



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
FACULDADE DE GEOLOGIA

Gabriela Cavalcante Marques

**Sistema de Tratamento de Efluentes Sanitários na Mina do Sossego,
Canaã dos Carajás, Pará**

Belém – PA

2014

Gabriela Cavalcante Marques

**SISTEMA DE TRATAMENTO DE EFLUENTES SANITÁRIOS NA
MINA DO SOSSEGO, CANAÃ DOS CARAJÁS, PARÁ.**

Monografia apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Lato Sensu* do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará – UFPA, em cumprimento às exigências para obtenção do grau de Especialista Gestão Hídrica e Ambiental.

Área de concentração: Educação Ambiental

Orientador: Prof. Dr. Raimundo Netuno Nobre Villas.

Belém – PA

2014

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação(CIP)

M357s Marques, Gabriela Cavalcante

Sistema de tratamento de efluentes sanitários na Mina do Sossego,
Canaã dos Carajás, Pará / Gabriela Cavalcante Marques – 2014

34 f. : il.

Orientador: Raimundo Netuno Nobre Villas

Monografia (Especialização em Gestão Hídrica e Ambiental) –
Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Faculdade de
Geologia, Programa de Pós-Graduação *Lato Sensu* à Distância em Gestão
Hídrica e Ambiental, Belém, 2014.

1. Resíduos industriais – Canaã dos Carajás (PA). 2. Monitorização
ambiental - Canaã dos Carajás (PA). I. Título.

CDD 22. ed.: 363.7285098115

Gabriela Cavalcante Marques

Sistema de Tratamento de Efluentes Sanitários na Mina do Sossego, Canaã dos Carajás, Pará.

Monografia apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Lato Sensu* do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará – UFPA, em cumprimento às exigências para obtenção do grau de Especialista em Gestão Hídrica e Ambiental.

Área de concentração: Educação Ambiental.

Data de aprovação: 06/01/2014

Conceito: Excelente

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Raimundo Netuno Nobre Villas - Orientador
Doutor em Geologia
Universidade Federal do Pará

Prof. Dr. Evaldo Raimundo Pinto da Silva - Membro
Doutor em Geologia
Universidade Federal do Pará

Prof. Dr. Carlos Marcello Dias Fernandes - Membro
Doutor em Geociências
Universidade Federal do Pará

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Romão José e Maria do Socorro Marques, pelos ensinamentos, incentivos e por estarem presentes em todos os momentos da minha vida com amor, amizade e orações. Sou eternamente grata a vocês pelo apoio incondicional.

Especialmente ao Paulo Júnior, meu querido, pelos pequenos e grandes mimos, pela ilimitada paciência e incentivos. Por me consolar, dizer a palavra de consolo, com surpreendente franqueza e ainda me fazer rir. Obrigada por ser o melhor companheiro em todos os momentos.

Ao professor Dr. Raimundo Netuno Villas e MSc. José Fernando Pina de Assis, pelas orientações, que, com sabedoria, competência e simplicidade, me auxiliaram em todas as etapas deste estudo, contribuindo de forma significativa para o meu crescimento profissional e pessoal.

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência de algumas Estações Compactas de Tratamento de Efluente (ECTE) sanitário, que estão implantadas na mina do Sossego em Canaã dos Carajás-PA, bem como verificar o padrão de tratamento dos efluentes nelas gerados. Estas estações são constituídas de caixa de gradeamento, caixa de inspeção, biofossa, biofiltro e caixa cloradora. As características das ECTE's investigadas foram descritas, assim como os procedimentos de manutenção e da operação do sistema de descontaminação. No período de monitoramento, de abril a agosto de 2013, as ECTE's, submetidas a tratamento biológico (micro-organismos anaeróbios), apresentaram eficiências (> 60 %) que atendem à legislação vigente quanto à disposição dos dejetos no meio ambiente, estando a atividade mineradora, nesse aspecto, conforme os preceitos de sustentabilidade ambiental.

Palavras-chave: Tratamento de efluente sanitário, eficiência, monitoramento.

ABSTRACT

This study aimed the evaluating both the efficiency and level of treatment of the effluents generated in a few compact treatment plants for sanitary effluents that were installed in the Sossego mine, Canaã dos Carajás, Pará state. These plants consist of railing box, watch box, septic tank, biofilter and chlorination box. All investigated plants were described, as well as the procedures of maintenance and operation of the decontamination system. From April to August, 2013, these plants, subjected to biological treatment (anaerobic micro-organisms), were monitored and showed efficiencies greater than 60 % which meet the current legislation as far as the waste disposal in the surrounding environment is concerned. As such, the Sossego mining activity conforms to the environmental sustainability precepts.

Keywords: Treatment of sanitary effluents, efficiency, monitoring.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	Localização da cidade de Canaã dos Carajás – PA.....	11
Figura 2	Vista panorâmica da mina do Sossego.....	11
Figura 3	Localização das ECTE's na Mina do Sossego.....	12
Figura 4	Coleta de amostras de efluentes sanitários.....	14
Figura 5	Frascos utilizados na coleta de efluentes sanitários.....	14
Figura 6	Lay Out para instalação de uma ECTE.....	18
Figura 7	Sistema para realização da limpeza e manutenção com acessos.....	20
Figura 8	Dados médios da eficiência das várias ECTE's monitoradas entre abril e julho de 2013.....	29
Figura 9	Resultados das análises para a bactéria <i>Escherichia coli</i> das ECTE's monitoradas entre abril e julho de 2013.....	30
Figura 10	Resultados das análises para coliformes totais das ECTE's monitoradas entre abril e julho de 2013.....	30

