

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E
AMBIENTAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA
AMBIENTAL
MODALIDADE MESTRADO PROFISSIONAL

AVALIAÇÃO DO TRATAMENTO DE ESGOTO SANITÁRIO DE
UMA INDUSTRIA DE IMPLEMENTOS RODOVIÁRIOS COM
VISTAS AO POTENCIAL DE REUSO.

ALESANDRO FABIANO DA SILVA

FLORIANOPÓLIS

2015

ALESANDRO FABIANO DA SILVA

Avaliação do tratamento de esgoto sanitário de uma indústria de implementos rodoviário com vistas ao potencial reuso.

Dissertação de mestrado profissional submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito à obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Pablo Heleno Sezerino

FLORIANOPÓLIS

2015

Alesandro Fabiano Da Silva

AValiação DO TRATAMENTO DE ESGOTO SANITÁRIO DE
UMA INDUSTRIA DE IMPLEMENTOS RODOVIÁRIOS COM
VISTAS AO POTENCIAL DE REUSO.

Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de “Mestre em Engenharia Ambiental”, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina (modalidade Mestrado Profissional).

Prof. Maurício Luiz Sens, Dr.

Coordenador do Curso de Mestrado Profissional em Engenharia
Ambiental

Aprovado por:

Prof. Pablo Heleno Sezerino, Dr.

Orientador

Prof. Maurício Luiz Sens, Dr.

Prof.^a Maria Eliza Nagel Hassemer, Dr.^a

Profa. Cláudia Lavina Martins, Dr.^a.

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Silva, Alesandro Fabiano

Avaliação do tratamento de esgoto sanitário de uma indústria de implementos rodoviário com vistas ao potencial reuso. / Alesandro Fabiano Silva ; orientador, Pablo Heleno Sezerino - Florianópolis, SC, 2015.
35 p.

Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental.

Inclui referências

1. Engenharia Ambiental. 2. Água de reuso. 3. Tratamento de Efluentes. 4. Preservação Ambiental. I. Sezerino, Pablo Heleno . II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. III. Título.

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela proteção e presença constante.

Aos pais e esposa, parentes e amigos, pelo constante apoio.

À Universidade Federal de Santa Catarina, pela oportunidade proporcionada através deste curso.

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo analisar a situação atual de tratamento dos esgotos sanitários gerados dentro de uma indústria metalúrgica fabricante de equipamentos rodoviários para o transporte de minérios, e a partir dos resultados propor o aproveitamento do esgoto tratado como água de reuso para fins não nobres dentro do parque fabril. O sistema de tratamento (ETE) adotado pela empresa pesquisada é o Reator Anaeróbico de Fluxo Ascendente (RAFA) seguido de sistema de Lodo Ativado Convencional (LAC). Os esgotos gerados na empresa, correspondente a um equivalente populacional de 550 pessoas, são enviados para a área destinada ao tratamento, por gravidade, através de rede coletora interna. Chegando à ETE, os despejos passam por uma caixa gradeada para retenção de sólidos grosseiros e, em seguida, para estação elevatória onde o efluente é bombeado para o RAFA, e então, direcionado ao tanque de aeração do sistema LAC. Os parâmetros de qualidade de tratamento foram analisados durante o período de maio de 2014 a abril de 2015. Diante dos resultados identificados (eficiência superior a 90% de remoção de matéria orgânica), propõe-se a utilização da água de reuso nos principais pontos de maior consumo, tais como na utilização para resfriamento de máquinas e tanque de gases; para a irrigação e manutenção da área verde; lavagem de equipamentos e peças e nos vestiários.

Palavras chave: Água de reuso. Tratamento de Efluentes. Preservação Ambiental

ABSTRACT

The present work has the aims to analyze the current situation of wastewater treatment produced in a metallurgical industry, which produces equipment to transport mineral, and, from the results, to propose the utilization of this treated effluent as reused water for non-noble utilization in the plant. The wastewater treatment plant (WWP) adopted by the company is the Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) followed by Activated Sludge (AS). The wastewater generated by the industry, which corresponds to a 1,200 population equivalent, is sent to an area established for its treatment through an internal collecting pipe. When the wastewater gets to the WWP, it runs through a railed box to retain gross solid waste and then to pumping station where the effluent is pumped to UASB and after directed to the aeration tank of AS system. The parameters of quality of treatment were analysed in the period between May 2014 and April 2015. According to the results found (efficiency removal above 90% of organic material), it is proposed the utilization of water in the main points of a major consumption, such as the cooling of machines and gas tanks, as well as, the irrigation of green area and washing of equipment, parts, and restrooms.

Key Words: Reuse of water, effluent treatment, environmental preservation

Sumário

1 INTRODUÇÃO	11
2 OBJETIVOS	13
2.1 Objetivo Geral	13
2.2 Objetivo Específico	13
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	14
3.1 Tipos de Tratamento de Efluentes Industriais	14
3.2 Processos Físicos.....	16
3.3 Processos Biológicos.....	17
3.4 Processos anaeróbios.....	18
3.5 Processos aeróbios.....	19
3.6 Sistema de Lodos Ativados	19
3.7 Reuso da Água	20
3.8 Padrões do efluente tratado para lançamento em corpo receptor e para reuso.	22
4 METODOLOGIA	26
4.1 Unidade estudada	27
4.2 Sistema de tratamento de efluente.....	28
4.3 Instrumentos de coleta de dados.....	29

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
5.1 Cálculo das vazões afluentes.....	32
5.2 Avaliação do desempenho do sistema de tratamento (ETE).....	33
5.3 Reuso do efluente tratado no processo produtivo	36
6 CONCLUSÃO	39
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	41
8 APÊNDICE.....	44

1 INTRODUÇÃO

Em termos ambientais, pode-se dizer que estas duas últimas décadas foram marcadas, no mundo, por uma crescente conscientização dos cidadãos e empresas sobre os danos causados por uma verdadeira miríade de atividades humanas, quer nas suas mais elementares atividades em seus lares, quer nas indústrias (MOZETO e JARDIM, 2002).

Conforme Von Sperling (2005) a qualidade da água é resultado do fenômeno natural e da atuação direta do homem, de forma que a qualidade de uma determinada água depende das condições naturais do uso e da ocupação do solo na bacia hidrográfica.

Assim, mesmo que se mantenha a preservação na bacia em condições naturais, sua água é afetada pelo escoamento superficial e pela infiltração no solo, resultado da precipitação atmosférica e incorporação dos sólidos em suspensão como “íons oriundos da dissolução de rochas”, existindo também a interferência direta dos seres humanos, quer de forma concentrada na geração de despejo domésticos ou industrial, quer de uma forma dispersa, como na aplicação de defensores agrícolas no solo. Portanto, a forma em que o homem usa e ocupa o solo tem implicação direta na qualidade da água.

Segundo Lustosa (2002) o desenvolvimento econômico e tecnológico desde a revolução industrial, baseado no uso intensivo de matérias primas e energia, aumentou a velocidade de utilização de recursos naturais. Dada a sua abundância, a questão da sustentabilidade do sistema econômico, ou seja, a manutenção das condições para seu bom desenvolvimento, não esgotando os recursos de que necessita e deixando os disponíveis em boa qualidade para uso futuro, não ficou no centro das preocupações.

Mais de um século e meio depois do início do processo de industrialização é que a questão da finitude dos recursos naturais, vista como ameaça ao crescimento das economias modernas, entra definitivamente na agenda de pesquisa dos economistas.

A utilização intensiva dos recursos naturais, os rejeitos dos processos produtivos lançados no meio ambiente resultaram no acúmulo de poluentes acima da sua capacidade de absorção, gerando a poluição, passando de uma dimensão local de degradação dos corpos hídricos, para uma dimensão regional e global.

Para Bertoncini (2008) a falta de tratamento de esgotos e de efluentes industriais e agroindustriais, bem como o desperdício de água na irrigação agrícola contribuem para este cenário de escassez de água. A demanda por água potável e conflitos pelos usos múltiplos da água, especialmente na região sudeste do Brasil, vem pressionando a tomada de decisões que envolvam o tratamento de água, esgoto e resíduos, assim como o aproveitamento dos efluentes tratados.

Os processos dos efluentes a serem adotados, as suas formas construtivas e os materiais a serem empregados são considerados a partir dos seguintes fatores: a legislação ambiental aplicável; o clima; os custos de investimento; os custos operacionais; a quantidade e a qualidade do lodo gerado na estação de tratamento; a segurança operacional relativa aos vazamentos de produtos químicos utilizados ou dos efluentes; explosões; geração de odor; possibilidade de reuso dos efluentes tratados (GHANDI, 2005).

Dentro deste contexto, o presente trabalho tem como objetivos analisar a qualidade do esgoto sanitário gerado dentro de uma indústria metalúrgica fabricante de equipamentos rodoviários para o transporte de minérios, e partir dos resultados propor o aproveitamento do esgoto tratado como água de reuso para fins não nobres nos principais pontos de maior consumo como; arrefecimento das máquinas, resfriamento das

tubulações do tanque de gases, irrigação e manutenção da área verde, lavagem de equipamentos e peças e nos vestiários.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho foi avaliar a qualidade do tratamento de esgoto de uma empresa metalúrgica, e a partir dos resultados propor o aproveitamento do esgoto tratado como água de reuso para fins não nobres dentro do parque fabril.

2.2 Objetivo Específico

1. Avaliar a eficiência de tratamento do sistema atual e verificar o atendimento dos padrões de lançamentos determinados pela legislação ambiental do Estado de Minas Gerais.
2. Indicar potenciais reuso do esgoto tratado na empresa e no seu processo produtivo.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Segundo Nuvolari (2011) o lançamento de esgoto sanitário sem prévio tratamento, em um corpo de água, pode causar deterioração da qualidade dessa água, que passaria então a ser uma ameaça à saúde da população. Sendo assim uma prática aconselhável seria o lançamento de maneira bem criteriosa, após etapas de tratamento da parte sólida, conduzindo este esgoto para um ponto que não prejudique um eventual uso da água para lazer de contato primário.

