
(aprovado(a)/reprovado(a))

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, que nos deu a vida e permite que façamos dela nossas grandes obras.

Dedico também a meus pais que são os grandes responsáveis por esta conquista, pois sempre me guiaram por todos os caminhos percorridos.

Por último dedico à minha esposa e a minha filha que são a minha razão de viver e de querer chegar cada vez mais longe.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Nelson Durán pela orientação, ajuda e por ter aberto seu laboratório na Unicamp para realização dos experimentos.

À Livia Cordi que destinou vários dias incansáveis de sua vida.

À Rita Borges França pelas muitas tardes de dedicação total, ensinando e auxiliando nos experimentos.

À Prof.a Regina Maura Bueno Franco que gentilmente me deu permissão de utilizar seu laboratório e me ajudou a traçar o caminho a percorrer.

A todos do Núcleo de Ciências Ambientais da Universidade de Mogi das Cruzes por toda ajuda e em especial à Prof. Dra. Elisa Espósito e à Josimara Silva Rosa.

"Seja você quem for, seja qual for a posição social que você tenha na vida, a mais alta ou a mais baixa, tenha sempre como meta muita força, muita determinação e sempre faça tudo com muito amor e com muita fé em Deus, que um dia você chega lá. De alguma maneira você chega lá."

(Ayrton Senna)

RESUMO

Com o intuito de remediação de água contaminadas foram combinados dois tipos de tratamentos que poderiam ser uma solução eficaz para dois grandes problemas envolvendo o tratamento de efluentes sanitários e reuso de água, a redução da carga orgânica e a desinfecção. Logo foram estudados parâmetros químicos e biológicos de esgoto antes e após o tratamento por lodo ativado e antes e após o tratamento oxidativo por ozônio. Os resultados obtidos mostraram que o sistema de lodo ativado conseguiu diminuir significativamente a carga orgânica, pois foram realizados ensaios de monitoramento da DQO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) e de COT (Carbono Orgânico Total). O efluente proveniente do lodo ativado na presença de ozônio teve uma grande tendência de queda dos níveis de DQO e de COT. Além disso o ozônio eliminou também eficazmente (100%) dois tipos de microorganismos patogênicos, demonstrados através de ensaios de pesquisas de coliformes e de cistos de Giardia lamblia que o lodo ativado não tinha eliminado.

Palavras chave: Lodo ativado, Ozônio, Giardia lamblia, Tratamento de efluentes.

ABSTRACT

With the aims of wastewater remediation two types of treatments had been combined that could be an efficient solution for two great problems evolving the sanitary effluent treatment and water reuse, the reduction of the organic load and the disinfection processes. Then, chemical and biological parameters of sewer had been studied before and after the treatment for activated sludge and before after the oxidative treatment by ozone. The obtained results have shown that the activated sludge system diminished significantly the organic load, followed by DQO (Chemist Oxygen Demand) and of COT (Total Organic Carbon) monitoring. The effluent coming from the activated sludge in the ozone presence had a great trend of fall of the levels of the DQO and the COT. Moreover, the ozone also eliminated efficiently (100%) two types of pathogenic microorganisms, demonstrated through coliform and cysts of Giardia lamblia assays that the activated sludge had not been eliminated.

Key words: Activated sludge, Ozone, Giardia lamblia, Effluent treatment.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	Fluxograma demonstrativo do sistema de lodo ativado	16
Figura 2	<u>Giardia lamblia</u> . A. Cisto tetralucleado; B. Trofozoíto (face ventral); C. Trofozoíto (face lateral)	19
Figura 3	Ciclo biológico e mecanismo de transmissão de <u>Giardia lamblia</u> . 1. Ingestão de cistos por meio de água e alimentos contaminados. 2. Transmissão direta através das mãos. 3. Colonização de trofozoítos na mucosa do intestino delgado. 4. Eliminação de cistos (forma infectante)	21
Figura 4	Esquema de produção de ozônio por efeito corona	24
Figura 5	Reações iniciadas pelo radical hidroxila	26
Figura 6	Diagrama esquemático do sistema de ozonização, com vista frontal (A) e lateral (B)	35
Figura 7	Foto de cisto de <u>Giardia lamblia</u> na amostra A antes da ozonização em aumento 400x	41
Figura 8	Foto de cisto de <u>Giardia lamblia</u> na amostra H antes da ozonização em aumento 400x	41
Figura 9	Foto de cisto de <u>Giardia lamblia</u> na amostra C após a ozonização em aumento 400x	42
Figura 10	Foto de cisto de <u>Giardia lamblia</u> na amostra J após a ozonização de 3 minutos em aumento 400x	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	UFC/100mL de coliformes totais e fecais em amostras de efluentes ozonizadas por 3 e 5 minutos	37
Tabela 2	Cistos de <u>G. lamblia</u> por litro antes e depois do tratamento com 3 minutos com ozônio	38
Tabela 3	Cistos de <u>G. lamblia</u> por litro antes e depois do tratamento com 5 minutos de ozônio	38
Tabela 4	Cistos de <u>G. lamblia</u> por litro antes e depois do tratamento com 10 minutos com ozônio	39
Tabela 5	Cistos de <u>G. lamblia</u> por litro antes e depois do tratamento de 3 minutos de ozônio	39
Tabela 6	Cistos de <u>G. lamblia</u> por litro antes e depois do tratamento de 5 minutos de ozônio	40
Tabela 7	Valores de DQO das amostras de efluentes ozonizadas por 3 minutos	43
Tabela 8	Valores de DQO das amostras de efluentes ozonizadas por 5 minutos	43
Tabela 9	Valor de DQO da amostra de efluente ozonizada por 10 minutos ..	43
Tabela 10	Valores de DQO das amostras de efluentes ozonizadas por 3 minutos	44
Tabela 11	Resultados de DQO das amostras de efluentes ozonizadas por 5 minutos	44
Tabela 12	Valores de COT das amostras de efluentes ozonizadas por 3 minutos	45

Tabela 13	Valores de COT das amostras de efluentes ozonizadas por 5 minutos	45
Tabela 14	Valor de COT da amostra de efluente ozonizada por 10 minutos ...	45
Tabela 15	Valores de COT das amostras de efluentes ozonizadas por 3 minutos	46
Tabela 16	Resultados de COT das amostras de efluentes ozonizadas por 5 minutos	46
Tabela 17	Eficiência do lodo ativado frente a DQO e a COT	47

SUMÁRIO

1 APRESENTAÇÃO	13
2 INTRODUÇÃO	14
2.1 O SISTEMA DE TRATAMENTO POR LODO ATIVADO	16
2.2 O PROTOZOÁRIO <u>Giardia lamblia</u>	18
2.2.1 A Morfologia da <u>Giardia lamblia</u>	19
2.2.2 Ciclo Biológico da <u>Giardia lamblia</u>	20
2.2.3 Transmissão da <u>Giardia lamblia</u>	21
2.2.4 Sintomatologia da giardiase	22
2.2 O USO DO OZÔNIO NO TRATAMENTO DE EFLUENTE	22
2.4 OBJETIVOS	27
2.4.1 Objetivo Geral	27
2.4.2 Objetivos Específicos	27
3 MÉTODO	29
3.1 COLETA DAS AMOSTRAS	29
3.2 CARACTERIZAÇÃO DO EFLUENTE	29
3.2.1 Caracterização da Biota	29
3.2.1.1 <i>Análise de Coliformes</i>	30
3.2.1.1.1 <i>Método de membrana filtrante para determinação de coliformes totais e de <u>Escherichia coli</u></i>	30
3.2.1.2 <i>Detecção de Cistos de <u>Giardia lamblia</u></i>	30
3.2.1.2.1 <i>Procedimento de centrifugo concentração seguida de clarificação com éter</i>	31
3.2.1.2.2 <i>Procedimento de filtração em membrana</i>	31
3.2.1.2.3 <i>Procedimento de reação de imunofluorescência direta</i>	32
3.2.2 Caracterização da Composição Química	33
3.2.2.1 <i>Determinação do pH</i>	34
3.2.2.2 <i>Determinação da DQO</i>	34
3.2.2.3 <i>Determinação do COT</i>	34
3.3 O PROCESSO DE OZONIZAÇÃO	35
3.4 ANÁLISE DE DADOS	36

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	37
4.1 RESULTADOS SOBRE O EFLUENTE	37
4.1.1 Coliformes	37
4.1.2 Cistos de <u>Giardia lamblia</u>	38
4.1.3 pH	42
4.1.4 DQO	43
4.1.5 COT	44
4.2 RESULTADOS SOBRE O AFLUENTE.....	47
5 CONCLUSÕES	48
5.1 PERSPECTIVAS.....	48
REFERÊNCIAS.....	49
ANEXOS	53

1 APRESENTAÇÃO

O crescente desenvolvimento industrial das últimas décadas tem gerado cada vez mais efluentes potencialmente poluidores dos corpos aquáticos, devido às suas características físicas, como cor, odor e temperatura, e químicas, relativa à presença de compostos orgânicos ou inorgânicos que podem ser tóxicos a microbiota presente nos rios e lagos. Aliado a essas características, tem-se uma grande quantidade de efluentes gerados diariamente pelos processos produtivos na fabricação dos mais diversos produtos considerados indispensáveis na sociedade (ANA, 2006).

Desta forma, a contaminação dos corpos aquáticos tem sido um dos grandes problemas da sociedade atualmente, visto que a água é um bem essencial a toda população humana. A economia de água em processos produtivos vem ganhando especial atenção devido ao valor agregado atribuído a este bem e à cobrança pelo uso da água previsto pela nossa legislação (SÃO PAULO, 2005). Além disso, há uma previsão alarmante feita pela Sabesp (Companhia de Saneamento do Estado de São Paulo), estimando que em breve a demanda da água será superior à capacidade hídrica dos mananciais em toda a região metropolitana de São Paulo (ANA, 2006).

Por outro lado, tem havido uma preocupação e conscientização cada vez maior com relação aos problemas ambientais associados às atividades industriais, de maneira que os órgãos ambientais das esferas federais, estaduais e municipais têm procurado fazer cumprir as leis de controle de emissão de poluentes (que, aliás, tem se tornado cada vez mais restritivas) pelas indústrias, e estas, por sua vez vêm buscando alternativas para se adequar às normas impostas pela legislação ambiental (ANA, 2006).

O tratamento de efluentes industriais e domésticos se apresenta como tema que demanda pesquisas de forma a ter-se uma gama de informações com relação às melhores tecnologias a serem aplicadas para cada tipo de efluente, levando em conta o tempo de tratamento e o volume a ser tratado (ANA, 2006).

2 INTRODUÇÃO

As águas de qualidade inferior, tais como efluentes de processos industriais, bem como de esgotos, particularmente os de origem doméstica, águas de drenagem de pátios e agrícola, e águas salobras, devem, sempre que possível, ser consideradas como fontes alternativas para usos menos restritivos. O uso de tecnologias apropriadas para o desenvolvimento dessas fontes, se constitui, hoje, em conjunção com a melhoria da eficiência do uso e o controle da demanda, na estratégia básica para a solução do problema da falta de água mundial (ANA, 2006).