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Demandas Quantitativas Estimadas da mina do Sossego.....	22
Tabela 2	Resultados do monitoramento de efluentes sanitários das ECTE's no mês de Abril/2013.....	23
Tabela 3	Resultados do monitoramento de efluentes sanitários das ECTE's no mês de Maio/2013.....	24
Tabela 4	Resultados do monitoramento de efluentes sanitários das ECTE's no mês de Junho/2013.....	25
Tabela 5	Resultados do monitoramento de efluentes sanitários das ECTE's no mês de Julho/2013.....	26
Tabela 6	Quadro geral da eficiência das ECTE's em relação às exigências legais.....	28
Tabela 7	Resultados das análises bacteriológicas das ECTE's monitoradas nos meses de abril e maio/2013.....	28
Tabela 8	Resultados das análises bacteriológicas das ECTE's monitoradas nos meses de junho e julho/2013.....	29

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	OBJETIVO	12
3	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	13
4	REVISÃO DA LITERATURA	15
4.1	Processo de Tratamento e qualidade de efluentes	15
4.1.1	Tratamentos Preliminares.....	15
4.1.2	Tratamento Primário.....	16
4.1.3	Tratamento Secundário.....	16
4.1.4	Tratamento Terciário.....	16
4.2	Impacto Ambiental	16
4.3	Benefícios da Estação Compacta de Tratamento de Efluentes Sanitários	17
4.3.1	Etapas do Tratamento de Estação Anaeróbica.....	19
4.3.2	Operação e Manutenção da ECTE.....	19
5	RESULTADOS	22
5.1	Critérios e Parâmetros de Quantificação de Efluentes Sanitários	22
5.2	Cálculo da Eficiência	23
6	CONCLUSÕES	31
	REFERÊNCIAS	32
	ANEXO	34

1. INTRODUÇÃO

De acordo com a Norma Brasileira — NBR 9800/1987, efluente líquido industrial é o despejo líquido proveniente da instalação industrial, compreendendo emanções de processo industrial, águas poluídas, águas pluviais poluídas e esgoto doméstico (PEREIRA, 2013).

A Estação Compacta de Tratamento de Efluentes (ECTE) Sanitários é um sistema modular para tratamento biológico de águas servidas (efluente). Sua aplicação é recomendada para residências, edifícios e condomínios, indústrias (carga orgânica de refeitórios e banheiros), parques, casas de praia, chácaras, sítios, fazendas e todas as situações em que não haja atendimento por uma rede pública de esgoto.

Algumas estações disponíveis no mercado realizam tratamento de caráter biológico, associando etapas anaeróbias e aeróbias, por meio das quais ocorre a descontaminação do efluente.

A carga orgânica contida na água servida é removida pela ação de micro-organismos eficientes (coliformes totais e *Escherichia coli*), eliminando patógenos que podem causar doenças e contaminar o lençol freático por infiltração no solo. A ação desses micro-organismos permite que a água devolvida ao meio ambiente recupere sua transparência, não apresentando turbidez ou odores e não oferecendo riscos à saúde e à natureza. Essa água assim tratada pode mesmo ser armazenada e reutilizada para fins não potáveis como descarga em vasos sanitários, lavagem de piso e veículos, regas de jardim, etc.

Em relação ao tratamento de efluentes sanitários, o grande volume gerado torna necessário o desenvolvimento de novas técnicas que visem à remoção, recuperação ou eliminação dos elementos contaminantes, contribuindo desta forma para a preservação do ecossistema.

A legislação vigente e a conscientização ambiental fazem com que algumas indústrias desenvolvam atividades para quantificar a vazão e determinar a composição dos resíduos líquidos industriais. A vazão dos efluentes líquidos industriais é relacionada com o tempo de funcionamento de cada linha de produção e com as características do processo, da matéria-prima e dos equipamentos, podendo ser constante ou bastante variada. Desse modo, é preciso quantificar e caracterizar os efluentes para evitar danos ambientais, demandas legais e prejuízos à imagem da indústria perante a sociedade (PEREIRA, 2013).

Na Figura 1, temos a localização do município de Canaã dos Carajás na região Sudeste do Estado do Pará, com latitude de 6°26'49"S e longitude 50°52'42"W.

Figura 1 – Localização do município de Canaã dos Carajás – PA.



Fonte: Google Maps, 2013.

O município de Canaã dos Carajás, onde está localizada a mina de cobre de Sossego (Figura 2), na Província Mineral de Carajás, estado do Pará, tem como sede uma cidade ainda em construção, em plena floresta amazônica.

Figura 2 – Vista panorâmica do complexo industrial da Mina do Sossego.



Fonte: Google Maps, 2013.

2. OBJETIVO

Este trabalho teve como objetivo a apresentação do quantitativo, a operação, a manutenção e avaliação da eficiência das oito estações anaeróbias de tratamento de efluentes implantadas na mina de Cu-Au do Sossego (Figura 3), com latitude de 6° 26'S e longitude 50° 4'W.

Figura 3 – Localização das ECTE's da mina do Sossego.



Fonte: Google Maps, 2013.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Todas as etapas do desenvolvimento desta monografia foram subsidiadas por conceitos e informações obtidos na literatura, com ênfase nas Estações Compactas de Tratamento de Efluentes Sanitários.

Para a realização deste estudo foram feitas quinze visitas à mina do Sossego, no período de fevereiro a agosto de 2013, ocasião em que foram monitoradas oito ECTE's das áreas administrativas (Figura 3), pois são nelas que se constatou maior número de usuários contribuindo para a geração de efluentes sanitários.

A coleta de dados foi sempre acompanhada pelos operadores das ECTE's anaeróbicas, os quais forneceram as informações necessárias sobre o procedimento de manutenção do sistema e meios para avaliar a sua eficiência via o monitoramento dos efluentes sanitários seguindo aos padrões de Resolução CONAMA 430/2011.

A quantificação do volume de efluentes sanitários foi feita com base nos dados de pessoas atendidas pelas ECTE's existentes na área da mina do Sossego.