Para Von Sperling (2005) os requisitos a serem atingidos para o efluente estão relacionados à legislação específica que prevê padrões de qualidade para o efluente e para o corpo receptor. Para tanto, deve-se definir com clareza os aspectos como impacto ambiental do lançamento no corpo receptor, objetos do tratamento, nível de tratamento e eficiência de remoção desejada.

3.1 Tipos de Tratamento de Efluentes Industriais

O tratamento de efluentes industriais envolvem processos necessários à remoção de impurezas geradas na fabricação de produtos de interesse. Os métodos de tratamento estão diretamente associados ao tipo de efluente gerado, ao controle operacional da indústria e às características da água utilizada. Dessa forma, é preciso analisar o grau de tratamento necessário para o lançamento de efluentes tratados, levando-se em conta padrões legais de emissão e qualidade.

Padrões de emissão se relacionam às características do efluente lançado, enquanto os padrões de qualidade estão afetos à natureza do corpo receptor deste efluente. Os padrões de emissão são estabelecidos independentemente do enquadramento legal do corpo receptor. Preveem padrões, independentemente da classificação do curso d'água. Já os padrões de

qualidade são estabelecidos em conformidade com a classificação prévia do curso d'água receptor. Tanto padrões de emissão como de qualidade são tipificados e quantificados em legislações específicas a nível federal e estadual. (CAVALCANTI, 2012, p.180)

Dentre os vários processos, podem-se destacar os tratamentos físicos, que são caracterizados por métodos de separação de fases: sedimentação, decantação, filtração, centrifugação ou flotação dos resíduos (BERNARDO, 1993).

Segundo Freire et al (2000), devido à extrema complexidade dos efluentes industriais, cada estudo de viabilidade de tratamento deve ser realizado de maneira isolada, isto é, os processos desenvolvidos devem ser direcionados a um tipo particular de efluente, já que não existem procedimentos padronizados que possam ser aplicados no tratamento de um grande número de efluentes.

Diante disto, muitas alternativas têm sido estudadas. De maneira geral, procura-se uma alternativa que permita, não somente a remoção das substâncias contaminantes, mas sim a sua completa mineralização (Figura 1).



Figura 1: Fluxograma de alternativas para o tratamento de efluentes industriais
Fonte: Freire et al (2000).

3.2 Processos Físicos

As operações envolvendo métodos físicos de tratamento abrangem a remoção de sólidos grosseiros, assim como a remoção de sólidos sedimentáveis e, em decorrência, parte da matéria orgânica (VON SPERLING, 2005).

Os tratamentos físicos são caracterizados por processos de separação de fases: sedimentação, decantação, filtração, centrifugação e flotação; transição de fases: destilação, evaporação, cristalização; transferência de fases: adsorção, “air-stripping”, extração por solventes; separação molecular: hiperfiltração, ultrafiltração, osmose reversa, diálise (FREIRE et al, 1999).

De maneira geral, os procedimentos citados permitem uma depuração dos efluentes, entretanto, as substâncias contaminantes não são degradadas ou eliminadas, mas apenas transferidas para uma nova fase.

Nestas novas fases, embora o volume seja significativamente reduzido, encontram-se os poluentes ainda em grandes concentrações, sem serem efetivamente degradados (FREIRE et al, 1999).

3.3 Processos Biológicos

A degradação biológica de águas residuárias se dá pela ação de microrganismos, os quais metabolizam a matéria orgânica (coloides em suspensão e dissolvida) carbonácea e nitrogenada, estabilizando-a sob forma de subprodutos (gases e tecidos celulares) (CAVALCANTI, 2012).

Segundo Freire et al (1999), os tratamentos baseados em processos biológicos são os mais frequentemente utilizados, uma vez que permitem o tratamento de grandes volumes de efluente transformando compostos orgânicos tóxicos em CO_2 e H_2O ou CH_4 e CO_2 . Segundo os mesmos autores, a essência do tratamento biológico fundamenta-se na utilização dos compostos tóxicos de interesse como substrato para o crescimento e a manutenção de microrganismos. Dependendo da natureza do aceptor de elétrons, os processos biológicos podem ser divididos em aeróbios ou anaeróbios.

A principal aplicação deste tipo de processo está orientada na remoção da matéria orgânica presente nos efluentes industriais, usualmente medida na forma de demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO) ou carbono orgânico total.

Segundo Cavalcanti (2012), a biodegradação, é o mecanismo mais importante de remoção de matéria orgânica podendo ocorrer conjuntamente com os demais processos de remoção. Por este mecanismo, ocorre inicialmente a remoção de material em suspensão por agregação ao floco biológico, e a biossorção de matéria orgânica solúvel pelos microrganismos, sendo que a remoção da DBO solúvel é

diretamente proporcional à concentração e às características de biomassa presente.

Nos últimos anos, o grande desenvolvimento da microbiologia tem propiciado muitas alternativas que viabilizam o tratamento biológico de efluentes. Segundo Hirata (1997), os tratamentos biológicos de efluentes devem ser monitorados e mantidos sob controle estatístico (processos estáveis), de modo a assegurar seu bom desempenho. A variabilidade que pode ocorrer se deve a causas aleatórias não significativas. Já a desestabilização se deve a causas especiais como: sobrecarga orgânica ou hidráulica, aparecimento de substâncias tóxicas orgânicas ou inorgânicas na corrente de entrada, mudanças significativas nas condições ambientais como temperatura, pH, além de outras que podem afetar o sistema biológico.

3.4 Processos anaeróbios

Para Poetsch e Koetz (1998) os processos anaeróbios de tratamento de efluentes industriais e domésticos no Brasil tem sido responsáveis pela grande mudança nas condições de controle de poluição industrial, pois são tecnologias de baixo custo econômico e energético e de resposta satisfatória, tanto do ponto de vista empresarial, como dos órgãos de fiscalização e de pesquisa.

A operação destes reatores depende de um controle rigoroso das condições ambientais do processo fermentativo, bem como do desenho do equipamento. A biomassa anaeróbia, responsável pela degradação da matéria orgânica das águas residuárias, deve ser constantemente avaliada em sua capacidade de depuração.

No reator anaeróbio de fluxo ascendente de manta de lodo (RAFA ou mundialmente conhecido como Upflow Anaerobic Sludge Blanket – UASB), o princípio de tratamento consiste na estabilização da matéria orgânica anaerobiamente, por microrganismos que crescem dispersos no

meio líquido. A parte superior do reator UASB possui um separador trifásico, que apresenta uma forma cônica ou piramidal, permitindo a saída do efluente clarificado, a coleta do biogás gerado no processo e a retenção dos sólidos dentro do sistema. Esses sólidos retidos constituem a biomassa, que permanece no reator por tempo suficientemente elevado para que a matéria orgânica seja degradada.

3.5 Processos aeróbios

Segundo Freire et al (2000), este tipo de processo fundamenta-se na utilização de bactérias e fungos que requerem oxigênio molecular. As suas formas mais comuns de aplicação industrial estão representadas pelas lagoas aeradas e pelos sistemas de lodos ativados.

3.6 Sistema de Lodos Ativados

O processo de tratamento por lodo ativado é muito flexível, podendo se desenvolver sob inúmeras variantes, selecionadas conforme as características de cada tipo de despejo industrial, bem como da qualidade exigida para o efluente tratado.

A aglomeração de flocos formados continuamente pelo crescimento de várias espécies de microrganismos, a partir da matéria orgânica dos despejos, na presença de oxigênio dissolvido, é denominado “lodo ativado” (CAVALCANTI, 2012).

Segundo Pereira e Freire (2005), o tratamento com lodos ativados é um dos sistemas biológicos de degradação de maior eficiência, sendo o mais empregado pela maioria das indústrias, devido a sua versatilidade. Este método é capaz de remediar uma ampla gama de compostos orgânicos poluentes. O processo consiste basicamente de um tanque de aeração, onde o efluente é adicionado e agitado na presença de microrganismos e ar. Nesta etapa ocorre a oxidação da matéria orgânica do efluente. O sistema é dotado ainda de um tanque de sedimentação, no qual são sedimentados os flocos microbianos produzidos durante a fase de

oxidação no tanque de aeração. Uma característica do sistema de lodos ativados é a recirculação de grande proporção de biomassa, fazendo com que boa parte dos microrganismos permaneçam por um longo tempo de residência no meio, o que facilita o processo de oxidação dos compostos orgânicos e reduz o tempo de retenção do efluente. Infelizmente, este tipo de processo apresenta inconvenientes tais como: ser susceptível à composição do efluente (cargas de choque); requer um acompanhamento rigoroso das condições ótimas de pH, temperatura e nutrientes; produz grande volume de lodo (PEREIRA e FREIRE, 2005).

Para Von Sperling (2005) em princípio, todos os processos de tratamento biológico geram lodo. Os processos que recebem o esgoto bruto em decantadores primários geram o lodo primário, composto pelos sólidos sedimentáveis do esgoto bruto. Na etapa biológica de tratamento, tem-se assim denominado lodo secundário, lodo biológico ou lodo excedente.

Para Bento et al (2005), os sistemas de tratamento de esgotos por lodos ativados são os mais amplamente empregados no mundo, principalmente pela alta eficiência alcançada associada à pequena área de implantação requerida, quando comparado a outros sistemas de tratamento. O princípio do processo baseia-se na oxidação bioquímica dos compostos orgânicos e inorgânicos presentes nos esgotos, mediada por uma população microbiana diversificada e mantida em suspensão num meio aeróbio. A eficiência do processo depende, dentre outros fatores, da capacidade de floculação da biomassa ativa e da composição dos flocos formados.