O conceito de "substituição de fontes" se mostra como a alternativa mais plausível para satisfazer a demandas menos restritivas, liberando as águas de melhor qualidade para usos mais nobres, como o abastecimento doméstico. Em 1958, o Conselho Econômico e Social das Nações Unidas, estabeleceu uma política de gestão para áreas carentes de recursos hídricos, que suporta este conceito: "a não ser que exista grande disponibilidade, nenhuma água de boa qualidade deve ser utilizada para usos que toleram águas de qualidade inferior" (ANA, 2006).

São consideradas águas de qualidade inferior e fontes alternativas para usos menos restritivos: efluentes de processos industriais; esgotos, particularmente os de origem doméstica; águas de drenagem de pátios e agrícola e águas salobras (ANA, 2006).

Segundo a Agência Nacional de Águas (2006), as águas para reuso são classificadas em 4 classes diferentes conforme a atividade destinada, são elas:

- Classe 1, para em edifícios como descargas de bacias, lavagem de pisos, lavagem de roupas e de veículos e para fins ornamentais (chafarizes);
- Classe 2, uso associado às fases de construção dos edifícios como: lavagem de agregados; preparação de concreto; compactação do solo e controle de poeira.

- Classe 3, uso preponderante das águas desta classe é na irrigação de áreas verdes e rega de jardins.
- Classe 4, usada no resfriamento de equipamentos de ar condicionado (torres de resfriamento).

Os parâmetros exigidos pela Agência Nacional de Águas para cada classe mencionada encontram-se nos anexos 1, 2, 3 e 4.

As duas principais vantagens do reuso da água são diminuição da contaminação dos corpos aquáticos e a economia em processos produtivos devido ao valor agregado atribuído a água (ANA, 2006).

Atualmente, há muitas opções para o tratamento de efluentes, como processos químicos, físicos e biológicos. Os processos físicos envolvem, em geral, etapas de separação, como filtração, microfiltração, ultrafiltração, floculação, sendo que estes fazem a transferência de fases dos compostos presentes nos efluentes. Já os processos químicos, como ozonização e fotocatálise, por exemplo, reagem com estes compostos presentes no efluente, sendo capazes de degradá-los. Os processos biológicos utilizam microrganismos, que por mecanismos oxidativos ou fermentativos, consomem os compostos presentes nos efluentes (CETESB, 2000).

Combinar processos de tratamento físicos, químicos e biológicos tem se demonstrado uma boa solução, de forma a se obter uma melhoria na qualidade do efluente final com menores tempos de tratamento (CETESB, 2000). No presente estudo, tomaremos como tratamento biológico o lodo ativado e como tratamento químico a ozonização.

Segundo Santos (2004), sistemas de tratamento biológico de efluentes e a desinfecção de água e efluentes através do cloro, que são os sistemas mais usados atualmente, não são eficientes na eliminação de cistos de Giardia.

Estes cistos que são eliminados juntos com as fezes humanas (STORER e col., 2000), depois de passarem pelas estações de tratamento biológico vão para os mananciais, poluindo a nossa fonte de água potável. Por isso um sistema de desinfecção por ozonização de efluente sanitário previamente tratado por lodo ativado foi proposto nesta tese.

2.1 O SISTEMA DE TRATAMENTO POR LODO ATIVADO

A tecnologia de tratamento de efluentes pelo sistema de lodo ativado é amplamente utilizada mundialmente, para o tratamento de despejos líquidos sanitários e industriais, principalmente em situações que há uma elevada quantidade de efluente e um espaço relativamente pequeno de área (SPERLING, 1995).

Consiste basicamente na agitação do efluente na presença de bactérias aeróbias e de oxigênio atmosférico, durante o tempo necessário para metabolizar e flocular grande parte da matéria orgânica. (CETESB, 2000).

O processo de tratamento por lodo ativado tem como características típicas: (i) um substrato variável em termos de composição química e tamanho de partículas; (ii) diversos grupos de microrganismos presentes; (iii) freqüentes alterações de fluxo de efluente a ser tratado, (iv) temperatura, concentração e a habilidade para metabolizar um vasto número de compostos orgânicos para oxidar, reduzir e polimerizar compostos contendo nitrogênio, fósforo enxofre e outros (REALI, 1999).

O sistema de lodo ativado é composto por 3 etapas (figura 1): tanque de aeração (reator); tanque de decantação (decantador), e recirculação de lodo. Além disso, um sistema de pré-tratamento físico é recomendado antes de entrar na estação de tratamento de efluentes (SPERLING, 1997).

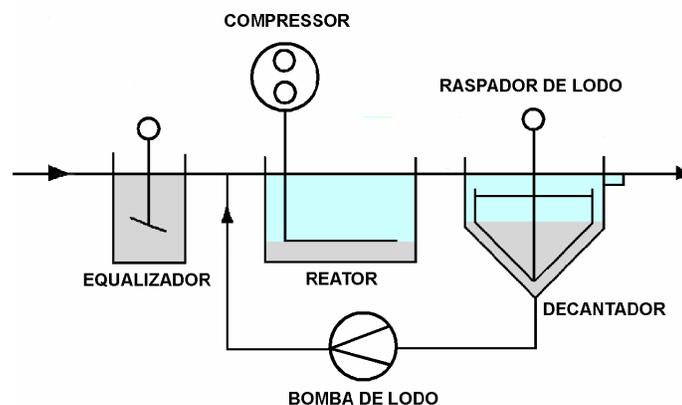


Figura 1: Fluxograma demonstrativo do sistema de lodo ativado.

O sistema oxida a matéria orgânica pela ativação da cultura biológica que se alimenta de parte do efluente, e é composto pela seguinte seqüência: (i) pré-tratamento, onde o efluente é bombeado de uma elevatória e levado para uma peneira para a retenção de partículas maiores, depois disso o efluente passa por uma caixa de areia e gordura para a retirada de óleos e graxas; (ii) aeração, reator onde há a introdução de O₂ no efluente, que auxilia no metabolismo das bactérias, que oxidam a matéria orgânica existente após um período de mistura; (iii) decantação, o conteúdo de lodo biológico do tanque de aeração vai para o decantador onde ocorre a sedimentação dos sólidos e o sobrenadante clarificado é retirado do sistema pela superfície para o corpo receptor; (iv) recirculação do lodo, onde parte da cultura biológica do tanque de decantação volta para alimentar e manter a concentração de bactérias no tanque de aeração aumentando sua concentração no mesmo o que faz com que se consiga elevada eficiência do sistema (SPERLING, 1997).

O equilíbrio do sistema de lodo ativado é obtido pela retirada de parte do lodo formado, uma vez que os microrganismos presentes no tanque de aeração estão em constante crescimento e reprodução à medida que a matéria orgânica está disponível. Se estes microrganismos atingirem uma concentração elevada acabam por dificultar a transferência de oxigênio para todas as células sobrecarregando o decantador e dificultando a sedimentação da biomassa. A quantidade de lodo a ser retirada do sistema (lodo excedente) deve ser aproximadamente igual à quantidade de biomassa que é aumentada por reprodução. O lodo excedente deve sofrer um tratamento à parte, geralmente composto por adensamento (redução de volume); estabilização (redução de sólidos voláteis); condicionamento (preparação para a desidratação); desidratação (redução de volume) e disposição final (destinação dos subprodutos finais) (SPERLING, 1997).

Os organismos que comumente participam na biodegradação da matéria orgânica no sistema de tratamento biológico de esgotos são os protozoários dos gêneros Amoeba, Paramecium, Colpoda, Epistylis, Vorticella, os fungos Fusarium aqueductum, Geotrichum candidum, Pullularia pullulans, Ascioides rubescens, as bactérias dos gêneros Sphaerotilus, Pseudomonas, Beggiatoa, Actinomyces, os artrópodes Daphnia, Chironomus, Tubifera e os anelídeos Tubifex e Limnodrilus (CETESB, 2000).

O tempo de retenção do líquido no sistema de lodo ativado é bem baixo (da ordem de horas) o que possibilita que o volume do tanque de aeração seja bem reduzido. Já os sólidos apresentam um tempo de detenção superior ao do líquido, justamente devido a sua recirculação pelo sistema. Este tempo de detenção é denominado idade do lodo. A idade do lodo constitui um dos parâmetros de controle de maior importância do sistema de lodo ativado pois está diretamente relacionado com a eficiência do sistema (SPERLING, 1997).

Por ter sido desenvolvido especialmente para operar com cargas variáveis ou intermitentes, o sistema se adapta perfeitamente em aplicações nas quais a carga atual é diferente daquela com a qual o sistema irá operar no futuro, como por exemplo, em projetos sujeitos à expansão populacional (residencial), ou ainda em função da variação de cargas oriundas de setores produtivos em virtude do crescimento industrial e ou comercial (CETESB, 1990).

Segundo a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do estado de São Paulo (CETESB), lodo ativado é a técnica mais aconselhável para o tratamento de efluentes domésticos, além disso, o efluente tratado pode ser lançado no corpo receptor (rios ou córregos) dentro dos padrões do Decreto Estadual 8.468 de 08.09.76, Artigo 18 (SÃO PAULO, 1976).

Para a aplicação do processo de lodo ativado em efluentes industriais, cuja composição é específica, deve-se fazer caracterização prévia do efluente a ser tratado, bem como a aclimação do lodo (adaptação dos microrganismos ao efluente a ser tratado). A caracterização prévia implica na determinação do pH, metais pesados, substâncias tóxicas, Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio (DQO) e Carbono Orgânico Total (COT). Estas características podem influenciar tanto na eficiência do tratamento como na qualidade do lodo formado (CETESB, 2000).

2.2 O PROTOZOÁRIO Giardia lamblia

A Giardia lamblia pertence ao Reino Protista, Filo Metamonada, Classe

Zoomastigophora e Ordem Diplomonadida (HICKMAN e col., 2004). O gênero Giardia apresenta flagelados que parasitam todas as classes de vertebrados, tendo sido possivelmente o primeiro protozoário intestinal humano a ser conhecido. A primeira descrição do trofozoíto foi atribuída a Anton van Leeuwenhoek (1681) que notou "animalúnculos móveis" em suas próprias fezes (STORER e col., 2000).

A Giardia é bilateralmente simétrica, possui 4 pares de flagelos, é parasita no intestino de vertebrados, comum no homem, transmitida por cistos nas fezes (STORER e col., 2000).

2.2.1 A Morfologia da Giardia lamblia

A Giardia lamblia apresenta duas formas: o trofozoíto e o cisto (figura 2). O trofozoíto tem formato de pêra, com simetria bilateral e mede 20 micrômetros de comprimento por 10 de largura. Possui um grande disco suctorial na sua face ventral; a face dorsal é convexa. Tem dois núcleos situados na parte frontal mais larga do trofozoíto. Possui quatro pares de flagelos que se originam de blefaroplastos situados entre os núcleos. Abaixo do disco suctorial, encontramos o corpo mediano, que pode ser único ou duplo em forma de barra (NEVES, 2005).