As amostras de efluentes foram coletadas na saída das ECTE's (Figura 4) e encaminhadas em frascos, devidamente identificados (Figura 5), dentro de uma caixa de isopor com gelo a fim de manter temperatura de aproximadamente 15° C até a entrada no laboratório BIOAGRI. Os parâmetros físico-químicos analisados foram DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio), DQO (Demanda Química de Oxigênio), fósforo total, óleos e graxas, nitrogênio amoniacal, nitrato, nitrito e materiais sedimentáveis. Os micro-organismos analisados foram *Escherichia coli* e coliformes totais, seguindo a Resolução CONAMA 430/2011 (padrão de lançamento de efluentes).

Figura 4 – Coleta de amostras de efluentes sanitários.



Fonte: Marques, 2013.

Figura 5 – Frascos utilizados na coleta de efluentes sanitários.



Fonte: Marques, 2013.

O monitoramento do efluente sanitário foi realizado no período de abril a agosto do ano de 2013, para avaliar a eficiência das ECTE's em estudo.

4. REVISÃO DA LITERATURA

A história recente do saneamento revela uma diversificação de tecnologias de tratamento de esgotos nunca antes imaginada. São vários os processos capazes de tratar, separadamente ou em associação a outros, as mais complexas águas residuárias. Nesse contexto, a busca por soluções simplificadas e extremamente eficientes é incessante, já que a tendência dos padrões de lançamento de efluentes é tornar-se mais restritiva (SILVA, 2009).

A tecnologia dos reatores, desenvolvida na década de 1970, tem sido estudada, aceita e disseminada no país há vários anos, principalmente devido às condições climáticas favoráveis. Inicialmente criado para tratamento de efluentes industriais, o reator (produzido em fibra de vidro de alta resistência química e mecânica) se mostrou perfeitamente aplicável ao tratamento de esgotos. O reator anaeróbio mais utilizado em sistemas de tratamento de esgotos, sua configuração atual apresenta uma série de vantagens econômicas, como baixo custo de implantação, consumo de energia e demanda por área, bem como na versatilidade em aplicações de pequeno e grande porte (SILVA, 2009).

4.1 Processos de Tratamento e a Qualidade de Efluentes

Os processos de tratamento de efluentes sanitários visam a reduzir a emissão de substâncias poluentes na atmosfera, solo ou corpos d'água. A qualidade do efluente sanitário a ser lançado no meio ambiente dependerá do grau de tratamento a que foi submetido e da exigência para seu uso.

O processo de tratamento dos efluentes sanitários normalmente é classificado em preliminar, primário, secundário e terciário, conforme o nível de tratamento efetuado.

4.1.1 Tratamentos Preliminares

Predominam processos físicos de remoção de componentes e referem-se basicamente à remoção de sólidos grossos e areia. Esses processos envolvem o uso das seguintes unidades: grade, desarenadores e peneiramento.

4.1.2 Tratamento Primário

Visa à remoção de sólidos sedimentáveis e parte da matéria orgânica. O efluente, após passar pelo tratamento preliminar, contém ainda sólidos em suspensão e sólidos flutuantes, a maior parte dos quais é removida no tratamento primário por meio de decantadores.

4.1.3 Tratamento Secundário

Trata da eliminação biológica da matéria orgânica dissolvida e em suspensão. O processo tem como finalidade acelerar os mecanismos de degradação, que ocorrem naturalmente na natureza. Essa decomposição biológica pode ser por processo aeróbio ou anaeróbio. Existe uma grande variedade de métodos de tratamento para o nível secundário, sendo que os mais comuns são lagoas de polimento e de estabilização, lodos ativados, filtro biológico e tratamento anaeróbio.

4.1.4 Tratamento Terciário

Refere-se à remoção de componentes específicos e complementa a remoção de componentes pelo tratamento secundário, podendo utilizar lagoa de maturação, cloração, ozonização, sistema *wetlands*, etc. Os principais componentes removidos pelo processo terciário são os compostos não biodegradáveis, os organismos patogênicos, os metais pesados, os sólidos inorgânicos dissolvidos e os sólidos em suspensão remanescentes (CETESB, 2009).

4.2 Impacto Ambiental

Na implantação e operação de indústrias, é importante considerar que a utilização do potencial dos recursos hídricos (energia, transporte, matéria-prima, etc.) é um benefício inquestionável e único, mas precisa ser acompanhada do uso racional da água. Para tanto, são fundamentais a redução e o controle do lançamento de efluentes industriais no meio ambiente, como uma das formas de cooperação e participação no desenvolvimento sustentável. Cabe ao

setor industrial a responsabilidade de minimizar ou evitar que o processo produtivo acarrete impactos ambientais (Efluentes Industriais, 2013).

O lançamento indevido de efluentes industriais de diferentes fontes ocasiona modificações nas características do solo e da água, podendo poluir ou contaminar o meio ambiente. A poluição ocorre quando esses efluentes modificam o aspecto estético, a composição ou a forma do meio físico, enquanto o meio é considerado contaminado quando existir a mínima ameaça à saúde de homens, plantas e animais (Efluentes Industriais, 2013).

As estações anaeróbias de tratamento de efluentes caracterizam-se basicamente pela ausência de fase aerada no processo de tratamento.

O princípio de tratamento é totalmente biológico e anaeróbio, ou seja, a degradação do esgoto ocorre por meio de bactérias anaeróbias. Essas estações são compostas basicamente por reatores anaeróbios (biofossa) seguidos de filtros biológicos anaeróbios, sem uso de nenhum equipamento elétrico acoplado ao sistema. Uma das grandes vantagens do sistema é que essa característica possibilita redução de custos de funcionamento, operação e manutenção da ECTE, bem como possibilita menor investimento na aquisição destas.