3.7 Reuso da Água

De maneira geral, as medidas adotadas para amenizar o problema de escassez de água estão relacionados à busca de fontes de água distintas do centro consumidores. Essa atitude onera a oferta e incentiva o consumo de água, proporcionando aumento na quantidade de esgoto

gerado, que nem sempre recebe tratamento adequado. Esse esgoto contribui com a poluição de águas superficiais e subterrâneas e podem provocar doenças na população (WHO e UNICEF, 2005).

Conforme Hespanhol (2002) o reuso implica em redução de custos, principalmente se considerado em associação com novos projetos de sistemas de tratamento, uma vez que os padrões de qualidade de efluentes necessários para diversos tipos de uso são menos restritivos do que os necessários para proteção ambiental.

O uso de esgotos tem sido praticado em muitas partes do mundo, por muitos séculos. Sempre que água de boa qualidade não é disponível, ou é difícil de ser obtida, águas de menor valor, tais como esgotos, águas de drenagem agrícola ou águas salobras são espontaneamente utilizadas, principalmente em agricultura. Infelizmente, essa forma de uso não institucionalizado, não planejado e, às vezes, inconsciente, é realizada sem quaisquer considerações para com os aspectos de saúde, de meio ambiente e de práticas agrícolas adequadas.

Nas indústrias a água pode ser utilizada de diversas formas, tais como: incorporação aos produtos; limpezas de pisos, tubulações e equipamentos; resfriamento; aspersão sobre pilhas de minérios; irrigação; lavagens de veículos; oficinas de manutenção; consumo humano e usos sanitários.

Além da utilização industrial da água, esta também é utilizada para fins sanitários, sendo gerados os esgotos que na maior parte das vezes são tratados internamente pela indústria, separados em tratamentos específicos ou tratados até conjuntamente nas etapas biológicas dos tratamentos de efluentes industriais.

3.8 Padrões do efluente tratado para lançamento em corpo receptor e para reuso.

Dentre os padrões do efluente tratado para lançamento em corpos receptores, conforme a Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01, de 05 de maio de 2008, podem ser destacados:

Art. 28. Na zona de mistura de efluentes, órgão ambiental competente poderá autorizar, levando em conta o tipo de substância, valores em desacordo com os estabelecidos para a respectiva classe de enquadramento, desde que não comprometam os usos previstos para o corpo de água.

Parágrafo único. A extensão e as concentrações de substâncias na zona de mistura deverão ser objeto de estudo, nos termos determinados pelo órgão ambiental competente, às expensas do empreendedor responsável pelo lançamento.

Art.29. Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados, direta ou indiretamente, nos corpos de água desde que obedeçam as condições e padrões previstos neste artigo, resguardadas outras exigências cabíveis:

1º O efluente não deverá causar ou possuir potencial para causar efeitos tóxicos aos organismos aquáticos no corpo receptor, de acordo com os critérios de toxicidade estabelecidos pelo órgão ambiental competente.

2º Os critérios de toxicidade previstos no 1o devem se basear em resultados de ensaios ecotoxicológicos padronizados, utilizando organismos aquáticos, e realizados no efluente.

3º Nos corpos de água em que as condições e padrões de qualidade previstos nesta Deliberação Normativa não incluam restrições de toxicidade a organismos aquáticos, não se aplicam os parágrafos anteriores.

4º Condições de lançamento de efluentes:

I - pH entre 6,0 a 9,0;

II - temperatura: inferior a 40°C, sendo que a variação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3°C no limite da zona de mistura;

III - materiais sedimentáveis: até 1 mL/L em teste de 1 hora em cone Imhoff. Para o lançamento em lagos e lagoas, cuja velocidade de circulação seja praticamente nula, os materiais sedimentáveis deverão estar virtualmente ausentes;

IV - regime de lançamento com vazão máxima de até 1,5 vezes a vazão média do período de atividade diária do agente poluidor, exceto nos casos permitidos pela autoridade competente;

V - óleos e graxas:

a) óleos minerais: até 20mg/L;

b) óleos vegetais e gorduras animais: até 50mg/L.

VI – ausência de materiais flutuantes;

VII – DBO: até 60 mg/L ou:

a) tratamento com eficiência de redução de DBO em no mínimo 60% e média anual igual ou superior a 70% para sistemas de esgotos sanitários e de percolados de aterros sanitários municipais; e

b) tratamento com eficiência de redução de DBO em no mínimo 75% e média anual igual ou superior a 85% para os demais sistemas.

VIII - DQO – até 180 mg/L ou:

a) tratamento com eficiência de redução de DQO em no mínimo 55% e média anual igual ou superior a 65% para sistemas de esgotos sanitários e de percolados de aterros sanitários municipais;

b) tratamento com eficiência de redução de DQO em no mínimo 70% e média anual igual ou superior a 75% para os demais sistemas;

c) Se tratar de efluentes de indústria têxtil, o padrão será de 250 mg/L;e

d) Se tratar de efluentes de fabricação de celulose Kraft branqueada, o padrão será de 15 kg de DQO/ tonelada de celulose seca ao ar (tSA) para novas unidades ou ampliação. Para as unidades existentes o padrão será de 20 Kg de DQO/ tonelada de celulose seca ao ar (tSA), média diária, e 15Kg de DQO/ tonelada de celulose seca ao ar (tSA), média anual.

IX – Substâncias tenso ativas que reagem com azul de metileno: até 2,0 mg/L de LAS, exceto para sistemas públicos de tratamento de esgotos sanitários;

X – Sólidos em suspensão totais até 100 mg/L, sendo 150 mg/L nos casos de lagoas de estabilização.

Em relação ao reuso do esgoto tratado, a NBR13969/97 (ABNT 1997, p.21) define que a qualidade da água para reuso é recomendada para tais características:

“... o esgoto tratado deve ser reutilizado para fins que exigem qualidade de água não potável, mas sanitariamente segura, tais como irrigação dos

jardins, lavagem dos pisos e dos veículos automotivos, na descarga dos vasos sanitários, na manutenção paisagística dos lagos e canais com água, na irrigação dos campos agrícolas e pastagens etc. O tipo de reuso pode abranger desde a simples recirculação de água de enxague da máquina de lavagem, com ou sem tratamento aos vasos sanitários, até uma remoção em alto nível de poluentes para lavagens de carros. Frequentemente, o reuso é apenas uma extensão do tratamento de esgotos, sem investimentos adicionais elevados; assim como nem todo o volume de esgoto gerado deve ser tratado para ser reutilizado. Admite-se também que o esgoto tratado em condições de reuso possa ser exportado para além do limite do sistema local para atender à demanda industrial ou outra demanda da área próxima”.

A mesma NBR 13969/97 (ABNT, 1997) classifica os potenciais usos do esgoto tratado em classes, conforme apresentado na Tabela 1.

Classes	Comentários
<p>Classe 1- Lavagem de carros e outros usos que requerem o contato direto do usuário com a água, com possível aspiração de aerossóis pelo operador incluindo chafarizes.</p>	<p>Nesse nível, serão geralmente necessário tratamento aeróbicos (filtros aeróbio submerso ou LAB) seguido por filtração convencional (areia e carvão ativado) e, finalmente, cloração.</p> <p>Pode-se substituir a filtração convencional por membrana filtrante.</p>
<p>Classe 2 – Lavagem de piso, calçadas e irrigação dos jardins,</p>	<p>Nesse nível é satisfatório um tratamento biológico aeróbio (filtro</p>

manutenção dos lagos e canais para fins paisagísticos, exceto chafarizes.	aeróbio submerso ou LAB) seguido de filtração de areia e desinfecção. Pode-se também substituir a filtração por membrana filtrante;
Classe 3 – Reuso nas descargas das bacias sanitárias	Normalmente, as águas de enxágue das máquinas de lavar roupas satisfazem a este padrão, sendo necessário apenas uma cloração. Para casos gerais, um tratamento aeróbio seguido de filtração e desinfecção satisfaz a este padrão.
Classe 4 – Reuso nos pomares cereais, forragens, pastagens para gado e outros cultivos através de escoamento superficial ou por sistema de irrigação pontual.	As aplicações devem ser interrompidas pelo menos 10 dias antes da colheita.

Tabela 1: Classificação e Parâmetros do efluente conforme tipo de reuso.

Fonte: ABNT – NBR 13.969/97

4 METODOLOGIA

Este é um trabalho de pesquisa exploratória, envolvendo um levantamento bibliográfico e documental, baseando-se em um estudo de caso. Segundo Gil (2007), pesquisa exploratória é desenvolvida com o objetivo de proporcionar visão geral, do tipo aproximativo, acerca de determinado fato.

4.1 Unidade estudada

O estudo foi desenvolvido em uma empresa de equipamentos rodoviário, situada na cidade de Betim, MG. A empresa possui uma experiência de mais de quarenta anos na fabricação de produtos para transporte rodoviários. Possui uma área de aproximadamente 55.000 m², sendo 19.500m² de área construída, destinada à fabricação e montagem de seus produtos (Figura 1).



Figura 1: Visão Aérea da Planta.

Fonte: Dados adaptados pelo autor.

Dispõe também de aproximadamente 550 funcionários, que trabalham em apenas um turno. Os clientes são pessoas físicas, para as quais é fornecido seus produtos, como também grandes empresas onde são fornecidas várias unidades. Seus principais clientes são as empresas de mineração e construção civil.

4.2 Sistema de tratamento de efluente

O sistema de tratamento (ETE) adotado pela empresa pesquisada é o Reator Anaeróbico seguido de sistema de Lodo Ativado Convencional, que tem como equivalente populacional uma população servida de 1.200 pessoas. Os esgotos gerados na empresa são enviados para a área destinada ao tratamento por gravidade através de rede coletora interna. Chegando à ETE, os despejos passam por uma caixa gradeada para retenção de sólidos grosseiros e, em seguida, para estação elevatória onde o efluente é bombeado para o Reator Anaeróbico de Fluxo Ascendente – RAFA.