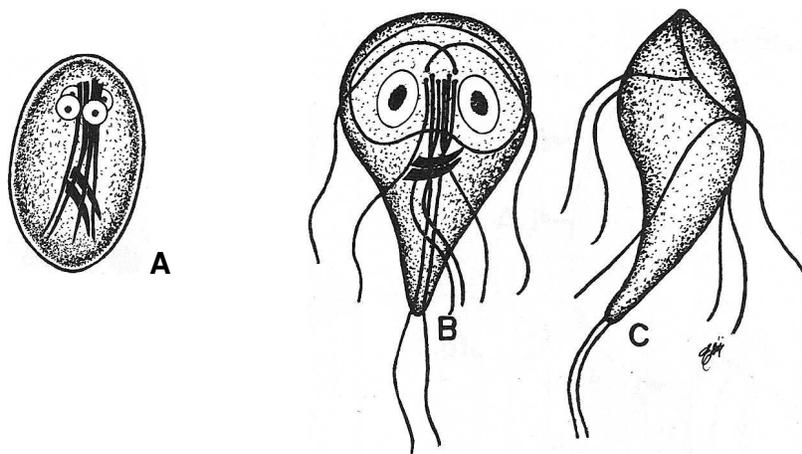


Figura 2: Giardia lamblia. A. Cisto tetralucleado; B. Trofozoíto (face ventral); C. Trofozoíto (face lateral) Fonte: NEVES (2005).

O cisto é oval ou elipsóide, medindo cerca de 12 micrômetros de comprimento por 8 de largura. O cisto, quando corado, pode mostrar uma membrana delicada destacada do citoplasma. No seu interior encontram-se dois ou quatro núcleos, um número variável de fibrilas e os corpos em crescente (NEVES, 2005).

O disco suctorial, que ajuda a adesão do parasito à mucosa, é formado de numerosos microtúbulos paralelos e em espiral, formando uma espécie de prato adjacente à membrana plasmática ventral do trofozoíto. O corpo mediano é formado de microtúbulos enquanto abaixo da membrana citoplasmática do trofozoíto existem numerosos vacúolos que tem papel na pinocitose de partículas alimentares. No cisto, essas estruturas também são vistas, embora de forma desorganizada. As estruturas em forma decrescente, confundidas com o corpo mediano, constituem primórdios do disco suctorial (STORER e col., 2000).

2.2.2 Ciclo Biológico da Giardia lamblia

A G. lamblia é um parasito monoxeno (de um único hospedeiro), e de ciclo biológico direto. A via normal de infecção do homem é a ingestão de cistos (NEVES, 2005).

Após sua ingestão, o desencistamento é iniciado no meio ácido do estômago e completado no duodeno e jejuno, onde ocorre a colonização do parasito. Este se reproduz por divisão binária longitudinal: após a nucleotomia (divisão nuclear) e reduplicação das organelas, ocorre a plasmotomia (divisão do citoplasma), resultando assim dois trofozoítos binucleados. O ciclo se completa pelo encistamento do parasito e sua eliminação para o meio exterior. Tal processo pode se iniciar no baixo íleo que é a última parte do intestino delgado, mas o ceco que é a primeira parte do intestino grosso é considerado o principal sítio de encistamento (NEVES, 2005).

Ao redor do trofozoíto é secretada pelo parasito uma membrana cística resistente, que tem quitina na sua composição. Dentro do cisto ocorre nucleotomia, podendo ele apresentar-se então com quatro núcleos. Quando o trânsito intestinal

está acelerado, é possível encontrar trofozoítos nas fezes (NEVES, 2005).

2.2.3 Transmissão da Giardia lamblia

Como já mencionado, a via normal de infecção do homem é a ingestão de cistos maduros (figura 3), que se transmitem principalmente através de: ingestão de águas superficiais sem tratamento ou deficientemente tratadas; alimentos contaminados (verduras cruas e frutas mal lavadas); esses alimentos também podem ser contaminados por cistos veiculados por moscas e baratas; de pessoa a pessoa, por meio das mãos contaminadas, em locais de aglomeração humana; de pessoa a pessoa entre membros familiares quando se tem um dos membros da família com giardíase; através de algumas práticas sexuais; e por contato com animais domésticos infectados com Giardia de morfologia semelhante à humana (NEVES, 2005).

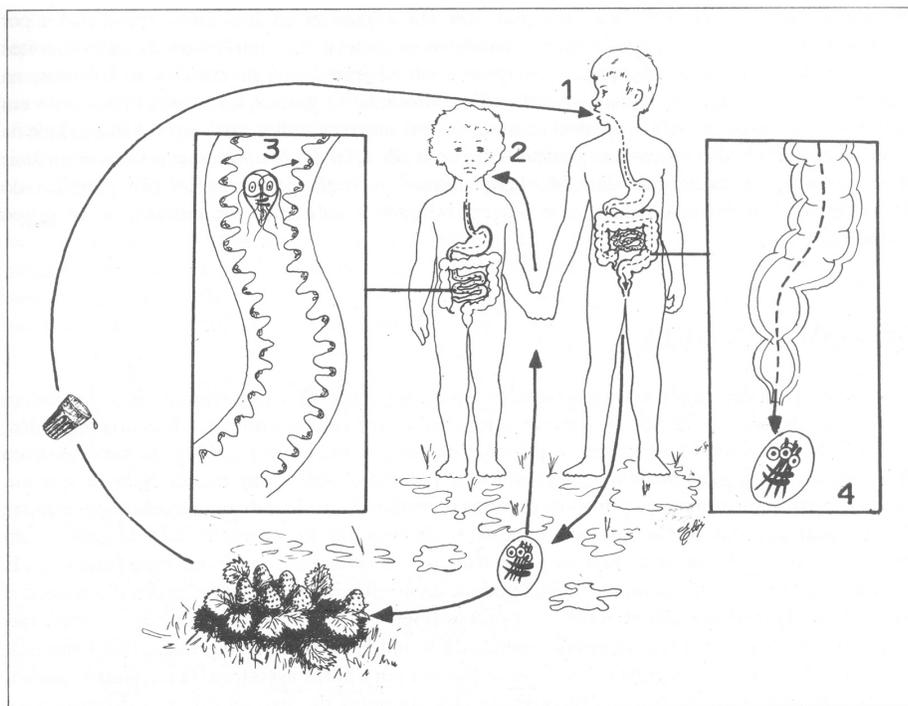


Figura 3: Ciclo biológico e mecanismo de transmissão de Giardia lamblia. 1. Ingestão de cistos por meio de água e alimentos contaminados. 2. Transmissão direta através das mãos. 3. Colonização de trofozoítos na mucosa do intestino delgado. 4. Eliminação de cistos (forma infectante). Fonte NEVES (2005).

Mesmo sabendo que a principal via de contaminação é através da ingestão de água infectada, a legislação brasileira ainda não se adaptou totalmente ao controle de protozoários. Conforme a PORTARIA N.º 518, DE 25 DE MARÇO DE 2004 do Ministério da Saúde, capítulo 4, artigo 11, onde estão estabelecidos os padrões para a água potável, não obriga as empresas de saneamento básico à eliminarem cistos deste parasita em seus sistemas tratamentos “...recomenda-se a inclusão de pesquisa de organismos patogênicos, com o objetivo de atingir, como meta, um padrão de ausência, dentre outros, de enterovírus, cistos de Giardia spp...”

2.2.4 Sintomatologia da giardíase

A maioria das infecções por G. lamblia é assintomática. A giardíase pode-se apresentar sob forma aguda provocando diarréia do tipo aquosa, explosiva, de odor fétido, acompanhada de gases com distensão e dores abdominais enquanto muco e sangue aparecem raramente nas fezes. Estes sintomas podem durar poucos dias ou em alguns casos podem durar meses, levando ao aparecimento de má absorção do intestino e perda de peso, desidratação e anemia. Como a forma aguda pode durar poucos dias, geralmente os sintomas iniciais são confundidos com os das diarréias virais e bacterianas. Alguns indivíduos tornam-se portadores assintomáticos, neste caso transmitem a doença por longos períodos por desconhecer sua existência (NEVES, 2005).

2.2 O USO DO OZÔNIO NO TRATAMENTO DE EFLUENTES

Segundo Mahmoud e Freire (2007), o uso do ozônio como agente de oxidação vem crescendo nas últimas décadas. A sua grande eficiência na remoção de microorganismos patogênicos e oxidação de compostos orgânicos poluentes tem feito com que vários países utilizem esta técnica como agente desinfetante durante o tratamento de águas para consumo humano.

O ozônio é reconhecido como um oxidante poderoso e vem sendo utilizado no tratamento e desinfecção de águas desde o início do século XX (GOTTSCALK e col., 2000).

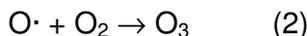
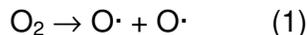
Segundo Cardoso (2003), o ozônio promoveu a negatificação das análises de coliformes totais e fecais (Escherichia coli), em água, após tratamento por 2 minutos à uma concentração de 4 mg/L.

Segundo Finch (1996), o ozônio se mostrou efetivo na eliminação de cistos de Giardia lamblia em água após tratamento de 5 minutos a uma concentração de 0,5 mg/L.

Ele possui inúmeras aplicações no tratamento de rejeitos industriais e municipais, e de águas para consumo humano (RICE, 1999). Isto porque o ozônio é capaz de reagir com uma numerosa classe de compostos orgânicos, devido, principalmente, ao seu elevado potencial de redução ($E^0 \cong +2,1 \text{ V}$) (MAHMOUD e FREIRE, 2007). Este potencial de redução do ozônio é superior ao de compostos reconhecidamente oxidantes, como H_2O_2 e o próprio cloro (KUNZ e col., 1999). O O_3 vem sendo usado na redução de DQO e COT e na clarificação de efluentes, conseguindo resultados bastante satisfatórios (CATALKAYA e KARGI, 2007).

A instabilidade do ozônio impede o seu armazenamento, tornando necessária sua geração *in situ*. Ozônio pode ser produzido por 3 diferentes técnicas: exposição do O_2 à luz ultravioleta, eletrólise do ácido perclórico e descarga elétrica (KUNZ e col., 1999; ALMEIDA e col., 2004).

Dentre os diferentes processos de produção de ozônio, o que utiliza descarga elétrica, também conhecida por efeito corona é o mais eficiente na transformação de O_2 em O_3 (Figura 4). Neste método, o ozônio é gerado pela passagem de ar ou oxigênio puro entre dois eletrodos submetidos a uma elevada diferença de potencial (aproximadamente 10 kV), conforme equações (1) e (2). O rendimento deste processo varia entre 1 e 4% (m/m) e entre 6 e 14% (m/m) para sistemas alimentados por ar ou oxigênio puro, respectivamente (KUNZ e col., 1999; VOGELPOHL e KIM, 2004).



O efeito corona é formado por um fenômeno conhecido como arco elétrico, que é resultante de uma ruptura dielétrica de um gás a qual produz uma descarga de plasma, similar a uma fagulha instantânea, resultante de um fluxo de corrente em meio normalmente isolante tal como o ar. O arco ocorre em um espaço preenchido de gás entre dois eletrodos condutivos (freqüentemente feitos de carbono) e isto resulta em uma temperatura muito alta, capaz de fundir ou vaporizar virtualmente qualquer substância (BASSANI, 2003).

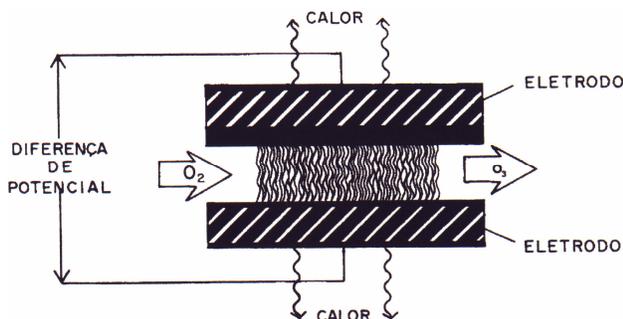


Figura 4: Esquema de produção de ozônio por efeito corona. Fonte: BASSANI (2003).