4.3 Benefícios da Estação Compacta de Tratamento de Efluentes Sanitários

Dentre as várias vantagens das ECTE's, citam-se:

- 1- Tratam as águas servidas no próprio local de sua geração;
- 2- Apresentam eficiência acima de 90% de remoção de DBO (demanda bioquímica de oxigênio);
- 3- São construídas de plástico atóxico em módulos e podem ser ampliadas com o crescimento da demanda;
- 4- Seus componentes são estanques e resistentes a trincas e vazamentos (problema comum em fossas e filtros de cimento);
- 5- São de instalação e manutenção simples, não requerendo alvenaria nem obras complexas;
- 6- Apresentam eficiência muito superior à dos sistemas de concreto;
- 7- Atendem às normas da ABNT NBR 7229/93 e NBR 13969/97 bem como à legislação ambiental dos Estados e Municípios; e

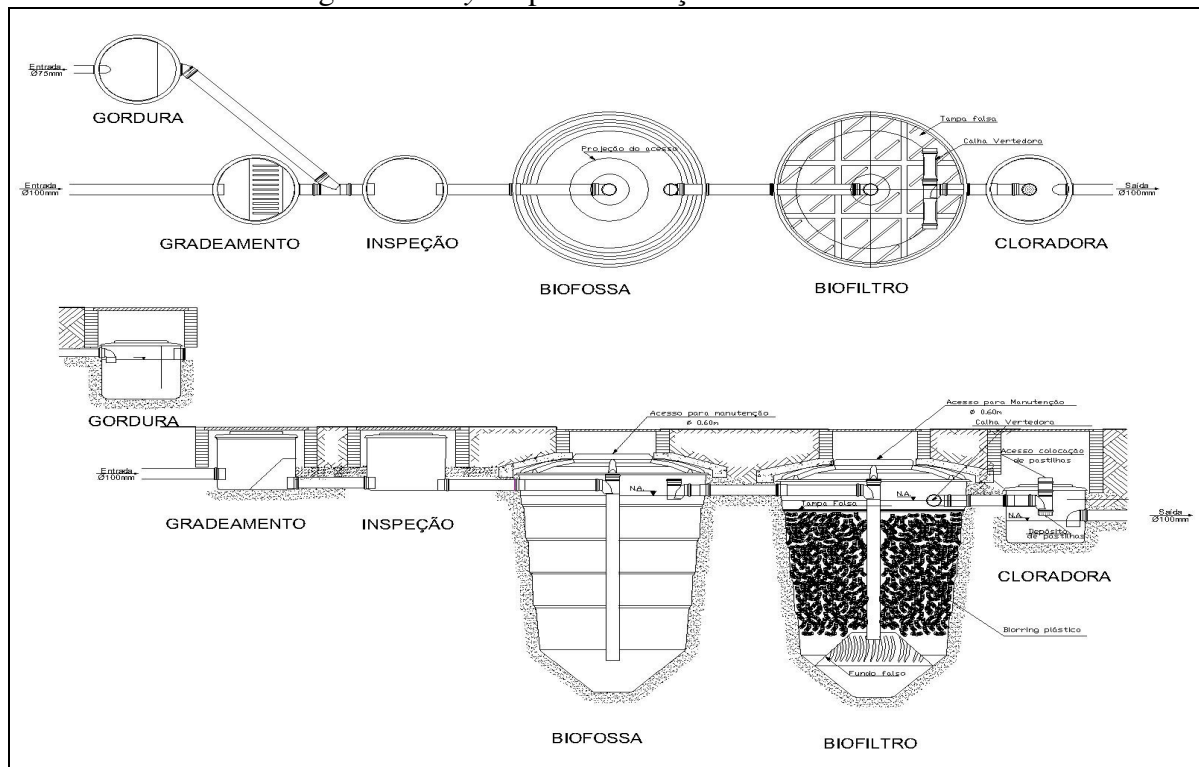
- 8- A água tratada resultante pode ser lançada em corpos d'água ou infiltrada diretamente no solo.

Sistemas - Os diversos módulos que compõem os vários sistemas são fornecidos em diferentes tamanhos e são dimensionados de acordo com o número de usuários e sua contribuição diária, conforme as normas da ABNT citadas.

Os equipamentos são totalmente estanques e herméticos, produzidos em fibra de vidro de alta resistência química e mecânica, atendendo a todas as especificações das normas vigentes. As resinas poliéster utilizadas são específicas para atender ao que determina o item 5.2 da NBR 7229/93 e 4.1.3 da NBR 13969/97 principalmente no que se refere à resistência ao ataque químico de substâncias contidas no esgoto afluente ou geradas no processo de digestão dos esgotos (Estações de tratamento de esgoto anaeróbias, 2013).

Na sequência, é apresentado o *layout* do sistema anaeróbico de tratamento de efluentes (Figura 6).

Figura 6 – *Layout* para instalação de uma ECTE.



Fonte: Marques, 2013.

4.3.1 Etapas do Tratamento de Estação Anaeróbia

São as seguintes as etapas de tratamento dos efluentes:

- 1) Entrada do efluente por um difusor, com quebra de sólidos e redução da velocidade do fluxo, evitando-se a turbulência do material já depositado.
- 2) No tanque séptico ocorre a decantação dos materiais pesados, que se depositam no fundo, e a flutuação dos leves na parte superior. Esta separação leva à formação de uma estratificação com uma região de lodo ao fundo, uma região de depuração no centro e uma área de materiais flutuantes na superior. Passagem do efluente pelo filtro anaeróbio onde ocorre o tratamento pela sua filtração lenta por meio do processo de colmatagem do geotêxtil contido no sistema e subsequente descolmatagem bacteriana.
- 3) O efluente tratado poderá, então, infiltrar-se no solo, ser coletado e conduzido a um corpo receptor ou ser reaproveitado para uso em lavagem de pisos e veículos, rega de jardins, descarga em vasos sanitários ou reuso industrial. A eficiência do sistema é da ordem de 90 a 96% (DBO – demanda bioquímica de oxigênio).

4.3.2 Operação e manutenção da ECTE:

- Caixa de Gradeamento

A limpeza deve ser realizada mensalmente e o operário deverá estar utilizando equipamento de proteção individual (luvas, máscara, óculos, botas e capacetes) adequados para recolher o material, acondicioná-lo em tambores com auxílio de pás; após o recolhimento o tambor deverá ser identificado e encaminhado ao Centro de Material Descartado (CMD).