Do RAFA, o efluente segue por gravidade para o tanque de aeração, componente do sistema Lodo Ativado. Neste tanque, as bactérias existentes no próprio esgoto degradam a matéria orgânica e consomem oxigênio. Para que essas bactérias se desenvolvam mais rapidamente e acelerem o processo de decomposição, recebem oxigênio através dos aeradores. Com isto, as bactérias formam flocos, e passam para o tanque de decantação (decantador final), formando o lodo. Esse lodo é recirculado para o tanque de aeração e o excedente é descartado e encaminhado para o leitos de secagem. Os efluentes tratados no processo de decantação seguem para o rio de classe 3 sendo o seu despejo final (Figura 2).

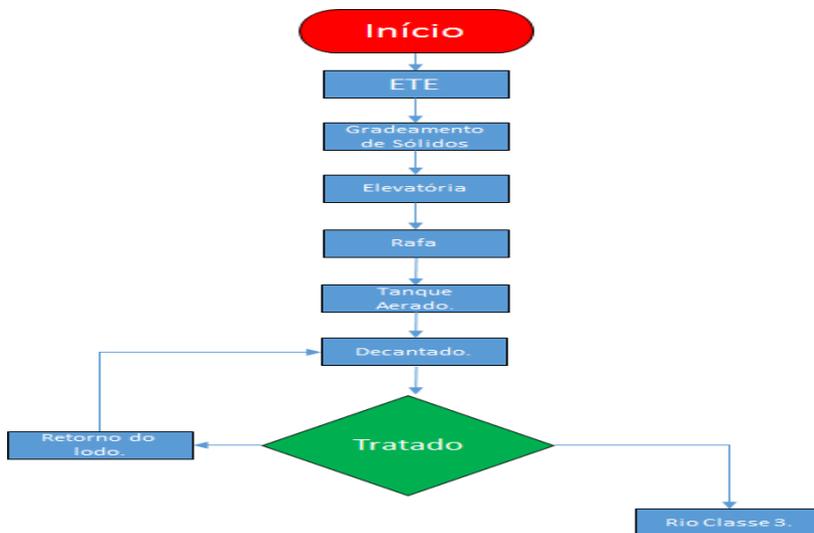


Figura 2: Sistema de fluxograma de Tratamento ETE.

Fonte: Dados adaptados pelo autor.

4.3 Instrumentos de coleta de dados

A técnica adotada para a coleta de amostras depende da matriz a ser amostrada, do tipo de amostra a ser efetuada e, também, da natureza do ensaio solicitado. Porém, independentemente dessas características, os seguintes cuidados gerais foram tomados:

- Os pontos e períodos de coletas foram indicados pela empresa;
- Cada amostra foi tratada e manuseada de forma que representasse o “todo” e os procedimentos de coleta foram seguidos;
- As amostras não incluíram partículas grandes, detritos, folhas ou outro tipo de material acidental;

- Coletou-se volume suficiente de amostra nos frascos adequados;
- Fêz-se as determinações de campo em alíquotas separadas das que foram enviadas ao laboratório, evitando assim o risco de contaminação;
- Após a coleta, acondicionou-se os frascos ou bolsas coletoras em caixa de isopor contendo gelo e foram enviadas ao laboratório.

O esgoto gerado na empresa chega na caixa gradeada para retenção de sólidos grosseiros. Nesta mesma etapa é feita a coleta do material para análise da montante conforme (Figura 3).

Logo após o tratamento da unidade de decantação final é realizada a coleta da amostra da jusante conforme (figura 4).

Em seguida, a amostra é encaminhada para o laboratório que envia, posteriormente, os resultados dos parâmetros analisados, que são solicitados pela empresa para o envio ao órgão responsável pela fiscalização.

Os parâmetros analisados durante o período de maio de 2014 a abril de 2015 foram: Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio (DQO), Potencial Hidrogeniônico (pH), Sólidos em Suspensão (SS) e Sólidos sedimentados (SSed).



Figura 3: Ponto de coleta a montante da ETE.

Fonte: Dados adaptados pelo autor.



Figura 4: Ponto de coleta a jusante da ETE.

Fonte: Dados adaptados pelo autor.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Cálculo das vazões afluentes

A empresa pesquisada conta com população servida de 550 pessoas.

Para definição da vazão, adotou-se um consumo per capita de 100 l/hab.dia – constante ao longo do período, além dos seguintes coeficientes definidos pela NBR 9649/1986 (ABNT, 1986):

- Coeficiente de Retorno.....C = 0,80
- Coeficiente de máxima vazão diáriaK1 = 1,20
- Coeficiente de máxima vazão horária.....K2 = 1,50

- Coeficiente de mínima vazão horária...K3 = 0,50

$$Q \text{ méd} = \frac{\text{População (550)} \times 100 \text{ (l/hab.dia)} \times C \text{ 0,8} = 0,50 \text{ l/s}}{86.400 \text{ (s/dia)}} \text{ Equação 1}$$

$$Q \text{ méd} = \frac{\text{População (500)} \times 100 \text{ (l/hab.dia)} \times C \text{ 0,8} = 44 \text{ m}^3/\text{d}}{1000 \text{ (m}^3/\text{d)}} \text{ Equação 2}$$

$$Q \text{ mín} = Q \text{ méd (l/s)} \times K3 = 0,55 \text{ l/s} \quad \text{Equação 3}$$

$$Q \text{ máx} = Q \text{ méd (l/s)} \times K1 \times K2 = 1,99 \text{ l/s} \quad \text{Equação 4}$$

As cargas orgânicas foram calculadas considerando o valor recomendado pela NBR 9649/1986 (ABNT, 1986): para efluentes domésticos, conforme segue: 54g DBO₅/hab. dia e 120g DQO/hab.dia.

$$DBO = 550(\text{hab}) \times 0,054 \text{ (kg/hab.d)} = 29,7 \text{ kg/.dia} \quad \text{Equação 5}$$

$$DQO = 550 \text{ (hab)} \times 0,12 \text{ kg/hab.d} = 66 \text{ kg/. dia} \quad \text{Equação 6}$$

5.2 Avaliação do desempenho do sistema de tratamento (ETE)

Todas as análises foram realizadas, mês a mês, para o acompanhamento interno da empresa e informado ao órgão competente trimestralmente. Os dados compilados para avaliação e execução deste trabalho foram coletados no período compreendido entre maio de 2014 à abril de 2015, como mostra a tabela 2.

Os resultados foram expressados de forma evolutiva, conforme apresentado na Figura 5.

Fazendo um comparativo entre os limites de lançamento pela Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01, de 05 de maio de 2008, na tabela 2 e os dados da tabela 3 e figura 5, é possível dizer que ao passar dos meses, os resultados obtidos são satisfatórios, dentro dos limites aceitáveis de lançamento no corpo receptor.

LIMITES DE LANÇAMENTO					
Parâmetro.	DBO	DQO	pH	SÓLIDOS SUSP. Mg/l	SÓLIDOS SED. ml/l
Limites	60 mg/l	180 mg/l	6,0 a 9,0	100 mg/l	1 ml/l

Tabela 2: Limites de lançamento

Fonte: COPAM/CERH-MG nº 01, de 05 de maio de 2008

Pode-se ressaltar, ainda, a eficiência do tratamento com resultados de DBO, DQO, Sólidos suspensos e Sólidos Sedimentados acima de 90%, tanto para o comparativo mensal quanto para a média anual (Tabela 3). Para o pH, tem-se um resultado médio de 7 unidades, que compreende ser um valor neutro. Diante desses dados é possível concluir que o sistema de tratamento é eficiente e atende os limites de lançamentos, o que proporciona a obtenção de água para reuso conforme normativa, COPAM/CERH-MG nº 01, de 05 de maio de 2008.

Evolução Temporal de Desempenho e Tratamento do efluente da indústria															
MESES	DBO mg/l (REF=60mg/l)			DQO mg/l (REF= 180 mg/l)			PH (REF=6,0 a 9,0)			SÓLIDOS SUSP.mg/l (REF=100 mg/l)			SÓLIDOS SED.m/l/ (REF=1 ml/l)		
	ENTRADA	SAIDA	EFICIÊNCIA	ENTRADA	SAIDA	EFICIÊNCIA	ENTRADA	SAIDA	EFICIÊNCIA	ENTRADA	SAIDA	EFICIÊNCIA	ENTRADA	SAIDA	EFICIÊNCIA
mai/14	686	43	94%	1242	127	90%	8,2	6,6	20%	760	47	94%	6,1	0,4	93%
jun/14	871	88	90%	1531	153	90%	8,7	7,3	16%	773	62	92%	30,2	0,6	98%
jul/14	784	68	91%	1246	143	89%	7,7	6,6	14%	947	61	94%	24,6	2,4	90%
ago/14	570	74	87%	884	147	83%	7,4	6,9	7%	1100	50	95%	19,5	0,1	99%
set/14	1188	54	95%	2733	124	95%	7,1	7	1%	455	70	85%	11,9	0,1	99%
out/14	802	60	93%	1844	145	92%	7,5	6,9	8%	2180	46	98%	24,9	0,1	100%
nov/14	932	37	96%	2798	85	97%	6,52	5,42	17%	6180	60	99%	79,7	2	97%
dez/14	450	58	87%	1037	133	87%	11,7	7,2	38%	255	48	81%	5,2	2	62%
jan/15	830	66	92%	1150	98	91%	10,7	6,2	42%	950	35	96%	8	1,2	85%
fev/15	2490	48	98%	5742	133	98%	8,6	7,1	17%	566	64	89%	31,3	0,1	100%
mar/15	935	55	94%	3225	157	95%	8	7,1	11%	1050	55	95%	30,2	1,4	95%
abr/15	1380	74	95%	4290	123	97%	9,2	6,9	25%	944,8	36,1	96%	21,8	2	91%
MÉDIA	993,2	60,4	94%	2310,2	130,7	94%	8,4	6,8	20%	1346,7	52,8	96%	24,5	1,0	96%
VARIÂNCIA	284139,1	209,2	100%	2277240,3	463,3	100%	2,2	0,3	88%	2541136,6	121,5	100%	393,9	0,8	100%
DESVPA	533,0	14,5	97%	1509,1	21,5	99%	1,5	0,5	65%	1594,1	11,0	99%	19,8	0,9	95%
EFICIÊNCIA ANUAL			93%			92%			18%			93%			92%

Tabela 3: Evolução Temporal de Desempenho e tratamento efluente da indústria.