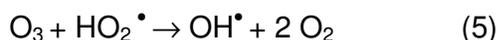
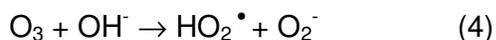
A composição química do Ozônio foi estabelecida em 1872. Naquela época se descobriu que é cinquenta por cento mais denso que o oxigênio. O gás se liquefaz à temperatura de -112°C , seu ponto de congelamento se dá a $-251,4^{\circ}\text{C}$ e sua decomposição ocorre acima de 100°C , ou em temperatura ambiente quando usados catalisadores (BASSANI, 2003).

O ozônio é altamente reativo, podendo ser destruído pela radiação ultravioleta solar incidente ou pelos choques com o oxigênio monoatômico (O) para recriar o oxigênio (O_2), conforme equação (3) (BASSANI, 2003).



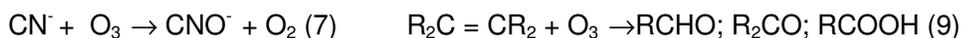
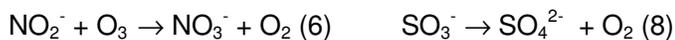
Quanto maior for a concentração de O₃ gerada, maior será a sua taxa de destruição para uma dada temperatura; o limite máximo de geração estaria então determinado pela igualdade das taxas de formação e destruição do ozônio. Na prática este limite é atingido quando ocorre a produção de 4% em para geração a partir do ar e de até 15% para geração a partir do oxigênio. (BASSANI, 2003).

O tempo de meia vida do ozônio em efluentes industriais pode variar de menos de um minuto até acima de 30 minutos, dependendo do tipo de poluente, da reatividade do ozônio frente a este poluente, como também do pH do meio. A estabilidade do ozônio no meio depende de diversos fatores, dentre eles, o pH merece especial atenção, uma vez que os íons hidroxila iniciam o processo de decomposição do ozônio, como mostrado nas equações (4) e (5) (ALMEIDA e col., 2004). Quando o pH aumenta, a velocidade de decomposição do ozônio em água aumenta. Por exemplo, a pH 10, o tempo de meia vida do ozônio em efluentes deve ser menor que 1 minuto (VOGELPOHL e KIM, 2004).



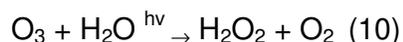
O ozônio pode reagir e oxidar compostos de duas formas: reação direta (adição eletrofílica ou cicloadição) e via indireta (via radical livre hidroxila - OH[•]). A reação direta ocorre predominantemente em pH ácido e a reação indireta, em meio alcalino (MASTEN e DAVIES, 1994; KUNZ e col., 2002).

A oxidação direta nada mais é do que a reação direta do ozônio com moléculas orgânicas ou inorgânicas, por adição eletrofílica. Alguns exemplos de oxidação direta são mostradas nas equações abaixo (6), (7), (8) e (9) (MASTEN e DAVIES, 1994; KUNZ e col., 2002).



Onde R = radical alquila ou H.

A oxidação indireta é a reação do ozônio via radical livre hidroxila OH^\bullet resultantes das reações de decomposição do ozônio representadas nas equações (10) e (11) e na figura 5 (MASTEN e DAVIES, 1994; KUNZ e col., 2002).



A reação indireta é muito mais eficiente porque o potencial de redução do radical hidroxila ($E^\circ \cong +3,06 \text{ V}$) é mais elevado do que o do ozônio molecular ($E^\circ \cong +2,1 \text{ V}$), podendo assim, promover uma oxidação maior já que tem mais finidade em receber elétrons (ALMEIDA e col., 2004). As reações com ozônio molecular tendem a ser seletivas e as reações com radicais hidroxilas, como a maioria das reações radiculares, não reagem seletivamente. Desta forma, o emprego do ozônio por via indireta é muito mais versátil, sendo a tendência apresentada na literatura recente (FREIRE e col. 2000).

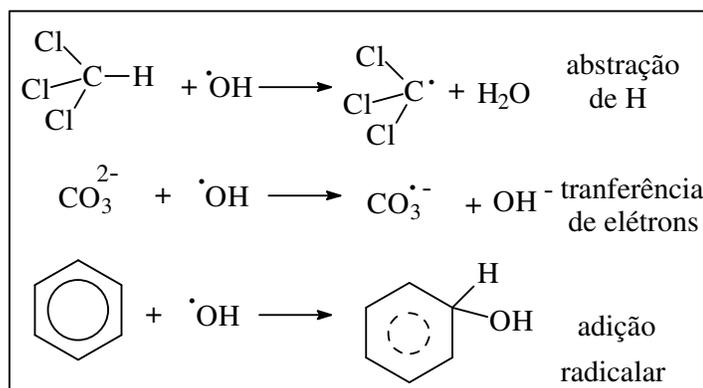


Figura 5: Reações iniciadas pelo radical hidroxila.

O maior custo operacional para os processos de oxidação por ozônio é o custo de geração do ozônio. No entanto, devido aos avanços nas tecnologias de produção do ozônio a partir de oxigênio puro, os custos diminuíram e a concentração do ozônio no gás de alimentação também aumentou, resultando em um aumento na transferência de massa no reator (transferência de ozônio da fase

gasosa para a fase líquida), o que implica em redução do custo operacional (VOGELPOHL e KIM, 2004).

O ozônio mostra-se capaz de remover toda a cor aparente do efluente da indústria de fermentação (ALMEIDA e col.,2004). E no tratamento de efluente têxtil, o ozônio também se mostra muito atrativo, apresentando elevada eficiência na remoção de cor (KUNZ e col., 2002). Segundo Krull e col. (1998), quando combinado o processo biológico com a ozonização consegue-se uma completa descoloração dos corantes azo-reativos da indústria têxtil, além da eliminação de cerca de 90% de COT (carbono orgânico total) deste efluente.

2.4 OBJETIVOS

2.4.1 Objetivo Geral

O objetivo geral da pesquisa foi estudar os efeitos conjuntos de duas tecnologias usadas no tratamento e na desinfecção de águas e efluentes: o lodo ativado e a ozonização, visando seu reúso.

2.4.2 Objetivos Específicos

1. Verificar o comportamento dos parâmetros de DQO, COT e cistos de Giardia lamblia em efluente sanitário frente ao tratamento de lodo ativado.

2. Verificar o comportamento da biota do efluente proveniente do tratamento por lodo ativado antes e após a ozonização, monitorando o parâmetro de unidades formadoras de colônias de coliformes e o parâmetro de cistos de G. lamblia.

3. Verificar o comportamento de efluente proveniente do tratamento por lodo ativado antes e após a ozonização, monitorando os parâmetros químicos de DQO, COT e pH.

4. Verificar se a combinação dos tratamentos de lodo ativado e de ozonização foram efetivos para enquadrar o efluente aos padrões estabelecidos para o reúso de água.

3 MÉTODO

3.1 COLETA DAS AMOSTRAS

Foram realizadas 10 coletas na ETE (Estação de Tratamento de Esgotos) Samambaia no município de Campinas – S.P., entre os dias 20/12/2006 à 07/02/2007, sempre às 10:00 horas e sempre no local onde ocorre o descarte do efluente, para aumentar a homogeneidade das amostras.

Esta ETE foi inaugurada em 5 de Junho de 2001 e que tem uma capacidade de tratar uma vazão de até 151 L/s, atendendo á uma população de 58.000 habitantes. Esta estação tem como o objetivo de reduzir a carga orgânica do rejeito desta população e minimizar o impacto ambiental causado por este efluente que é descartado no Rio Samambaia, afluente do Rio Pinheiros.

A cada coleta foram retirados 2 litros de afluente e 5 litros de efluente, sempre em recipiente estéril, sendo que o afluente foi coletado após a peneira e o efluente coletado na saída da Estação de Tratamento de Esgotos, após serem tratados pelos lodos ativados. O volume coletado de afluente e efluente foi diferente pelo fato de que os métodos de análises destes não foram os mesmos.

As amostras foram enumeradas de A á H e analisadas antes e após à ozonização.

3.2 CARACTERIZAÇÃO DO EFLUENTE

3.2.1 Caracterização da Biota

As contagens de coliformes e de cistos de Giardia lamblia foram utilizadas como parâmetros para determinar a biota do efluente.

3.2.1.1 Análise de Coliformes

3.2.1.1.1 Método de membrana filtrante para determinação de coliformes totais e de Escherichia coli (MÉTODO CETESB – Método de membrana filtrante NT L5.214)

Utilizando-se um sistema de filtração devidamente estéril, foram filtradas 100 mL de amostra em membrana de nitrato de celulose de 47 mm de diâmetro e porosidade de 0,45 um. Após a filtração transferiu-se a membrana contendo o material filtrado para um meio de cultura do Kit NKS 14053-47-N da Sartorius, o qual foi previamente hidratado com água deionizada estéril.

Após transferida a amostra para meio de cultura foram incubadas em estufa (Modelo 315 SE FANEM) à temperatura de 37 °C por 24 horas. Após esse período realizou-se a contagem das colônias tendo como critério, que colônias de coloração vermelhas são devidas a coliformes totais e colônias de coloração verde metálica referem-se a Escherichia coli.

O resultado foi expresso como UFC/100mL (unidades formadoras de colônias por 100 mL de amostra).

3.2.1.2 Detecção de cistos de Giardia lamblia

Para a detecção e determinação de cistos do protozoário Giardia lamblia foram realizados no laboratório de Parasitologia da Universidade de Campinas (Unicamp) duas seqüências de experimentos diferentes, uma para efluentes e outra para os afluentes. Isto se deu em vista do afluente ser muito mais concentrado e conter muito mais sólidos em suspensão, e muito mais matéria orgânica que o efluente.

A seqüência de experimentos realizados no efluente da ETE combinou os procedimentos de filtração em membrana e reação de Imunofluorescência direta. A

seqüência de experimentos realizados no afluente da ETE combinou os procedimentos de centrifugo concentração seguida de clarificação com éter e Imunofluorescência direta. Procedimentos estes que se encontram descritos abaixo a seguir.

3.2.1.2.1 Procedimento de centrifugo concentração seguida de clarificação com éter (SANTOS e col, 2004)

Um volume de 5 mL das amostras foram colocados em um tubos de centrífuga e completados com 10 mL de solução de eluição. Os tubos foram levados à centrífuga à 2.800 rpm por um tempo de 15 minutos. Depois de desprezado os sobrenadantes deixando restar 1 mL de amostra, os tubos foram ressuspensos no vórtex e depois foi adicionado água destilada até o volume de 13 mL. Feito isso os tubos foram levados novamente à centrífuga sobre as mesmas condições anteriores. Ao terminar a centrifugação, retirou-se os sobrenadantes dos tubos, deixando restar 1 mL, e depois foi adicionado 5 mL de éter previamente refrigerado em um Becker com gelo. Os tubos foram tampados com rolhas plásticas e agitados vigorosamente por 30 segundos manualmente. Depois disso os tubos foram completados com água destilada até o volume de 13 mL. Feito isso os tubos foram levados novamente à centrífuga sobre a mesma freqüência anterior por 10 minutos. O último passo foi desprezar os sobrenadantes e colocar o sedimento em um tubo plástico de 1mL (eppendorf) para posteriormente dar início ao procedimento de reação de imunofluorescência direta.