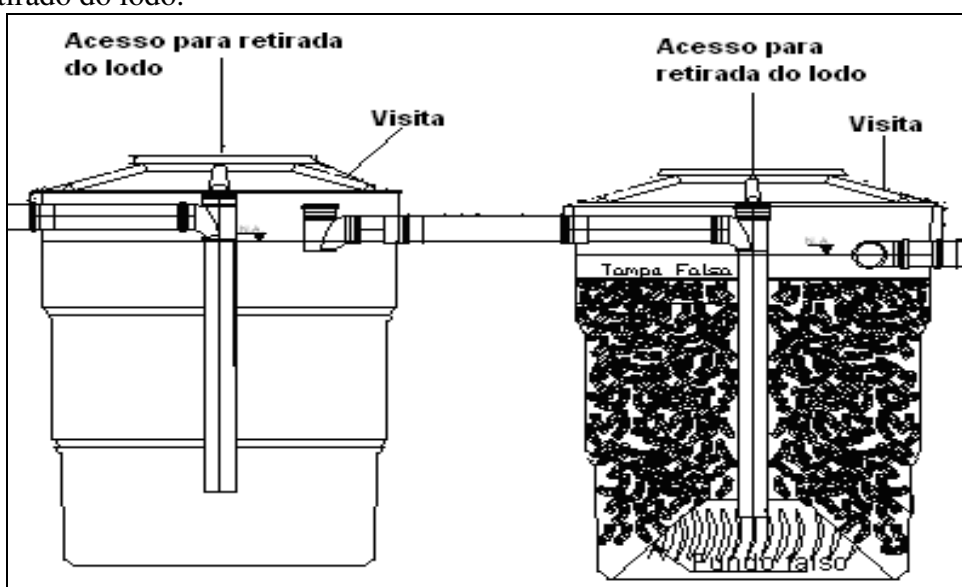
- Caixa de desarenamento ou desarenadora

A limpeza deve ser realizada quinzenalmente e o operário deverá estar utilizando equipamento de proteção individual (luvas, máscara, óculos, botas e capacetes) adequados para recolher o material, acondicioná-lo em tambores com auxílio de pás; após o recolhimento o tambor deverá ser identificado e encaminhado ao Centro de Material Descartado (CMD).

- Tanque de Biofossa e Tanque de Biofiltro

A limpeza deve ser realizada mensalmente com auxílio de caminhão limpa-fossa. O funcionário responsável pela manutenção deverá iniciar o processo de retirada do lodo pela tubulação de PVC, inserindo o mangote do caminhão limpa-fossa até o fundo do tanque (Figura 7) e nunca pela área de visita. Caso a limpeza seja feita pela visita será retirado o efluente tratado, já que o sistema é de fluxo ascendente (Manual de operação, 2013).

Figura 7 – Sistema para realização da limpeza e manutenção com acessos para retirado do lodo.



Fonte: Marques, 2013.

Os filtros biológicos são sistemas aeróbios, pois o ar circula nos espaços vazios entre os eletrólitos, fornecendo o oxigênio para a respiração dos micro-organismos. A distribuição é movida pela própria carga hidrostática dos efluentes.

- Sistema de Desinfecção por Cloração

A desinfecção dos esgotos deve ser considerada quando se pretende reduzir os riscos de transmissão de doenças infecciosas, principalmente quando o contato humano, direto ou indireto, com as águas contaminadas, é provável de ocorrer.

Os efluentes sanitários contêm inúmeros compostos e as reações na desinfecção são variadas, dependendo principalmente das substâncias orgânicas e inorgânicas, resultantes do

processo de depuração alcançado no efluente, e do agente desinfetante. Segundo JORDÃO e PESSOA (1991), as substâncias encontradas nos esgotos sanitários que mais interferem na cloração são substâncias orgânicas nitrogenadas, aromáticas, certos metais e sulfetos.

Segundo RICHTER & AZEVEDO NETTO (1991), os motivos do uso de cloro para desinfecção devem-se aos seguintes fatores:

- Facilidade de obtenção do produto nos estados gasoso, líquido ou sólido;
- Baixo custo operacional com manutenção;
- Aquisição de pastilhas de cloro;
- Facilidade para aplicação em virtude da alta solubilidade;
- Facilidade para detecção dos resíduos em solução; e
- Capacidade letal para a maioria dos micro-organismos patogênicos.

5. RESULTADOS

5.1 Critérios e Parâmetros de Quantificação de Efluentes Sanitários

A Tabela 1 apresenta os volumes de efluentes gerados nas diversas unidades do Complexo do Sossego, tendo como base o número de funcionários estimado em cada local e uma geração *per capita* de efluente igual a 70 litros por dia. Considerou-se, ainda, para a geração de efluentes do restaurante, decorrentes do preparo de refeições e higienização desse ambiente, um índice unitário igual a 25 litros por refeição por dia.

Tabela 1 – Demandas quantitativas estimadas das ECTE's da mina do Sossego.

Unidade	Nº de Pessoas	Volume de Efluente	
		m ³ /dia	m ³ /mês
Litoteca	35	2,5	75
Almoxarifado	18	1,3	39
Centro de Material Descartado (CMD)	150	10,5	315
Escritório	30	2,1	63
Oficina	307	21,5	645
Moagem	392	27,4	822
Central	525	36,8	1104
Refeitório Central	2000 refeições	50,0	1500
TOTAL		152,1	4563

Fonte: Marques, 2013.

Os índices unitários de geração de efluentes tanto do restaurante como o *per capita* tiveram como referência as normas NBR 7229 e NBR 13.969 da ABNT. A geração *per capita* igual a 70 litros por dia baseou-se na atividade de ocupantes temporários de fábricas em geral, cuja higiene pessoal inclui o banho no local após a jornada de trabalho. Tendo em vista a Tabela 1, observa-se que a mina gera aproximadamente 152,1 m³/dia de efluentes sanitários.