Fonte: Dados adaptados pelo autor

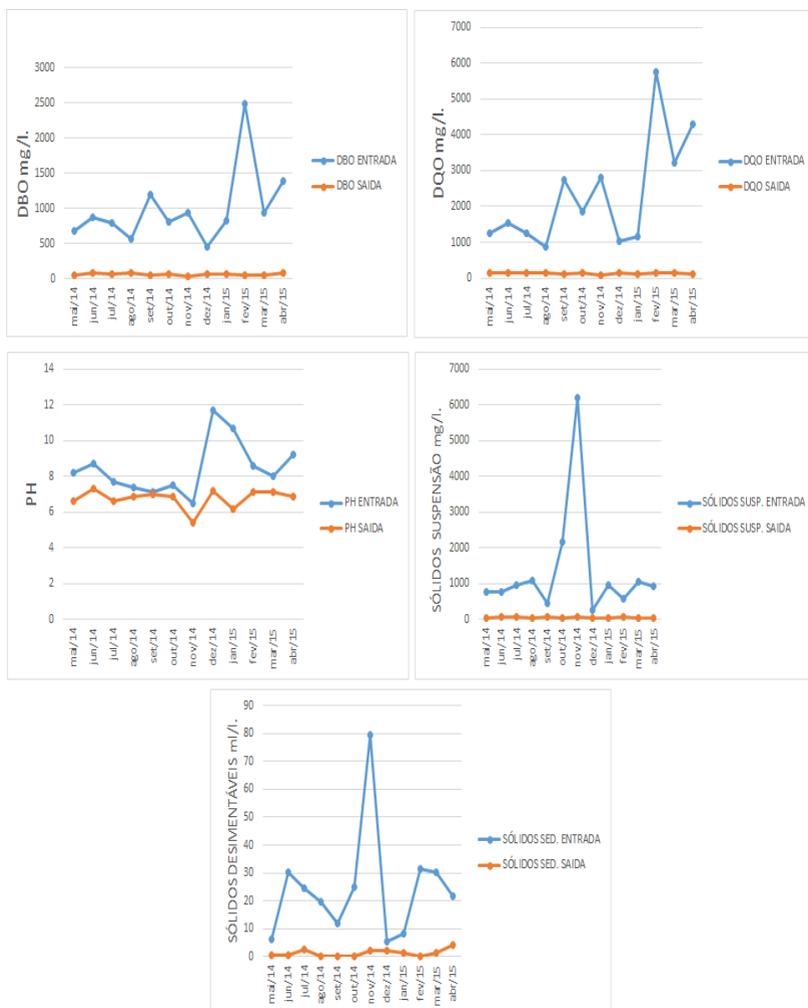


Figura 5: Gráficos evolutivos dos resultados do tratamento de efluente da indústria (os parâmetros DBO, DQO e Sólidos Suspensos são expressos em mg/l, Sólidos Sedimentáveis em ml/l e pH adimensional) Fonte: Dados adaptados pelo autor

5.3 Reuso do efluente tratado no processo produtivo

Com a qualidade do efluente industrial tratado apresentada nas tabelas 2 e 3 da empresa em pesquisa, pode-se firmar uma grande eficiência no tratamento do efluente industrial gerado, deixando o efluente final com uma boa qualidade para o reuso dentro do processo e também na área comum da empresa. Diante desta possibilidade, pode-se destacar algumas sugestões de reuso.

Dentro da empresa todas as máquinas do processo produtivo possuem um trocador de calor (Figura 6). Em dias de verão, a temperatura do óleo dessas máquinas pode chegar até 200° C. Ao utilizar a água de reuso nos trocadores de calor, a empresa passa a ter ganhos financeiros ao deixar de usar a água tratada.



Figura 6: Trocador de Calor das Maquinas

Fonte: Dados adaptados pelo autor.

A água de reuso também poderá ser aproveitada para irrigação e manutenção da área verde existente na empresa pesquisada (Figura 7). Será permitida que as plantas e gramas fiquem bem cuidadas nos períodos de seca, além da economia gerada pelo não consumo da água tratada para esta finalidade.



Figura 7: Aérea verde.

Fonte: Dados adaptados pelo autor.

Os vestiários da empresa pesquisada representam o local de maior consumo de água de boa qualidade, durante o acionamento de descarga e vasos sanitário e mictórios (Figura 8). Através deste trabalho de reuso da água espera-se voltar para o sistema cerca de 60% de toda água descartada. Com este trabalho o consumo de água potável será reduzido, além de contribuir para preservação do meio ambiente.



Figura 8: Vestiário.

Fonte: Dados adaptados pelo autor.

Na figura 9, pode ser observado que a empresa possui um sistema de gás canalizado para alimentação das máquinas de solda e outros equipamentos, sendo estes tanques alimentados por caminhão por conta do grande volume. Nestes abastecimentos é necessário a utilização de água para resfriamento da tubulação e controle da pressão dos tanques, portanto, para este processo a empresa pesquisada poderia adotar a água de reuso.



Figura 9: Tanques de Gases.

Fonte: Dados adaptados pelo autor.

Os equipamentos fabricados e toda a frota de veículos utilizados pela empresa pesquisada passam diariamente pelo lavador (Figura 10). Um dos objetivos da empresa é substituir em 100% a água utilizada no lavador por água de reuso, gerando grandes benefícios financeiros e contribuição para o meio ambiente.

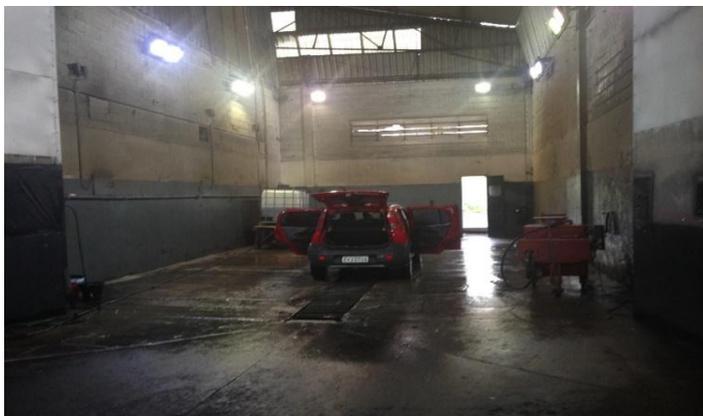


Figura 10: Lavador.

Fonte: Dados adaptados pelo autor.

6 CONCLUSÃO

A partir da caracterização e avaliação qualitativa do sistema de tratamento de efluentes da empresa pesquisada, verificou-se o potencial de utilização do efluente tratado como água de reuso para fins não nobres. Através de análises realizadas na montante e jusante da ETE industrial, observou-se que este sistema atende os limites de lançamentos determinados pela legislação ambiental do Estado de Minas Gerais, através de resultados de DBO, DQO, Sólidos suspensos e Sólidos Sedimentados acima de 90% de eficiência, tanto para o comparativo mensal quanto para a média anual.

Diante dos resultados identificados e de um volume médio de $44 \text{ m}^3/\text{d}$ de esgoto tratado, propõe-se a utilização da água de reuso nos principais pontos de maior consumo, sejam eles dentro do processo produtivo ou em áreas comuns da empresa. Com este reuso espera-se um aproveitamento de 70% de toda água residuária tratada, totalizando uma economia de $30,80 \text{ m}^3/\text{d}$. Tomando como base a reutilização do efluente tratado para arrefecimento de máquinas, torna-se possível uma

economia de 2,30 m³/d. Para o resfriamento da tubulação do tanque de gases, são também economizados 2,30 m³/d. Quando utilizada para irrigação e manutenção da área verde a empresa deixa de consumir 4,80 m³/d de água potável. Para lavagem de equipamentos e peças é considerado uma economia de 8,6 m³/d. Na utilização dentro dos vestiários há um aproveitamento de 12,8 m³/d.

Como resultados importantes deste trabalho é possível destacar a boa qualidade do efluente tratado no sistema atual existente na empresa, possibilidade de planejamento da política de reuso, assim como na conscientização em favor da preservação do meio ambiente e da economia da água, vistos dentro de um cenário de escassez de recursos hídricos.

Após o acompanhamento de todo o processo de tratamento do efluente para o reuso, ficou evidenciado a falta de análise de coliformes fecais para saber a potencialidade de auto contaminação durante a coleta e o manuseio do efluente para reuso, bem como de turbidez da mesma, sugerindo-se, então, ampliar os parâmetros de controle da ETE e a realização de estudo em torno da implementação de uma unidade de polimento empregando o tratamento por filtração seguido, ou não, de desinfecção.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 9649. **Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário**. Rio de Janeiro: ABNT. 7 pg.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 13969. **Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação**. Rio de Janeiro: ABNT. 60 pg.