3.2.1.2.2 Procedimento de filtração em membrana (FRANCO e col., 2001; FRANCO e col., 2002)

Um volume de 1 L de amostra foi colocado em um funil de vidro com borracha e membrana, que foram presos por uma pinça á um Erlenmeyer, este último foi conectado á uma bomba de sucção para aumentar a velocidade em que a amostra

passava pela membrana ao ser filtrada. Ao término da filtração retirou-se a membrana do sistema de filtração e assim foi levada á uma placa de Petri pequena que continha 1 mL de solução de eluição. Em seguida acrescentou-se mais 1 mL de solução de eluição e iniciou-se a raspagem da membrana com alças plásticas durante 10 minutos, ao término, o raspado foi transferido com uma pipeta Pasteur para um tubo cônico de centrifuga até atingir 6 mL. Depois se iniciou a lavagem manual da membrana com uma pipeta contendo solução de eluição por 10 minutos. O material obtido da lavagem foi transferido para o mesmo tubo cônico até completar 13 mL. Logo após os tubos foram centrifugados a 2.387 rpm durante 10 minutos. Ao término da centrifugação foram aspirados os sobrenadantes dos tubos deixando 3 mL, e em seguida ressuspendido no vórtex até homogeneizar. Após a completa homogeneização foi adicionado água destilada até o volume de 12 mL, em seguida os tubos foram pesados e centrifugados novamente sob a mesma freqüência por 10 minutos. O último passo foi desprezar os sobrenadantes e colocar o sedimento em um tubo plástico de 1mL (eppendorf) para posteriormente dar início ao procedimento de reação de imunofluorescência direta.

3.2.1.2.3 Procedimento de reação de imunofluorescência direta (USEPA 1622, 1999)

Os tubos plásticos (eppendorf) contendo as amostras previamente processadas pelos procedimentos de centrifugo concentração seguida de clarificação com éter, e de filtração em membrana foram homogeneizados no vórtex por 2 minutos. Para completar a homogeneização os tubos plásticos foram invertidos 3 vezes. Em seguida foi coletada uma alíquota de 5 µL das amostras, do meio do tubo plástico, (eppendorf) com uma pipeta e então a alíquota foi depositada em um dos poços das lâminas, deixando secar por 30 minutos em temperatura ambiente. Passado o tempo, aplicou-se 5 µL de metanol absoluto ao poço deixando secar por 10 minutos. Após isso foi acrescentado ao poço, 10 µL de Reagente/Fluído de Detecção (anticorpo monoclonal), e então, as lâminas foram levadas à uma câmara úmida. Assim estas foram colocadas em estufa a 37 °C por 30 minutos, protegido da luz. Passado o tempo os poços foram lavados com 3 gotas de solução tampão

(diluído) e logo depois foram adicionados aos poços o meio de montagem sendo 10 μ L em cada, seguido de lamínula.

A leitura das lâminas foi realizada em microscópio de imunofluorescência marca Nikon modelo 50i com filtro de excitação na faixa de 450-490 nm e um filtro de barreira, de 520nm. Os aumentos utilizados foram de 200x, 400x ou 600x e os cistos são contados um a um em cada poço.

Para obtenção do valor da concentração de cistos por litro utilizou-se a seguinte fórmula.

$$X = \frac{n}{K} \times \frac{S}{A}$$

X = concentração de oocistos ou cistos /L

n = número de oocistos ou cistos visualizados na lâmina

k = 5 (vol. de sedimento examinado = 5 μ l)

S = volume do sedimento obtido (μ l)

A = volume filtrado da amostra (L)

A solução de eluição usada nos procedimentos de filtração em membrana e no procedimento de centrifugo concentração seguida de clarificação com éter, teve a função de fazer com que os cistos de Giardia lamblia ficassem aderidos às superfícies dos frascos. Esta solução foi composta pelo surfactante Tween 80 (polisorbato á 80%) da Uniqema/ICI, diluído em água destilada á 0,1%.

3.2.2 Caracterização da Composição Química

A caracterização da composição química do efluente consistiu na determinação dos parâmetros de pH, DQO, COT.

3.2.2.1 Determinação do pH

O pH foi determinado utilizando o pHmetro Orion modelo EA 940 da Coler Parmer, com eletrodo de vidro combinado, da mesma marca.

3.2.2.2 Determinação da DQO (Demanda Química de Oxigênio) (APHA 5220C, 1995)

Este método foi utilizado para a determinação de oxigênio necessário para oxidar a matéria orgânica presente na amostra, susceptível a oxidação por um agente oxidante químico forte. O método de refluxo fechado, empregando dicromato de potássio como solução digestora na presença de H_2SO_4/Ag_2SO_4 trata de uma reação de oxidação em meio fortemente ácido à elevada temperatura, na presença de um catalisador (o sulfato de prata).

A análise consistiu em adicionar 2,5 mL de amostra, 1,5 mL da solução digestora e 3,5 mL de H_2SO_4/Ag_2SO_4 em um tubo de digestão, então deixou-se digerir em bloco digestor por 2 horas a $150^{\circ}C$ e, após resfriar à temperatura ambiente, procedeu-se a leitura da absorbância a 600 nm. A DQO da amostra foi calculada a partir da curva analítica feita com um padrão de biftalato de potássio nas concentrações de 20 a 900 mg L^{-1} e empregando as mesmas condições de análise da amostra.

3.2.2.3 Determinação do COT (Carbono Orgânico Total) (APHA 5310 B, 1995)

Com este método determinou-se o teor total de carbono existente na amostra (tanto orgânico como inorgânico) em todos os estados de oxidação possíveis. O equipamento utilizado foi o Shimadzu, modelo TOC 5000A. Neste método, uma pequena porção da amostra homogeneizada e diluída é injetada para o interior de

uma câmara de aquecimento com um catalisador oxidativo. A água foi vaporizada e o carbono orgânico foi oxidado a CO_2 e água. O CO_2 proveniente da oxidação do carbono orgânico e o carbono inorgânico foram introduzidos num fluxo de gás carregador e medidos por um analisador de infravermelho não dispersivo. A determinação de Carbono Total (CT) foi feita através do método de oxidação com aquecimento (680°C), catalisada por platina adsorvida em um óxido de alumínio. A quantificação do Carbono Inorgânico (IC) se deu por meio de um analisador infravermelho não dispersivo, o IC da amostra foi convertido a CO_2 quando o mesmo reagiu com a solução acidificada pelo reagente para sua determinação. O COT foi determinado pela diferença de CT e IC.

3.3 O PROCESSO DE OZONIZAÇÃO

O reator utilizado nos ensaios de ozonização do efluente estava montado de acordo com a Figura 6. O reator possui uma capacidade de 500mL. O ozônio, gerado por um ozonizador da marca Ozocav ZT-2, passa por uma placa porosa de vidro sintetizado e borbulha o efluente no reator. O princípio de geração de ozônio deste equipamento baseia-se no método de descarga por efeito corona, sendo o oxigênio puro à uma vazão de $15,0 \text{ mg/h}$ o gás de alimentação do sistema.

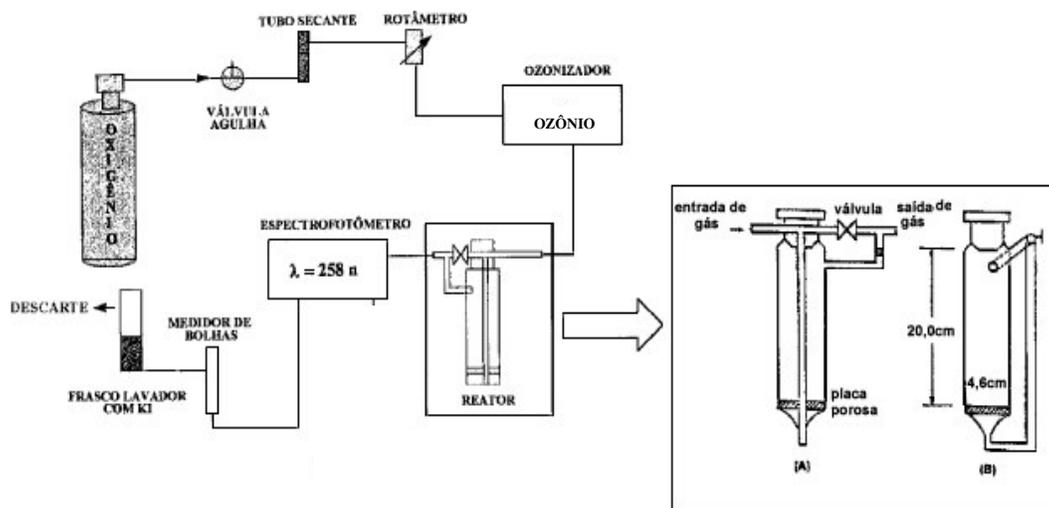


Figura 6: Diagrama esquemático do sistema de ozonização, com vista frontal (A) e lateral (B).

O ozonizador foi calibrado para gerar ozônio à uma concentração de 4,0 mg/L, através do kit de medição de ozônio desenvolvido e comercializado pela CHEMetrics, Inc. O Método Colorimétrico dos kits empregam o DDPD, uma forma metil substituída do reagente DPD (N,N-dietil-p-fenilenediamina). A solução ativadora A-7400 (iodeto de potássio) é adicionada em excesso na amostra previamente ao teste. O ozônio oxida o iodeto liberando iodo. O iodo, por sua vez, reage com o DDPD formando uma cor azul violeta que tem intensidade em proporção direta com a concentração de ozônio na amostra. Os resultados são expressos em mg/L. O consumo de ozônio foi determinado espectrofotometricamente a 258 nm por um espectrofotômetro marca Femto 700Plus. A mistura gasosa contendo oxigênio e ozônio, após sair do reator, passa através de uma célula de fluxo de 1 cm. Através do consumo de ozônio pode-se monitorar o fim do processo de ozonização (quando o valor de absorbância retorna ao valor de produção inicial de ozônio). O ozônio residual é consumido por uma solução de KI no frasco lavador (KUNZ e col., 1999).

As amostras A, B e C, foram ozonizadas por 3 minutos; as amostras D, E e F foram ozonizadas por 5 minutos; e a amostra G foi ozonizada por 10 minutos.

As amostras H, I e J foram ozonizadas por 3 e por 5 minutos, isto foi feito para que a hipótese de heterogeneidade das amostras não justificasse a diferença dos resultados obtidos entre os diferentes tempos de ozonização, uma vez que a composição do esgoto entrante no lodo ativado pode variar.

3.4 ANÁLISE DE DADOS

Os resultados obtidos foram expressos em forma de porcentagem de redução com a finalidade de demonstrar o que ocorreu com o efluente após a ozonização. Para tanto foram usados os valores iniciais (antes da ozonização) e os valores finais (após a ozonização), conforme equação abaixo:

$$r = \frac{100 \times \text{valor final}}{\text{valor inicial}} - 100$$

r = porcentagem de redução.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 RESULTADOS SOBRE O EFLUENTE

Os resultados aqui descritos já sofreram previamente o tratamento por lodos ativados, pois foram coletados na saída da estação.