5.2 Cálculo da Eficiência

A DBO é utilizada para indicar o grau de poluição de um esgoto, ou seja, um índice de concentração de matéria orgânica por uma unidade de volume de água residuária. A medição da DBO é padronizada, seguindo a Resolução CONAMA 430/2011.

Com os resultados da DBO das ECTE's da mina do Sossego (Tabela 2), foram obtidos os resultados das eficiências, conforme equação 1.

$$\text{Eficiência (\%)} = 100 - [(\text{DBO}_{(S)} \cdot 100) / \text{DBO}_{(E)}] \quad \text{eq. (1)}$$

*DBO_(E): Resultado da DBO da entrada do efluente, amostra coletada no início da ECTE.

*DBO_(S): Resultado da DBO na saída, ou seja, amostra coletada no final da ECTE.

O resultado do monitoramento de efluente do mês de abril mostra que as estações apresentaram a eficiência maior que 70%. Contudo, a ECTE da Moagem na primeira quinzena apresentou valores de DBO_(E) bastante elevados em relação às demais estações (Tabela 2), devido à presença de graminhas e folhas secas que alteram os teores de matéria orgânica.

Tabela 2 – Resultados do monitoramento de efluentes sanitários dos pontos mapeados no mês de abril/2013.

ECTE	1ª quinzena		2ª quinzena		DBO (Limite)	Eficiência (Limite)
	DBO	Eficiência	DBO	Eficiência		
Litoteca (E)	1953,0	98,8%	404,0	92,3%	120	60 %
Litoteca (S)	24,0		31,0		120	
Almoxarifado (E)	183,0	97,7%	602,0	99,4%	120	60 %
Almoxarifado (S)	4,3		3,7		120	
CMD (E)	89,0	76,4%	79,0	72,2%	120	60 %
CMD (S)	21,0		22,0		120	
Escritório (E)	407,0	90,9%	320,0	85,6%	120	60 %
Escritório (S)	37,0		46,0		120	

Oficina (E)	221,0	94,1%	212,0	89,2%	120	60 %
Oficina (S)	13,0		23,0		120	
Moagem (E)	4055,0	99,6%	206,0	70,9%	120	60 %
Moagem (S)	18,0		60,0		120	
Central (E)	221,0	94,1%	212,0	72,6%	120	60 %
Central (S)	13,0		58,0		120	
Restaurante (E)	2220,0	83,2%	1732,0	78,8%	120	60 %
Restaurante (S)	373,0		368,0		120	

Fonte: Marques, 2013.

Legenda: (E) Amostra coletada na entrada do sistema; (S) Amostra coletada na saída.

Após a realização do segundo monitoramento mensal (maio/2013), a ECTE do Almoarifado apresentou baixa eficiência, sendo intensificada a operação de manutenção do sistema; na segunda quinzena, a eficiência aumentou para 98,5%, conforme a Tabela 3. As demais estações apresentaram eficiência acima de 60%, atendendo aos padrões de lançamento de efluentes.

Tabela 3 – Resultados do monitoramento de efluentes sanitários dos pontos mapeados no mês de maio/2013.

ECTE	1ª quinzena		2ª quinzena		DBO (Limite)	Eficiência (Limite)
	DBO	Eficiência	DBO	Eficiência		
Litoteca (E)	1744,0	99,4%	425,0	98,0%	120	60 %
Litoteca (S)	10,0		8,7		120	
Almoarifado (E)	208,0	55,8%	204,0	98,5%	120	60 %
Almoarifado (S)	92,0		3,0		120	
CMD (E)	198,0	92,9%	284,0	91,9%	120	60 %
CMD (S)	14,0		23,0		120	
Escritório (E)	574,0	95,8%	565,0	95,6%	120	60 %
Escritório (S)	24,0		25,0		120	
Oficina (E)	242,0	73,6%	167,0	71,3%	120	60 %

Oficina (S)	64,0		48,0		120	
Moagem (E)	1733,0	98,6%	285,0	90,5%	120	60 %
Moagem (S)	24,0		27,0		120	
Central (E)	248,0	61,3%	242,0	73,6%	120	60 %
Central (S)	96,0		64,0		120	
Restaurante (E)	3103,0	86,1%	1993,0	87,0%	120	60 %
Restaurante (S)	432,0		260,0		120	

Fonte: Marques, 2013.

Legenda: (E) Amostra coletada na entrada do sistema; (S) Amostra coletada na saída.

No monitoramento referente ao mês de junho/ 2013 (Tabela 4), a ECTE da Litoteca apresentou eficiência de 99,9 %. As demais estações apresentaram eficiência acima de 60%, atendendo aos padrões de lançamento de efluentes.

Tabela 4 – Resultados do monitoramento de efluentes sanitários dos pontos mapeados no mês de junho/2013.

Localização	1ª quinzena		2ª quinzena		DBO (Limite)	Eficiência (Limite)
	DBO	Eficiência	DBO	Eficiência		
Litoteca (E)	18113,0	99,9%	625,0	97,1%	120	60 %
Litoteca (S)	14,0		18,0		120	
Almoxarifado (E)	503,0	64,2%	711,0	78,5%	120	60 %
Almoxarifado (S)	180,0		153,0		120	
CMD (E)	307,0	90,9%	664,0	96,7%	120	60 %
CMD (S)	28,0		22,0		120	
Escritório (E)	488,0	95,1%	429,0	92,6%	120	60 %
Escritório (S)	24,0		32,0		120	
Oficina (E)	158,0	73,4%	209,0	76,6%	120	60 %
Oficina (S)	42,0		49,0		120	
Moagem (E)	340,0	92,9%	504,0	90,9%	120	60 %
Moagem (S)	24,0		46,0		120	

Central (E)	142,0	95,6%	377,0	78,0%	120	60 %
Central (S)	6,3		83,0		120	
Restaurante (E)	1087,0	98,8%	975,0	96,7%	120	60 %
Restaurante (S)	13,0		32,0		120	

Fonte: Marques, 2013.