BENTO, Alessandra Pellizzaro; SEZERINO, Pablo Heleno; PHILIPPI, Luiz Sergio; REGINATTO, Valeria; LAPOLLI, Flavio Rubens. **Caracterização da Microfauna em Estação de Tratamento de Esgotos do tipo Lodos Ativados: Um instrumento de avaliação e controle do processo**. Engenharia Sanitária Ambiental. Vol.10 - Nº 4 - out/dez 2005, 329-338.

BERNARDO, L.D. **Métodos e técnicas de tratamento de água**. Rio de Janeiro: ABES, 1993.

BERTONCINI, E.I.; MARANGON, R.C.; AREVALO, R.A.; AMBROSANO, E.J. *Moringa oleifera* Lam **Tratamento de água e efluentes**. In: 2º Seminários do Programa Estratégico da APTA Sustentabilidade Ambiental. Barra Bonita, SP, 13 e 14 de março de 2008.CD-ROM

CAVALCANTI, José Eduardo W. de A. **Manual de Tratamento de Efluentes Industriais**. 2ª ed Ampliada. 2012.

CRESPILHO, F.N; SANTANA, C.G; REZENDE, M.O. **O Tratamento de efluente da indústria de processamento de coco utilizando eletroflotação**. Química Nova, São Paulo, v.27, n.1, p.2-5, 2004.

CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL – COPAM Conforme Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01, de 05 de maio de 2008, **Dispõe sobre a**

classificação corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Belo Horizonte, 05 de Maio de 2008.

FREIRE, Renato Sanches; PELEGRINI, Ronaldo; KUBOTA, Lauro T; DURÁN, Nelson. **Novas Tendências para o tratamento de resíduo industrial contendo espécies organocloradas.** Instituto de Química - Universidade Estadual de Campinas - CP 6154 - 13083-970 - Campinas – SP

GHANDI, G. **Tratamento e controle de efluentes industriais.** p. 5-46, 2005.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social.** São Paulo: Atlas, 2007.

HESPANHOL, Ivanildo. **Potencial de Reuso de Água no Brasil: Agricultura, Indústria, Municípios, Recarga de Aquíferos.** Revista Brasileira de Recursos Hídricos Volume 7 n.4 Out/Dez 2002, 75-95, 2002.

HIRATA, Y. S. **Nutrição, Inibição, Crescimento e Aspectos Bioquímicos** In: HIRATA, Y.S. Célula Microbiana. Curso de Tratamento Biológico de Resíduos, 3, Florianópolis - 30 de junho a 11 de julho de 1997. Anais..... Florianópolis-Br, 1997. p. 12-13.

LUSTOSA, Maria Cecília Junqueira. **Meio Ambiente, Inovação e Competitividade na Indústria Brasileira: A cadeia produtiva do petróleo.** Tese (Doutorado), Universidade Federal do Rio de Janeiro, IE/UFRJ, 2002.

MOZETO, A. A.; JARDIM, W. F. **A química ambiental no Brasil.** Revista Química Nova, v. 25, n. 1, p. 7-11, 2002.

NUVOLARI, Ariovaldo; MARTINELLI Alexandre; TELLES Dirceu D'Alkmin; RIBEIRO, José Tarcísio; MIYASHITA Nelson Junzo; RODRIGUES Roberta Baptista; ARAUJO, Roberto de. **Esgoto Sanitário: Coleta, Transporte, Tratamento e Reuso Agrícola.** Fatec, São Paulo, 2. ed, 2011.

PEREIRA, Wellington S.; FREIRE, Renato S. **Ferro Zero: Uma Nova Abordagem para Tratamento de águas contaminadas com compostos orgânicos poluentes.** Química Nova, Vol. 28, No. 1, 130-136, 2005.

POETSCH, Patrícia B. & KOETZ, Paulo R. **Sistema de determinação da atividade metanogênica específica de lodos anaeróbios.** Revista Brasileira de Agrociência, v.4, no 3, 161-165, Set.-Dez.,1998.

VON SPERLING, Marcos. **Introdução a Qualidade das Águas e Tratamento de Esgotos. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias.** Volume 1. 3ª ed. Belo Horizonte. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental- DESA – UFMG, 2005.

[WHO] World Health Organization (UNICEF) The United Nations Children's Fund Water for life: marking it happen; 2005. Disponível em: [URL:http://www.who.int/water_sanitation_health/2005jmpreport.pdf/](http://www.who.int/water_sanitation_health/2005jmpreport.pdf/) [2005 jun.08].

ZAMORA Patrício Peralta; Nova Tendências para o tratamento de resíduo industrial contendo espécies organocloradas. Departamento de Química - Universidade Federal do Paraná - CP 19081 - 81531-990 - Curitiba – PR

8 APÊNDICE

AVALIAÇÃO DO TRATAMENTO DE ESGOTO SANITÁRIO DE UMA INDÚSTRIA DE IMPLEMENTOS RODOVIÁRIOS COM VISTAS AO POTENCIAL DE REUSO.

Alesandro Fabiano da Silva, Pablo Heleno Sezerino.

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo analisar a situação atual de tratamento dos esgotos sanitários gerados dentro de uma indústria metalúrgica fabricante de equipamentos rodoviários para o transporte de minérios, e a partir dos resultados propor o aproveitamento do esgoto tratado como água de reuso para fins não nobres dentro do parque fabril. O sistema de tratamento (ETE) adotado pela empresa pesquisada é o Reator Anaeróbico de Fluxo Ascendente (RAFA) seguido de sistema de Lodo Ativado Convencional (LAC). Os esgotos gerados na empresa, correspondente a um equivalente populacional de 550 pessoas, são enviados para a área destinada ao tratamento, por gravidade, através de rede coletora interna. Chegando à ETE, os despejos passam por uma caixa gradeada para retenção de sólidos grosseiros e, em seguida, para estação elevatória onde o efluente é bombeado para o RAFA, e então, direcionado ao tanque de aeração do sistema LAC. Os parâmetros de qualidade de tratamento foram analisados durante o período de maio de 2014 a abril de 2015. Diante dos resultados identificados (eficiência superior a 90% de remoção de matéria orgânica), propõe-se a utilização da água de reuso nos principais pontos de maior consumo, tais como na utilização para resfriamento de máquinas e tanque de gases; para a irrigação e manutenção da área verde; lavagem de equipamentos e peças e nos vestiários.

PALAVRAS-CHAVE: Água de reuso. Tratamento de Efluentes. Preservação Ambiental

INTRODUÇÃO

Em termos ambientais, pode-se dizer que estas duas últimas décadas foram marcadas, no mundo, por uma crescente conscientização dos cidadãos e empresas sobre os danos causados por uma verdadeira miríade de atividades humanas, quer nas suas mais elementares atividades em seus lares, quer nas indústrias (MOZETO e JARDIM, 2002).

Conforme Von Sperling (2005) a qualidade da água é resultado do fenômeno natural e da atuação direta do homem, de forma que a qualidade de uma determinada água depende das condições naturais do uso e da ocupação do solo na bacia hidrográfica.

Assim, mesmo que se mantenha a preservação na bacia em condições naturais, sua água é afetada pelo escoamento superficial e pela infiltração no solo, resultado da precipitação atmosférica e incorporação dos sólidos em suspensão como “íons oriundos da dissolução de rochas”, existindo também a interferência direta dos seres humanos, quer de forma concentrada na geração de despejo domésticos ou industrial, quer de uma forma dispersa, como na aplicação de defensores agrícolas no solo. Portanto, a forma em que o homem usa e ocupa o solo tem implicação direta na qualidade da água.

Segundo Lustosa (2002) o desenvolvimento econômico e tecnológico desde a revolução industrial, baseado no uso intensivo de matérias primas e energia, aumentou a velocidade de utilização de recursos naturais. Dada a sua abundância, a questão da sustentabilidade do sistema econômico, ou seja, a manutenção das condições para seu bom desenvolvimento, não esgotando os recursos de que necessita e deixando os disponíveis em boa qualidade para uso futuro, não ficou no centro das preocupações.

Mais de um século e meio depois do início do processo de industrialização é que a questão da finitude dos recursos naturais, vista como ameaça ao crescimento das economias modernas, entra definitivamente na agenda de pesquisa dos economistas.

A utilização intensiva dos recursos naturais, os rejeitos dos processos produtivos lançados no meio ambiente resultaram no acúmulo de poluentes acima da sua capacidade de absorção, gerando a poluição, passando de uma dimensão local de degradação dos corpos hídricos, para uma dimensão regional e global.

Para Bertoncini (2008) a falta de tratamento de esgotos e de efluentes industriais e agroindustriais, bem como o desperdício de água na irrigação agrícola contribuem para este cenário de escassez de água. A demanda por água potável e conflitos pelos usos múltiplos da água, especialmente na região sudeste do Brasil, vem pressionando a tomada de decisões que envolvam o tratamento de água, esgoto e resíduos, assim como o aproveitamento dos efluentes tratados.

Os processos dos efluentes a serem adotados, as suas formas construtivas e os materiais a serem empregados são considerados a partir dos seguintes fatores: a legislação ambiental aplicável; o clima; os custos de investimento; os custos operacionais; a quantidade e a qualidade do lodo gerado na estação de tratamento; a segurança operacional relativa aos vazamentos de produtos químicos utilizados ou dos efluentes; explosões; geração de odor; possibilidade de reuso dos efluentes tratados (GHANDI, 2005).

Dentro deste contexto, o presente trabalho tem como objetivos analisar a qualidade do esgoto sanitário gerado dentro de uma indústria metalúrgica fabricante de equipamentos rodoviários para o transporte de minérios, e partir dos resultados propor o aproveitamento do esgoto tratado como água de reuso para fins não nobres nos principais pontos de maior consumo como; arrefecimento das máquinas, resfriamento das tubulações do tanque de gases, irrigação e manutenção da área verde, lavagem de equipamentos e peças e nos vestiários.