4.1.1 Coliformes

A tabela 1 demonstra o número de unidades formadoras de colônias de coliformes totais e coliformes fecais para cada 100 mL encontrados no efluente antes e depois do tratamento com ozônio por 3 e por 5 minutos.

Tabela 1: UFC/100mL de coliformes totais e fecais em amostras de efluentes ozonizadas por 3 e 5 minutos.

	Coliformes Totais	Coliformes Fecais
Antes do Ozônio	340.170	384.192
Após 3 min. de Ozônio	170	0
Após 5 min. de Ozônio	95	0

O resultado do ozônio frente aos coliformes seguiu conforme o esperado, pois como descrito por Cardoso (2003), houve uma eliminação total dos coliformes fecais (E. coli) em ambos os tempos de tratamento. Frente aos coliformes totais houve uma redução drástica nas contagens após a ozonização, sendo que com 3 minutos de tratamento foi reduzido 99,95% das colônias e com 5 minutos reduziu-se 99,97%.

4.1.2 Cistos de Giardia lamblia

Na tabela 2 mostra os cistos de G. lamblia encontrados no efluente antes e após o tempo de tratamento de 3 minutos de ozônio. Foram analisadas 3 amostras diferentes.

Tabela 2: Cistos de G. lamblia por litro antes e depois do tratamento com 3 minutos com ozônio.

	Efluente antes do tratamento	Efluente após o tratamento	% de Redução
Amostra A – 08/01/2007	4×10^5	1×10^5	75%
Amostra B – 12/01/2007	1×10^5	0	100%
Amostra C – 29/01/2007	14×10^5	3×10^5	79%

As amostras A, B e C foram feitas em duplicatas, e os valores demonstrados antes e depois do tratamento são os resultados da média dos valores obtidos. Os resultados mostram que o tempo de tratamento aplicado foi insuficiente para a eliminação de todos os cistos das 3 amostras.

Na tabela 3 trata-se dos cistos de G. lamblia encontrados no efluente antes e após o tempo de tratamento de 5 minutos de ozônio. Foram analisadas 3 amostras diferentes.

Tabela 3: Cistos de G. lamblia por litro antes e depois do tratamento com 5 minutos de ozônio.

	Efluente antes do tratamento	Efluente após o tratamento	% de Redução
Amostra D – 20/12/2006	6×10^5	0	100%
Amostra E – 25/01/2007	12×10^5	0	100%
Amostra F – 06/02/2007	9×10^5	0	100%

As amostras D, E e F foram feitas em duplicatas, e os valores demonstrados antes e depois do tratamento são os resultados da média dos valores obtidos. Os

resultados mostram que o tempo de tratamento aplicado foi suficiente para a eliminação de todos os cistos das 3 amostras.

Na tabela 4 trata-se dos cistos de G. lamblia encontrados no efluente antes e após o tempo de tratamento de 10 minutos de ozônio. Foi analisada somente uma amostra em duplicata, e os valores obtidos antes e depois do tratamento são resultados da média dos valores obtidos. O resultado mostra que o tempo de tratamento aplicado foi suficiente para a eliminação de todos os cistos.

Tabela 4: Cistos de G. lamblia por litro antes e depois do tratamento com 10 minutos de ozônio.

	Efluente antes do tratamento	Efluente após o tratamento	% de Redução
Amostra G – 10/01/2007	2×10^5	0	100%

Foi analisada somente uma amostra com o tempo de tratamento de 10 minutos, porque comparando os resultados desta amostra com os resultados obtidos nas amostras com tratamento de 5 minutos de ozônio, percebeu-se que os resultados foram muito semelhantes. Nisso se baseou a decisão de abandonar os testes com 10 minutos de ozonização, pois se demonstraram redundantes.

Nas tabelas 5 e 6 tratam-se dos cistos de G. lamblia encontrados no efluente antes e após o tempo de tratamento de 3 e de 5 minutos de ozônio, realizados em mesmas amostras. Foram analisadas 3 amostras diferentes com ambos os tempos de tratamento.

Tabela 5: Cistos de G. lamblia por litro antes e depois do tratamento de 3 minutos de ozônio.

	Efluente antes do tratamento	Efluente após o tratamento de 3'	% de Redução
Amostra H – 24/01/2007	8×10^5	2×10^5	75%
Amostra I – 30/01/2007	7×10^5	1×10^5	82%
Amostra J – 07/02/2007	15×10^5	1×10^5	93%

Tabela 6: Cistos de G. lamblia por litro antes e depois do tratamento de 5 minutos de ozônio.

	Efluente antes do tratamento	Efluente após o tratamento de 5'	% de Redução
Amostra H – 24/01/2007	8×10^5	0	100%
Amostra I – 30/01/2007	7×10^5	0	100%
Amostra J – 07/02/2007	15×10^5	0	100%

As amostras H, I e J das tabelas 5 e 6 foram feitas em duplicatas, e os valores obtidos antes e depois do tratamento são um resultado da média dos valores obtidos. Os resultados demonstram que o tempo de tratamento aplicado que foi suficiente para a eliminação de todos os cistos, foi somente o de 5 minutos de tratamento.

No caso das amostras H, I e J, foram efetuados testes com tempos diferentes nas mesmas amostras brutas. Isso foi feito para excluir a possibilidade de mascarar os resultados, uma vez que o sistema de tratamento de esgotos por lodo ativado permite uma variação das características na entrada do efluente e conseqüentemente em sua saída, fato que poderia prejudicar a análise dos resultados obtidos. Por isso o tempo de tratamento de 3 minutos (conjunto formado pelas amostras A, B e C) só pode ser efetivamente comparado ao tempo de tratamento de 5 minutos (conjunto formado pelas amostras D, E e F) depois de eliminada a possibilidade de que o resultado poderia ter sido alterado por uma variação no sistema de lodo ativado.

O que efetivamente demonstrou que as variações no sistema de lodo ativado não alteraram os resultados obtidos frente aos cistos de G. lamblia, foi o fato de que em todas as amostras tratadas com 5 minutos de ozonização obtiveram o mesmo resultado, ou seja, foram negativadas.

Houve a preocupação de seguir uma tendência mundial que vem implementando a análise de protozoários (no caso a Giardia lamblia) dentre os parâmetros pesquisados. Nos Estados Unidos, o "Federal Register" através da US EPA estabelecem para essas águas um limite máximo de 10 cistos por litro de água bruta. Além disso os coliformes termotolerantes podem não ser bons indicadores da

presença destes protozoários. Outro importante aspecto que justifica a avaliação dos protozoários em águas reside no fato de que estes não são eliminados pela ação do cloro (ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA, 1989).

Segundo Finch (1996), o ozônio causa danos à membrana do cisto de G. lamblia e quando esta membrana é rompida o citoplasma extravasa e o cisto morre. Porém só é possível dizer que houve a morte do cisto quando o ozônio oxida a membrana por completo. As figuras 7 e 8 mostram a membrana do cisto intacta, antes da ozonização. Na figura 9 a membrana foi danificada pela ação do tratamento com ozônio por 3 minutos. Já na figura 10 é possível ver a ruptura da membrana causada pelo tratamento também com 3 minutos de ozonização.

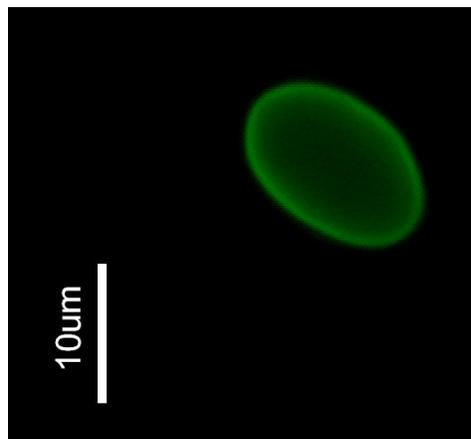


Figura 7: Foto de cisto de Giardia lamblia na amostra A antes da ozonização em aumento 400x.

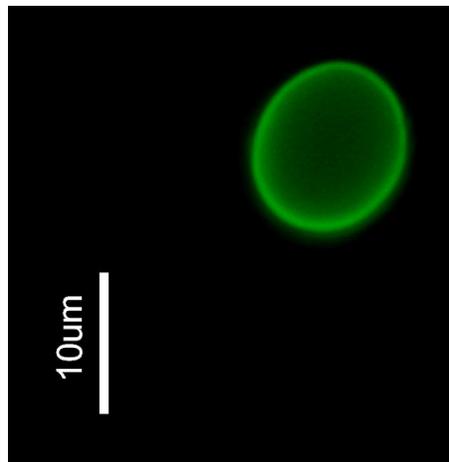


Figura 8: Foto de cisto de Giardia lamblia na amostra H antes da ozonização em aumento 400x.

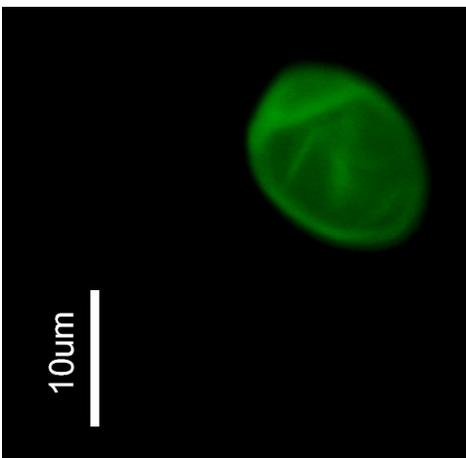


Figura 9: Foto de cisto de Giardia lamblia na amostra C após a ozonização em aumento 400x.

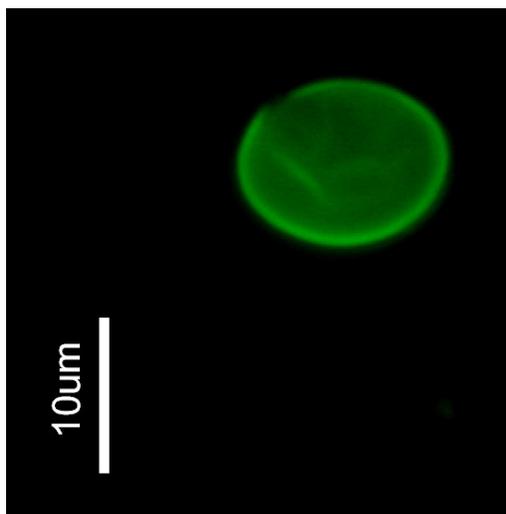


Figura 10: Foto de cisto de Giardia lamblia na amostra J após a ozonização de 3 minutos em aumento 400x.

4.1.3 pH

Os testes de variação do pH das amostras sem ozônio ficaram sempre entre 5,8 e 6,2. E quando ozonizadas, variam de 6,6 a 6,9.

4.1.4 DQO

A tabela 7 demonstra os valores de DQO encontrados antes e depois do tratamento com ozônio por 3 minutos. Foram analisadas 3 amostras diferentes.

Tabela 7: Valores de DQO das amostras de efluentes ozonizadas por 3 minutos.

	(mg L ⁻¹) Antes do O ₃	(mg L ⁻¹) Após o O ₃	Redução % DQO
Amostra A - 08/01/2007	120,0	70,0	41,6
Amostra B - 12/01/2007	284,9	181,0	36,4
Amostra C - 29/01/2007	112,4	12,5	88,8

A tabela 8 demonstra os valores de DQO encontrados antes e depois do tratamento com ozônio por 5 minutos. Foram analisadas 3 amostras diferentes.