Legenda: (E) Amostra coletada na entrada do sistema; (S) Amostra coletada na saída.

No monitoramento referente ao mês de julho/2013 (Tabela 5), todas as estações analisadas apresentaram bons resultados.

Tabela 5 – Resultados do monitoramento de efluentes sanitários dos pontos mapeados no mês de julho/2013.

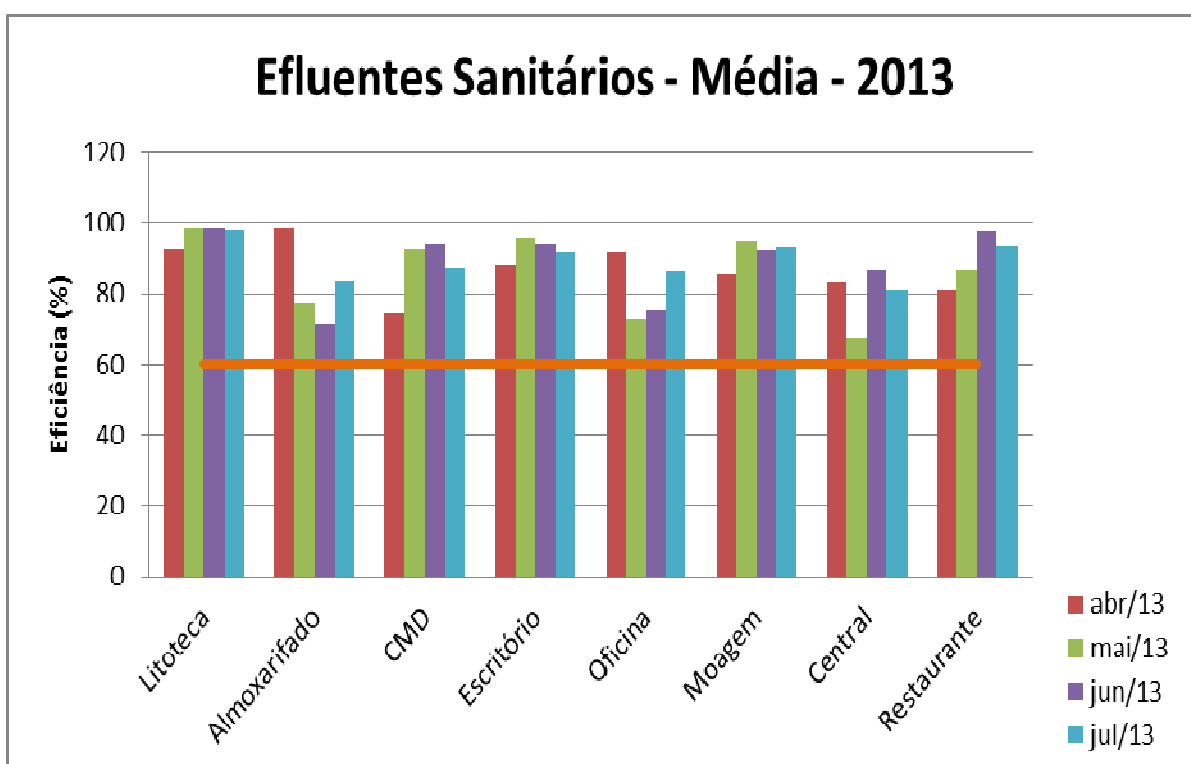
Localização	1ª quinzena		2ª quinzena		DBO (Limite)	Eficiência (Limite)
	DBO	Eficiência	DBO	Eficiência		
Litoteca (E)	1969,0	97,0%	679,0	99,4%	120	60 %
Litoteca (S)	59,0		4,0		120	
Almoxarifado (E)	306,0	83,9%	438,0	83,3%	120	60 %
Almoxarifado (S)	49,0		73,0		120	
CMD (E)	159,0	81,8%	255,0	92,5%	120	60 %
CMD (S)	29,0		19,0		120	
Escritório (E)	100,0	87,0%	672,0	95,8%	120	60 %
Escritório (S)	13,0		28,0		120	
Oficina (E)	162,0	87,7%	288,0	84,7%	120	60 %
Oficina (S)	20,0		44,0		120	
Moagem (E)	279,0	92,8%	611,0	93,3%	120	60 %
Moagem (S)	20,0		41,0		120	
Central (E)	245,0	77,6%	288,0	84,7%	120	60 %
Central (S)	55,0		44,0		120	
Restaurante (E)	1103,0	91,6%	1987,0	95,1%	120	60 %
Restaurante (S)	92,0		97,0		120	

Fonte: Marques, 2013.

LEGENDA: (E) Amostra coletada na entrada do sistema; (S) Amostra coletada na saída.

Para visualização geral da eficiência de cada sistema, foi elaborado um gráfico com a média mensal (Figura 8). A ECTE da área da Litoteca apresentou excelente resultado ao longo do monitoramento em estudo, sendo considerada a ECTE modelo do sistema de tratamento anaeróbico na mina do Sossego.

Figura 8 – Dados médios da eficiência das várias ECTE's monitoradas entre abril e julho de 2013.



Fonte: Marques, 2013.

De acordo com a Figura 8, a ECTE que apresentou melhor resultado em relação à eficiência foi da área do Almoxarifado no mês de abril, enquanto que a ECTE Central apresentou baixa eficiência no mês de maio.

Tabela 6 – Quadro geral da eficiência das ECTE's em relação às exigências legais.

Estação Compacta de Tratamento de Efluente – ECTE				
ITENS DE ANÁLISES	Abr/13	Mai/13	Jun/13	Jul/13
ECTE em conformidade em relação ao total	8	7	8	8
% ECTE com Eficiência - Atendimento Legal	100%	98,43%	100%	100%
Nº ECTE que não verteu o mês todo.	0	0	0	0
TOTAL DE ECTE	8	8	8	8

Fonte: Marques, 2013.