MATERIAIS E MÉTODOS

Este é um trabalho de pesquisa exploratória, envolvendo um levantamento bibliográfico e documental, baseando-se em um estudo de caso. Segundo Gil (2007), pesquisa exploratória é desenvolvida com o objetivo de proporcionar visão geral, do tipo aproximativo, acerca de determinado fato.

O sistema de tratamento (ETE) adotado pela empresa pesquisada é o Reator Anaeróbio seguido de sistema de Lodo Ativado Convencional, que tem como equivalente populacional uma população servida de 1.200 pessoas. Os esgotos gerados na empresa são enviados para a área destinada ao tratamento por gravidade através de rede coletora interna. Chegando à ETE, os despejos passam por uma caixa gradeada para retenção de sólidos grosseiros e, em seguida, para estação elevatória onde o efluente é bombeado para o Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente – RAFA.

Do RAFA, o efluente segue por gravidade para o tanque de aeração, componente do sistema Lodo Ativado. Neste tanque, as bactérias existentes no próprio esgoto degradam a matéria orgânica e consomem oxigênio. Para que essas bactérias se desenvolvam mais rapidamente e acelerem o processo de decomposição, recebem oxigênio através dos aeradores. Com isto, as bactérias formam flocos, e passam para o tanque de decantação (decantador final), formando o lodo. Esse lodo é recirculado para o tanque de aeração e o excedente é descartado e encaminhado para o leitos de secagem. Os efluentes tratados no processo de decantação seguem para o rio de classe 3 sendo o seu despejo final (Figura 1).

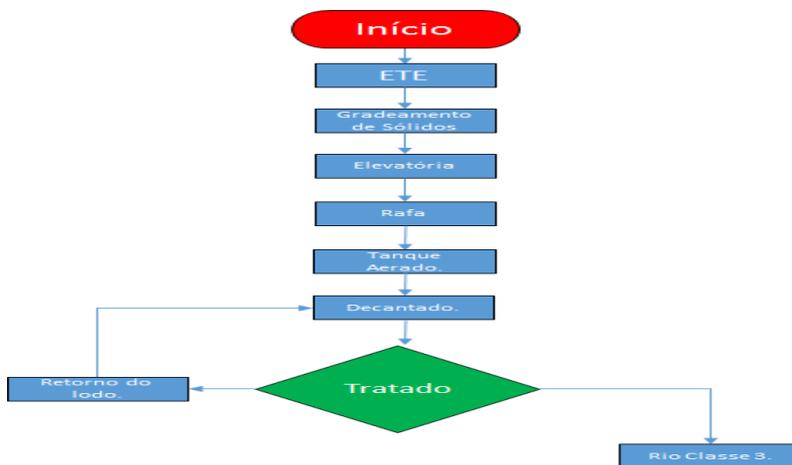


Figura 1: Sistema de fluxograma de Tratamento ETE. Fonte: Fluxograma do sistema em estudo.

INSTRUMENTOS DE COLETAS DE DADOS

O esgoto gerado na empresa chega na caixa gradeada para retenção de sólidos grosseiros. Nesta mesma etapa é feita a coleta do material para análise da montante conforme (Figura 2).

Logo após o tratamento da unidade de decantação final é realizada a coleta da amostra da jusante conforme (figura 3).

Em seguida, a amostra é encaminhada para o laboratório que envia, posteriormente, os resultados dos parâmetros analisados, que são solicitados pela empresa para o envio ao órgão responsável pela fiscalização.

Os parâmetros analisados durante o período de maio de 2014 a abril de 2015 foram: Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio (DQO), Potencial Hidrogeniônico (pH), Sólidos em Suspensão (SS) e Sólidos sedimentados (SSed).



Figura 2: Ponto de coleta a montante da ETE.



Figura 3: Ponto de coleta a jusante da ETE.

RESULTADOS

Cálculo das vazões afluentes

A empresa pesquisada conta com população servida de 550 pessoas.

Para definição da vazão, adotou-se um consumo per capita de 100 l/hab.dia – constante ao longo do período, além dos seguintes coeficientes definidos pela NBR 9649/1986 (ABNT, 1986):

- Coeficiente de Retorno.....C = 0,80
- Coeficiente de máxima vazão diáriaK1 = 1,20
- Coeficiente de máxima vazão horária.....K2 = 1,50
- Coeficiente de mínima vazão horária...K3 = 0,50

$$Q \text{ méd} = \text{População (550)} \times 100 \text{ (l/hab.dia)} \times C \text{ 0,8} = 0,50 \text{ l/s} \quad \text{Equação 1}$$

$$86.400 \text{ (s/dia)}$$

$$Q \text{ méd} = \text{População (500)} \times 100 \text{ (l/hab.dia)} \times C \text{ 0,8} = 44 \text{ m}^3/\text{d}$$

Equação 2

$$1000 \text{ (m}^3/\text{d)}$$

$$Q \text{ mín} = Q \text{ méd (l/s)} \times K3 = 0,55 \text{ l/s} \quad \text{Equação 3}$$

$$Q \text{ máx} = Q \text{ méd (l/s)} \times K1 \times K2 = 1,99 \text{ l/s} \quad \text{Equação 4}$$

As cargas orgânicas foram calculadas considerando o valor recomendado pela NBR 9649/1986 (ABNT, 1986): para efluentes domésticos, conforme segue: 54g DBO₅/hab. dia e 120g DQO/hab.dia.

$$DBO = 550(\text{hab}) \times 0,054 \text{ (kg/hab.d)} = 29,7 \text{ kg/.dia} \quad \text{Equação 5}$$

$$DQO = 550 \text{ (hab)} \times 0,12 \text{ kg/hab.d} = 66 \text{ kg/.dia} \quad \text{Equação 6}$$

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DO SISTEMA DE TRATAMENTO (ETE)

Fazendo um comparativo entre os limites de lançamento pela Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01, de 05 de maio de 2008, na tabela 1 e os dados da tabela 2 e figura 4, é possível dizer que ao passar dos meses, os resultados obtidos são satisfatórios, dentro dos limites aceitáveis de lançamento no corpo receptor.

LIMITES DE LANÇAMENTO					
Parâmetro.	DBO mg/l	DQO mg/l	pH	SÓLIDOS SUSP. mg/l	SÓLIDOS SED. ml/l
Limites	60 mg/l	180 mg/l	6,0 a 9,0	100 mg/l	1 ml/l

Tabela 1: Limites de lançamento Fonte: COPAM/CERH-MG nº 01, de 05 de maio de 2008

Pode-se ressaltar, ainda, a eficiência do tratamento com resultados de DBO, DQO, Sólidos suspensos e Sólidos Sedimentados acima de 90%, tanto para o comparativo mensal quanto para a média anual (Tabela 2). Para o pH, tem-se um resultado médio de 7 unidades, que compreende ser um valor neutro. Diante desses dados é possível concluir que o sistema de tratamento é eficiente e atende os limites de lançamentos, o que proporciona a obtenção de água para reuso conforme normativa, COPAM/CERH-MG nº 01, de 05 de maio de 2008.

Evolução Temporal de Desempenho e Tratamento do efluente da indústria															
MESES	DBO mg/l (REF=60mg/l)			DQO mg/l (REF=180 mg/l)			PH (REF=6,0 a 9,0)			SÓLIDOS SUSP.mg/l (REF=100 mg/l)			SÓLIDOS SED.m/l (REF=1 ml/l)		
	ENTRADA	SAIDA	EFICIÊNCIA	ENTRADA	SAIDA	EFICIÊNCIA	ENTRADA	SAIDA	EFICIÊNCIA	ENTRADA	SAIDA	EFICIÊNCIA	ENTRADA	SAIDA	EFICIÊNCIA
mai/14	686	43	94%	1242	127	90%	8,2	6,6	20%	760	47	94%	6,1	0,4	93%
jun/14	871	88	90%	1531	153	90%	8,7	7,3	16%	773	62	92%	30,2	0,6	98%
jul/14	784	68	91%	1246	143	89%	7,7	6,6	14%	947	61	94%	24,6	2,4	90%
ago/14	570	74	87%	884	147	83%	7,4	6,9	7%	1100	50	95%	19,5	0,1	99%
set/14	1188	54	95%	2733	124	95%	7,1	7	1%	455	70	85%	11,9	0,1	99%
out/14	802	60	93%	1844	145	92%	7,5	6,9	8%	2180	46	98%	24,9	0,1	100%
nov/14	932	37	96%	2798	85	97%	6,52	5,42	17%	6180	60	99%	79,7	2	97%
dez/14	450	58	87%	1037	133	87%	11,7	7,2	38%	255	48	81%	5,2	2	62%
jan/15	830	66	92%	1150	98	91%	10,7	6,2	42%	950	35	96%	8	1,2	85%
fev/15	2490	48	98%	5742	133	98%	8,6	7,1	17%	566	64	89%	31,3	0,1	100%
mar/15	935	55	94%	3225	157	95%	8	7,1	11%	1050	55	95%	30,2	1,4	95%
abr/15	1380	74	95%	4290	123	97%	9,2	6,9	25%	944,8	36,1	96%	21,8	2	91%
MÉDIA	993,2	60,4	94%	2310,2	130,7	94%	8,4	6,8	20%	1346,7	52,8	96%	24,5	1,0	96%
VARIÂNCIA	284139,1	209,2	100%	2277240,3	463,3	100%	2,2	0,3	88%	2541136,6	121,5	100%	399,9	0,8	100%
DESVP	533,0	14,5	97%	1509,1	21,5	99%	1,5	0,5	65%	1594,1	11,0	99%	19,8	0,9	95%
EFICIÊNCIA ANUAL			93%			92%			18%			93%			92%

Tabela 2: Evolução Temporal de Desempenho e tratamento efluente da indústria.