Tabela 8: Valores de DQO das amostras de efluentes ozonizadas por 5 minutos.

	(mg L ⁻¹) Antes do O ₃	(mg L ⁻¹) Após o O ₃	Redução % DQO
Amostra D – 20/12/2006	101,6	83,3	18,0
Amostra E – 25/01/2007	982,5	450,0	54,1
Amostra F – 06/02/2007	938,7	745,6	20,5

A tabela 9 demonstra o valor de DQO encontrado antes e depois do tratamento com ozônio por dez minutos. Foi analisada somente uma amostra.

Tabela 9: Valor de DQO da amostra de efluente ozonizada por 10 minutos.

	(mg L ⁻¹) Antes do O ₃	(mg L ⁻¹) Após o O ₃	Redução % DQO
Amostra G – 20/12/2006	133,3	70,0	47,4

As tabelas 10 e 11 demonstram os valores de DQO encontrados no efluente antes e após os tempos de tratamento de 3 e de 5 minutos de ozônio, realizados em mesmas amostras. Foram analisadas 3 amostras diferentes com ambos os tempos de tratamento.

Tabela 10: Valores de DQO das amostras de efluentes ozonizadas por 3 minutos.

	(mg L ⁻¹) Antes do O ₃	(mg L ⁻¹) Após o O ₃	Redução % DQO
Amostra H – 24/01/2007	327,0	102,5	68,6
Amostra I – 30/01/2007	340,0	245,0	27,9
Amostra J - 07/02/2007	625,0	542,5	13,2

Tabela 11: Resultados de DQO das amostras de efluentes ozonizadas por 5 minutos.

	(mg L ⁻¹) Antes do O ₃	(mg L ⁻¹) Após o O ₃	Redução % DQO
Amostra H – 24/01/2007	327,0	42,5	87
Amostra I – 30/01/2007	340,0	130,0	61,7
Amostra J - 07/02/2007	625,0	315,0	49,6

Houve uma grande diferença nos resultados se comparar-mos as tabelas 10 e 11. Pois ao aumentar o tempo de ozonização aumentou também significativamente os percentuais de redução de DQO.

4.1.5 COT

A tabela 12 demonstra os valores de COT encontrados antes e depois do tratamento com ozônio por 3 minutos. Foram analisadas 3 amostras diferentes.

Tabela 12: Valores de COT das amostras de efluentes ozonizadas por 3 minutos.

	(mg L ⁻¹) Antes do O ₃	(mg L ⁻¹) Após o O ₃	Redução % COT
Amostra A - 08/01/2007	32,2	21,8	32,2
Amostra B - 12/01/2007	149,9	61,3	59,1
Amostra C - 29/01/2007	107,5	105,0	2,3

A tabela 13 demonstra os valores de COT encontrados antes e depois do tratamento com ozônio por 5 minutos. Foram analisadas 3 amostras diferentes.

Tabela 13: Valores de COT das amostras de efluentes ozonizadas por 5 minutos.

	(mg L ⁻¹) Antes do O ₃	(mg L ⁻¹) Após o O ₃	Redução % COT
Amostra D – 20/12/2006	22,0	10,1	54,0
Amostra E – 25/01/2007	623,4	273,0	56,2
Amostra F – 06/02/2007	412,5	57,3	86,1

A tabela 14 demonstra os valores de COT encontrados antes e depois do tratamento com ozônio por 10 minutos. Foi analisada somente 1 amostra.

Tabela 14: Valor de COT da amostra de efluente ozonizada por 10 minutos.

	(mg L ⁻¹) Antes do O ₃	(mg L ⁻¹) Após o O ₃	Redução % COT
Amostra G – 20/12/2006	31,7	11,5	63,7

As tabelas 15 e 16 demonstram os valores de COT encontrados no efluente antes e após os tempos de tratamento de 3 e de 5 minutos de ozônio, realizados em mesmas amostras. Foram analisadas 3 amostras diferentes com ambos os tempos de tratamento.

Tabela 15: Valores de COT das amostras de efluentes ozonizadas por 3 minutos.

	(mg L ⁻¹) Antes do O ₃	(mg L ⁻¹) Após o O ₃	Redução % COT
Amostra H – 24/01/2007	22,3	20,8	6,7
Amostra I – 30/01/2007	45,5	36,6	19,5
Amostra J - 07/02/2007	80,7	72,4	10,2

Tabela 16: Resultados de COT das amostras de efluentes ozonizadas por 5 minutos.

	(mg L ⁻¹) Antes do O ₃	(mg L ⁻¹) Após o O ₃	Redução % COT
Amostra H – 24/01/2007	22,3	17,9	19,7
Amostra I – 30/01/2007	45,5	22,6	50,3
Amostra J - 07/02/2007	80,7	43,3	46,3

Houve uma grande diferença nos resultados se compararmos as tabelas 10 e 11. Pois ao aumentar o tempo de ozonização aumentou também significativamente os percentuais de redução de COT.

Os resultados de DQO e COT em geral melhoraram conforme aumentado o tempo de ozonização. Em 3 minutos tivemos os valores mínimos e em 5 e 10 os valores de redução máximos.

A limitada redução de matéria orgânica determinadas pelos valores COT e DQO também foram observadas por Sevimli e Sarikaya, (2002). A baixa Redução de COT é devida à oxidação incompleta dos compostos orgânicos, ou seja, o processo não atinge o grau de mineralização desejado (ALMEIDA e col., 2004).

Como já se era esperado o ozônio foi capaz de promover uma boa clarificação do efluente (KRULL e col., 1998; KUNZ e col., 2002).

4.2 RESULTADOS SOBRE O AFLUENTE

Nas amostras de afluente, ou seja, do esgoto antes de do tratamento de lodo ativado, foram somente testados os valores de DQO e COT. Isso ocorreu pelo fato de este tipo de tratamento não ter uma boa eficiência sobre a biota do efluente (ALMEIDA e col., 2004; HACHICH, 2002).

Tabela 17: Eficiência do lodo ativado frente a DQO e a COT.

Amostra	DQO (mg L ⁻¹) antes do lodo ativado	DQO (mg L ⁻¹) após o lodo ativado	Eficiência (%)	COT (mg L ⁻¹) antes do lodo ativado	COT (mg L ⁻¹) após o lodo ativado	Eficiência (%)
A - 20/12/2006	778,3	120,0	84,6	137,3	32,2	76,5
B - 8/1/2007	686,0	284,9	58,5	205,0	81,0	60,5
C - 10/1/2007	425,0	112,4	73,6	317,0	107,5	66,1
D - 12/1/2007	743,3	101,6	86,3	98,8	22,0	77,7
E - 24/1/2007	1977,5	982,5	50,3	1197,0	623,4	47,7
F - 25/1/2007	1665,0	938,7	43,6	412,5	57,3	86,1
G - 29/1/2007	693,3	133,3	80,8	146,7	31,7	78,4
H - 30/1/2007	525,0	327,0	37,7	54,4	22,3	59,0
I - 6/2/2007	779,5	340,0	56,4	254,0	36,6	85,7
J - 7/2/2007	1362,5	625,0	54,1	204,6	80,7	60,6

Frente aos parâmetros de DQO e COT o sistema de tratamento de lodo ativado atingiu a eficiência esperada (ALMEIDA, 2004).

5 CONCLUSÕES

O processo de lodos ativados mostrou-se efetivo e eficiente na Redução da carga orgânica das amostras, porém não é eficaz na eliminação de cistos de protozoários.

O processo químico usando ozônio mostrou potencial para reduzir a carga orgânica das amostras em função dos parâmetros de DQO, COT e pH, portanto, representa uma alternativa viável para ser aplicado no pós-tratamento.

Analisando pelo lado biológico o ozônio foi eficiente ao eliminar cistos de G. lamblia somente quando o efluente foi tratado com 5 minutos de ozônio.

O resultado do tratamento por lodo ativado seguido de ozonização conseguiu enquadrar o efluente dentro dos parâmetros de coliformes, exigidos em todas as 4 classes de água de reúso (ANA, 2006)

5.1 PERSPECTIVAS

O tratamento de lodo ativado em esgoto sanitário já é o suficiente para atingir as metas estabelecidas pela CETESB, contudo a legislação não prevê que microrganismos parasitas possam estar sendo descartados aos corpos receptores sem nenhum controle. O fato de que muitos municípios que não tenham um sistema eficaz de tratamento e distribuição de água é algo preocupante, pois com isso a população está sujeita à vários tipos de infecções, uma vez que estes são obrigados a retirar a água necessária para o consumo diretamente de nossos mananciais.

Resta-nos esperar com que o Brasil se enquadre aos padrões internacionais de qualidade de água, onde os protozoários são procurados nos ensaios de descarte de efluentes e de potabilidade.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, E. S.; ASSALIN, M. R.; DURÁN, N. Aplicação do ozônio na remediação de efluentes industriais; **Quím. Nova**, v.27, p.818, 2004.

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE AGUAS. **Conservação e Reúso da água em edificações**. 2. ed. São Paulo: Prol Editora Gráfica, 2006.

APHA, **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**, 19. ed. New York: American Public Health Association, 1995.

BASSANI, L. **Desinfecção de efluente sanitário por ozônio: parâmetros operacionais e avaliação econômica**. Florianópolis: Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, 2003.

BRASIL, Portaria N.º 518, de 25 de março de 2004 do Ministério da Saúde. Disponível em <<http://www.uniagua.org.br/website/images/destaque/portaria518.pdf>>. Acessado em 16 de Abril de 2007.

CARDOSO, C. C.; VEIGA, S. M. O. M.; NASCIMENTO, L. C. Avaliação microbiológica de um processo de sanificação de galões de água com a utilização do ozônio. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v.23, p.59, 2003.

CATALKAYA, E. C.; KARGI, F. Color, TOC and AOX removals from pulp mill effluent by advanced oxidation processes: A comparative study. **J. Hazard. Mater.** v.139, p.244, 2007.

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Microbiologia de Lodos Ativados**. São Paulo: CETESB, 2000.

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Opções para tratamento de esgotos de pequenas comunidades**. São Paulo: CETESB, 1990.

CETESB. MÉTODO CETESB, **Método de membrana filtrante**. NT L5.214.

FINCH, G. R. Water industry challenge - waterborne parasites. **Environmental Science & Engineering**, Part I and II. September, 1996.

FRANCO, R. M. B.; ROCHA-EBERHARDT, R.; CANTUSIO NETO, R. Occurrence of Cryptosporidium oocysts Giardia cysts in raw water from the Atibaia River, Campinas, Brazil. **Rev. Inst. Med. Trop. de São Paulo**. v.43, p.109, 2001.

FRANCO, R. M. B.; CANTUSIO NETO, R. Occurrence of Cryptosporidium oocysts and Giardia cysts in bottled mineral water commercialized in the city of Campinas, State of São Paulo, Brazil. **Mem. Inst. Oswaldo Cruz** . v.97, p.205, 2002.

FREIRE, R.S.; KUNZ, A.; DURÁN, N. Some chemical and toxicological aspects about paper mill effluent treatment with ozone; **Environ. Technol.**, v.21, p.717, 2000.

GOTTSCHALK, C.; LIBRA, A. J.; SAUPE, A.; **Ozonization of water and waste water**. Weinheim: WILEY-VCH, 2000.

HACHICH, E. M. **Avaliação da presença dos protozoários Giardia sp e Cryptosporidium sp em águas superficiais destinadas a captação e tratamento para consumo humano no estado de São Paulo**. Tese de Doutorado FSP/USP. São Paulo: FSP/USP, 2002.

HICKMAN JR., C. P.; ROBERTS, L. S.; LARSON, A. **Princípios Integrados de Zoologia**, 11ª ed., Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004.

KRULL, R.; HEMMI, M.; OTTO, P.; HEMPEL, D. C. Combined biological and chemical treatment of highly concentrated residual dyehouse liquors. **Water Sci. Technol.** v.38, p. 339, 1998.

KUNZ, A.; FREIRE, R. S.; ROHWEDDER, J. R.; DURÁN, N. Construção e otimização de um sistema para produção e aplicação de ozônio em escala de laboratório. **Quim. Nova**, v.22, p.425, 1999.

KUNZ, A; PERALTA-ZAMORA, P.; MORAES, S.G.; DURÁN, N. Novas tendências tratamento de efluentes têxteis; **Quim. Nova**, v.25, p.78, 2002.

MAHMOUD, A.; FREIRE, R. S. New methods for enhancing ozone efficiency on contaminated water treatment. **Quím. Nova.**, v. 30, 2007.

MASTEN, S. J.; DAVIES, S. H. R. The use of ozonation to degrade organic contaminants in wastewater, **Environ. Sci. Technol.**, v.28, p.181A, 1994.

NEVES, D. P. **Parasitologia Humana**, 11^o ed. São Paulo: Ateneu, 2005.

REALI, M. A. P. **Noções gerais de tratamento e disposição final de lodos de estações de tratamento de água**. Rio de Janeiro: ABES, 1999.

RICE, R. G. Ozone in the United States of America - State-of-the-art. **Ozone Sci. Eng.**, v.21, p.99, 1999.

SANTOS, L.U.; BONATTI, T.R.; CANTUSIO NETO, R.; FRANCO, R.M.B. Occurrence of Giardia cists and Cryptosporidium oocysts activated sludge samples in Campinas, SP, Brazil. **Rev. Inst. Med. Trop. S. Paulo**, v.46, p.309, 2004.

SÃO PAULO (Estado), **DECRETO N. 8.468 DE 08 DE SETEMBRO DE 1976**. Disponível em http://www.controleambiental.com.br/decreto_8468.htm. Acesso em 16 de Abril de 2007.

SÃO PAULO (Estado), **LEI 12.183 DE 29 DE DEZEMBRO DE 2005**. Disponível em http://www.cati.sp.gov.br/novacati/servicos/legislacao/Leis12183_cobranca_dagua.htm. Acesso em 15 de Abril de 2007.

SCOTT, J. P.; OLLIS, D. F. Integration of chemical and biological oxidation processes for water treatment: Review and recommendations. **Environ. Progr.** v.14, p.88, 1995.

SEVIMLI, M. F.; SARIKAYA, H. Z. Ozone treatment of textile effluents and dyes: effect of applied ozone dose, pH and dye concentration. **J. Chem. Technol. Biotechnol.** v.77, p.842, 2002.

SPERLING, M. von; **Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias – Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**, v.01. Minas Gerais: Abes, 1995.

SPERLING, M. von; **Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias – Lodos Ativados**, v.04. Minas Gerais: Abes, 1997.

STORER, T. I.; USINGER, R. L.; STEBBINS, R. C.; NYBAKKEN, J. W. **Zoologia Geral**, 6^o ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2000.

UNITED STATES OF AMERICA, Federal Register: EPA - Environmental Protection Agency, June 29 1989. **National Primary Drinking Water Regulations; Filtration, Disinfection; Turbidity, Giardia lamblia, Viruses, Legionella, and Heterotrophic Bacteria**; Final Rule. Part II. Fed. Reg., 54:124:27486.

USEPA. **Method 1622. Journal American Water Works Association**; 91, p.60, 1999.

VOGELPOHL, A.; KIM, S. M. Advanced process (AOPs) in wastewater treatment; **J. Ind. Eng. Chem.**, v.10, p.33, 2004.

**ANEXO A - Tabela de parâmetros básicos para água de reúso
classe 1.**

Parâmetros	Concentrações
Coliformes fecais ¹	Não detectáveis
pH	Entre 6,0 e 9,0
Cor (UH)	≤ 10 UH
Turbidez (UT)	≤ 2 UT
Odor e aparência	Não desagradáveis
Óleos e graxas (mg/L)	≤ 1 mg/L
DBO ² (mg/L)	≤ 10 mg/L
Compostos orgânicos voláteis ³	Ausentes
Nitrato (mg/L)	< 10 mg/L
Nitrogênio amoniacal (mg/L)	≤ 20 mg/L
Nitrito (mg/L)	≤ 1 mg/L
Fósforo total ⁴ (mg/L)	≤ 0,1 mg/L
Sólido suspenso total (SST) (mg/L)	≤ 5 mg/L
Sólido dissolvido total ⁵ (SDT) (mg/L)	≤ 500 mg/L

1. Esse parâmetro é prioritário para os usos considerados.

2. O controle da carga orgânica biodegradável evita a proliferação de microrganismos e cheiro desagradável, em função do processo de decomposição, que podem ocorrer em linhas e reservatórios de decomposição.

3. O controle deste composto visa evitar odores desagradáveis, principalmente em aplicações externas em dias quentes.

4. O controle de formas de nitrogênio e fósforo visa evitar a proliferação de algas e filmes biológicos, que podem formar depósitos em tubulações, peças sanitárias, reservatórios, tanques etc.

5. Valor recomendado para lavagem de roupas e veículos.

Fonte: ANA (2006).

**ANEXO B - Tabela de parâmetros básicos para água de reúso
classe 2.**

Parâmetros	Concentrações
Coliformes fecais	≤ 1000 / mL
pH	Entre 6,0 e 9,0
Odor e aparência	Não desagradáveis
Óleos e graxas (mg/L)	$\leq 1,0$ mg/L
DBO (mg/L)	≤ 30 mg/L
Compostos orgânicos voláteis	Ausentes
Sólidos suspensos totais (mg/L)	30 mg/L

Fonte: ANA (2006).

**ANEXO C - Tabela de parâmetros básicos para água de reúso
classe 3.**

Parâmetros		Concentrações	
pH		Entre 6,0 e 9,0	
Salinidade		0,7 < EC (dS/m) < 3,0, 450 < SDT (mg/L) < 1500	
Toxicidade por íons específicos	Para irrigação superficial	Sódio (SAR)	Entre 3 e 9
		Cloretos (mg/L)	< 350 mg/L
	Para irrigação com aspersores	Cloro residual (mg/L)	Máxima de 1 mg/L
		Sódio (SAR)	> ou = 3,0
Boro (mg/L)	Irrigação de culturas alimentícias	Cloretos (mg/L)	< 100 mg/L
		Cloro residual (mg/L)	< 1,0 mg/L
	Regas de jardim e similares		0,7 mg/L
Nitrogênio total (mg/L)		3,0 mg/L	
DBO (mg/L)		5 - 30 mg/L	
Sólidos suspensos totais (mg/L)		< 20 mg/L	
Turbidez (UT)		< 20 mg/L	
Cor aparente (UH)		< 5 UT	
Coliformes fecais (mL)		< 30 UH	
		≤ 200/ 100 mL	

Fonte: ANA (2006).

**ANEXO D - Tabela de parâmetros básicos para água de reúso
classe 4.**

Variável(*)	Sem recirculação	Com recirculação
Sílica	50	50
Alumínio	SR	0,1
Ferro		0,5
Manganês		0,5
Amônia		1,0
Sólidos Dissolvidos Totais	1000	500
Cloretos	600	500
Dureza	850	650
Alcalinidade	500	350
Sólidos em Suspensão Totais	5000	100
pH	5,0 – 8,3	6,8 – 7,2
Coliformes Totais (NMP/100 mL)	SR	2,2
Bicarbonato	600	24
Sulfato	680	200
Fósforo	SR	1,0
Cálcio	200	50
Magnésio	SR	30
O ₂ dissolvido	Presente	SR
DQO	75	75

Fonte: ANA (2006).

ANEXO E - Procedimento de centrifugo concentração seguida de clarificação com éter (Santos e col., 2004).

- Colocar em um tubo de centrífuga 5 mL da amostra e completar com 10 mL de solução de eluição.
- Tampar com filme plástico, pesar os tubos e centrifugar à 2800 rpm por 15 minutos.
- Desprezar o sobrenadante deixando restar 1 mL.
- Ressuspender no vortex e completar com água destilada até o volume de 13 mL.
- Pesar e centrifugar à 2800 rpm por 15 minutos.
- Desprezar o sobrenadante deixando restar 1 mL.
- Adicionar 5 mL de éter refrigerado em Becker com gelo.
- Tampar com rolha plástica e agitar vigorosamente por 30 segundos com a mão.
- Completar com água destilada até o volume de 13 mL.
- Pesar e centrifugar à 2800 rpm por 10 minutos.
- Desprezar o sobrenadante e analisar o sedimento.

ANEXO F - Procedimento de filtração em membrana (Franco e col., 2001; Franco e col., 2002).

- Montar a vidraria específica da filtração (Erlenmeyer, funil com borracha e membrana presa com pinça, bomba para sucção).
- Filtrar.
- Retirar a membrana e colocar numa placa de Petri pequena e identificada, com solução de eluição para ressecar. Pode ser armazenada na geladeira por até 48 horas.
- Acrescentar 1 mL de solução de eluição e raspar a membrana alças plásticas durante 10 minutos.
- Transferir com uma pipeta Pasteur o raspado para um tubo cônico de centrífuga até atingir 6 mL.
- Fazer lavagem manual por 10 minutos e transferir para o tubo cônico até completar 13 mL.
- Pesar os tubos, ajustar os pesos e centrifugar a 2387 rpm durante 10 minutos.
- Aspirar o sobrenadante deixando 3 mL + pellet e ressuspendê-lo no vórtex até homogeneizar.
- Adicionar água destilada até 12 mL, pesar e centrifugar novamente por 10 minutos.
- Retirar o sobrenadante, ressuspender o pellet no vórtex e armazenar 1 mL no tubo de Eppendorf identificado.

**ANEXO G - Procedimento de reação de imunofluorescência direta
(USEPA 1622, 1999).**

- Identificar a lâmina com nome, data e local.
- Homogeneizar o pellet do eppendorf no vórtex por 2 minutos.
- Inverter 3 vezes e coletar do meio do eppendorf.
- Pipetar 5 μ L da amostra e espalhar pelo well sem tocar.
- Deixar secar por 30 minutos em temperatura ambiente.
- Aplicar 5 μ L de metanol absoluto até atingir todo o well e secar por 10 minutos.
- Pingar 10 μ L de Reagente/Fluído de Detecção (anticorpo monoclonal).
- Colocar a lâmina em uma câmara úmida , em estufa a 37 °C por 30 minutos, protegido da luz.
- Lavar com 3 gotas de solução tampão (diluído) e tirar o excesso.
- Pingar o meio de montagem sendo 10 μ L em cada well e colocar lamínula.
- Leitura no microscópio de imunofluorescência marca X modelo Y com aumento de 200x, 400x ou 600x.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)