Fonte: Dados adaptados pelo autor



Figura 4: Gráficos evolutivos dos resultados do tratamento de efluente da indústria (os parâmetros DBO, DQO e Sólidos Suspensos são expressos em mg/l, Sólidos Sedimentáveis em mL/l e pH adimensional)

REUSO DO EFLUENTE TRATADO NO PROCESSO PRODUTIVO

Com a qualidade do efluente industrial tratado apresentada nas tabelas 2 e 3 da empresa em pesquisa, pode-se firmar uma grande eficiência no tratamento do efluente industrial gerado, deixando o efluente final com uma boa qualidade para o reuso dentro do processo e também na área comum da empresa. Diante desta possibilidade, pode-se destacar algumas sugestões de reuso.

Dentro da empresa todas as máquinas do processo produtivo possuem um trocador de calor (Figura 5). Em dias de verão, a temperatura do óleo dessas máquinas pode chegar até 200° C. Ao utilizar a água de reuso nos trocadores de calor, a empresa passa a ter ganhos financeiros ao deixar de usar a água tratada.



Figura 5: Trocador de Calor das Maquinas

Fonte: Dados adaptados pelo autor.

A água de reuso também poderá ser aproveitada para irrigação e manutenção da área verde existente na empresa pesquisada (Figura 6). Será permitida que as plantas e gramas fiquem bem cuidadas nos períodos de seca, além da economia gerada pelo não consumo da água tratada para esta finalidade.



Figura 6: Área verde.

Fonte: Dados adaptados pelo autor.

Os vestiários da empresa pesquisada representam o local de maior consumo de água de boa qualidade, durante o acionamento de descarga e vasos sanitário e mictórios (Figura 7). Através deste trabalho de reuso da água espera-se voltar para o sistema cerca de 60% de toda água descartada. Com este trabalho o consumo de água potável será reduzido, além de contribuir para preservação do meio ambiente.



Figura 7: Vestiário.

Fonte: Dados adaptados pelo autor.

Na figura 8, pode ser observado que a empresa possui um sistema de gás canalizado para alimentação das máquinas de solda e outros equipamentos, sendo estes tanques alimentados por caminhão por conta do grande volume. Nestes abastecimentos é necessário a utilização de água para resfriamento da tubulação e controle da pressão dos tanques, portanto, para este processo a empresa pesquisada poderia adotar a água de reuso.



Figura 8: Tanques de Gases.

Fonte: Dados adaptados pelo autor.

Os equipamentos fabricados e toda a frota de veículos utilizados pela empresa pesquisada passam diariamente pelo lavador (Figura 9). Um dos objetivos da empresa é substituir em 100% a água utilizada no lavador por água de reuso, gerando grandes benefícios financeiros e contribuição para o meio ambiente.



Figura 9: Lavador.

Fonte: Dados adaptados pelo autor.

CONCLUSÕES

A partir da caracterização e avaliação qualitativa do sistema de tratamento de efluentes da empresa pesquisada, verificou-se o potencial de utilização do efluente tratado como água de reuso para fins não nobres. Através de análises realizadas na montante e jusante da ETE industrial, observou-se que este sistema atende os limites de lançamentos determinados pela legislação ambiental do Estado de Minas Gerais, através de resultados de DBO, DQO, Sólidos suspensos e Sólidos Sedimentados acima de 90% de eficiência, tanto para o comparativo mensal quanto para a média anual.

Diante dos resultados identificados e de um volume médio de 44 m³/d de esgoto tratado, propõe-se a utilização da água de reuso nos principais

pontos de maior consumo, sejam eles dentro do processo produtivo ou em áreas comuns da empresa. Com este reuso espera-se um aproveitamento de 70% de toda água residuária tratada, totalizando uma economia de 30,80 m³/d. Tomando como base a reutilização do efluente tratado para arrefecimento de máquinas, torna-se possível uma economia de 2,30 m³/d. Para o resfriamento da tubulação do tanque de gases, são também economizados 2,30 m³/d. Quando utilizada para irrigação e manutenção da área verde a empresa deixa de consumir 4,80 m³/d de água potável. Para lavagem de equipamentos e peças é considerado uma economia de 8,6 m³/d. Na utilização dentro dos vestiários há um aproveitamento de 12,8 m³/d.

Como resultados importantes deste trabalho é possível destacar a boa qualidade do efluente tratado no sistema atual existente na empresa, possibilidade de planejamento da política de reuso, assim como na conscientização em favor da preservação do meio ambiente e da economia da água, vistos dentro de um cenário de escassez de recursos hídricos.

Após o acompanhamento de todo o processo de tratamento do efluente para o reuso, ficou evidenciado a falta de análise de coliformes fecais para saber a potencialidade de auto contaminação durante a coleta e o manuseio do efluente para reuso, bem como de turbidez da mesma, sugerindo-se, então, ampliar os parâmetros de controle da ETE e a realização de estudo em torno da implementação de uma unidade de polimento empregando o tratamento por filtração seguida, ou não, de desinfecção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 9649. **Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário**. Rio de Janeiro: ABNT. 7 pg.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 13969. **Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação**. Rio de Janeiro: ABNT. 60 pg.

BENTO, Alessandra Pellizzaro; SEZERINO, Pablo Heleno; PHILIPPI, Luiz Sergio; REGINATTO, Valeria; LAPOLLI, Flavio Rubens. **Caracterização da Microfauna em Estação de Tratamento de Esgotos do tipo Lodos Ativados: Um instrumento de avaliação e controle do processo**. Engenharia Sanitária Ambiental. Vol.10 - Nº 4 - out/dez 2005, 329-338.

BERNARDO, L.D. **Métodos e técnicas de tratamento de água**. Rio de Janeiro: ABES, 1993.

BERTONCINI, E.I.; MARANGON, R.C.; AREVALO, R.A.; AMBROSANO, E.J. *Moringa oleifera* Lam **Tratamento de água e efluentes**. In: 2º Seminários do Programa Estratégico da APTA Sustentabilidade Ambiental. Barra Bonita, SP, 13 e 14 de março de 2008.CD-ROM

CAVALCANTI, José Eduardo W. de A. **Manual de Tratamento de Efluentes Industriais**. 2ª ed Ampliada. 2012.

CRESPILHO, F.N; SANTANA, C.G; REZENDE, M.O. **O Tratamento de efluente da indústria de processamento de coco utilizando eletroflotação**. Química Nova, São Paulo, v.27, n.1, p.2-5, 2004.

CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL – COPAM Conforme Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01, de 05 de maio de 2008, **Dispõe sobre a classificação corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem**

como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Belo Horizonte, 05 de Maio de 2008.

FREIRE, Renato Sanches; PELEGRINI, Ronaldo; KUBOTA, Lauro T; DURÁN, Nelson. **Novas Tendências para o tratamento de resíduo industrial contendo espécies organocloradas**. Instituto de Química - Universidade Estadual de Campinas - CP 6154 - 13083-970 - Campinas - SP, 4 Janeiro 2000.

GHANDI, G. **Tratamento e controle de efluentes industriais**. p. 5-46, 2005.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. São Paulo: Atlas, 2007.

HESPAÑHOL, Ivanildo. **Potencial de Reuso de Água no Brasil: Agricultura, Indústria, Municípios, Recarga de Aquíferos**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos Volume 7 n.4 Out/Dez 2002, 75-95, 2002.

HIRATA, Y. S. **Nutrição, Inibição, Crescimento e Aspectos Bioquímicos** In: HIRATA, Y.S. Célula Microbiana. Curso de Tratamento Biológico de Resíduos, 3, Florianópolis - 30 de junho a 11 de julho de 1997. Anais. Florianópolis-Br, 1997. p. 12-13.

LUSTOSA, Maria Cecília Junqueira. **Meio Ambiente, Inovação e Competitividade na Indústria Brasileira: A cadeia produtiva do petróleo**. Tese (Doutorado), Universidade Federal do Rio de Janeiro, IE/UFRJ, 2002.

MOZETO, A. A.; JARDIM, W. F. **A química ambiental no Brasil**. Revista Química Nova, v. 25, n. 1, p. 7-11, 2002.

NUVOLARI, Ariovaldo; MARTINELLI Alexandre; TELLES Dirceu D'Alkmin; RIBEIRO, José Tarcísio; MIYASHITA Nelson Junzo; RODRIGUES Roberta Baptista; ARAUJO, Roberto de. **Esgoto Sanitário: Coleta, Transporte, Tratamento e Reuso Agrícola**. Fatec, São Paulo, 2. ed, 2011.

PEREIRA, Wellington S.; FREIRE, Renato S. **Ferro Zero: Uma Nova Abordagem para Tratamento de águas contaminadas com compostos orgânicos poluentes**. Química Nova, Vol. 28, No. 1, 130-136, 2005.

POETSCH, Patrícia B. & KOETZ, Paulo R. **Sistema de determinação da atividade metanogênica específica de lodos anaeróbios.** Revista Brasileira de Agrociência, v.4, no 3, 161-165, Set.-Dez.,1998.

VON SPERLING, Marcos. **Introdução a Qualidade das Águas e Tratamento de Esgotos. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias.** Volume 1. 3ª ed. Belo Horizonte. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental- DESA – UFMG, 2005.

[WHO] World Health Organization (UNICEF) The United Nations Children's Fund Water for life: marking it happen; 2005. Disponível em: [URL:http://www.who.int/water_sanitation_health/2005jmpreport.pdf/](http://www.who.int/water_sanitation_health/2005jmpreport.pdf/) [2005 jun.08].

ZAMORA Patrício Peralta; Nova Tendências para o tratamento de resíduo industrial contendo espécies organocloradas. Departamento de Química - Universidade Federal do Paraná - CP 19081 - 81531-990 - Curitiba – PR