Nos meses de abril, junho e julho, todas as ECTE's apresentaram 100% de eficiência, porém no mês de maio ela baixou para 98,43% refletindo o monitoramento da primeira quinzena da ECTE do Almojarifado, que acusou eficiência inferior a 60%, caracterizando o não atendimento limite dos padrões de lançamento de efluentes (Tabela 6).

Análises Bacteriológicas

Para as análises bacteriológicas não há valores máximos permitidos pelo CONAMA 430/2011 de 13 de Maio de 2011, Artigo 16 (padrão de lançamento de efluentes).

Nas tabelas 7 e 8 são apresentados os resultados do monitoramento bacteriológico da *E. coli* e coliformes totais no período de abril a julho/2013.

Tabela 7 – Resultados das análises bacteriológicas das ECTE's monitoradas nos meses de abril e maio/2013.

Localização	ABRIL		MAIO	
	<i>E. coli</i> (NMP/100mL)	Coliformes Totais (NMP/100mL)	<i>E. coli</i> (NMP/100mL)	Coliformes Totais (NMP/100mL)
Litoteca	102	114	134	203
Almojarifado	108	193	198	285

CMD	275	312	422	560
Escritório	290	310	560	589
Oficina	108	123	259	285
Moagem	676	789	710	722
Central	1571	1835	808	922
Restaurante	1554	1597	1343	1384

Fonte: Marques, 2013.

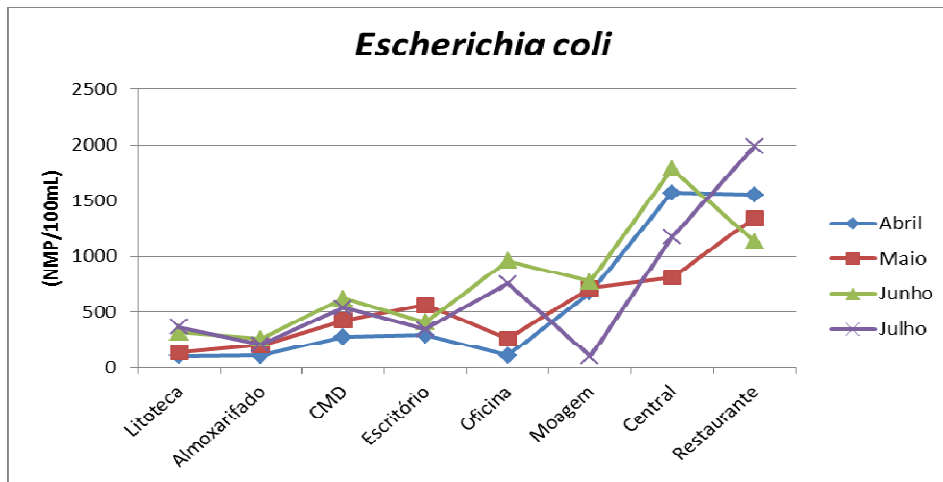
Tabela 8 – Resultados das análises bacteriológicas das ECTE's monitoradas nos meses de junho e julho/2013.

Localização	JUNHO		JULHO	
	<i>E. coli</i> (NMP/100mL)	Coliformes Totais (NMP/100mL)	<i>E. coli</i> (NMP/100mL)	Coliformes Totais (NMP/100mL)
Litoteca	318	374	361	361
Almoxarifado	256	310	209	290
CMD	620	641	534	587
Escritório	404	478	344	356
Oficina	960	964	753	769
Moagem	769	811	100	153
Central	1786	1895	1170	1189
Restaurante	1132	1267	1987	1989

Fonte: Marques, 2013.

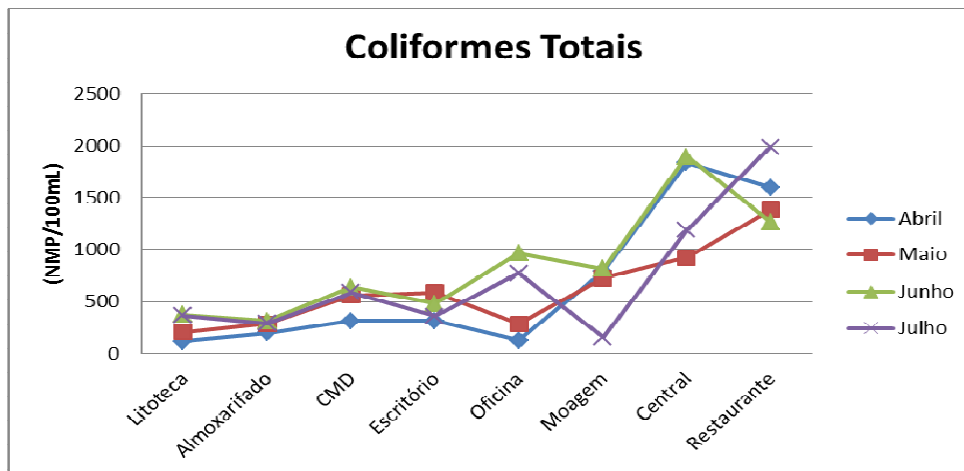
Conforme as tabelas 7 e 8, as ECTE's Central e Restaurante apresentaram as maiores concentrações de coliformes totais e de *E. coli* devido não só ao maior volume de efluente gerado no período de abril a julho/2013, mas também à maior diversidade de pessoas que frequentaram esses locais.

Figura 9 – Resultados das análises para a bactéria *Escherichia coli* das ECTE's monitoradas entre abril e julho de 2013.



Fonte: Marques, 2013.

Figura 10 – Resultados para análises de coliformes totais das ECTE's monitoradas entre abril e julho de 2013.



FONTE: Marques, 2013.

O aumento no NMP de coliformes totais (Figura 9) e *E. coli* (Figura 10) foi evidente na ECTE do restaurante com resultados próximos aos da ECTE do Almojarifado.

A ECTE da Moagem apresentou uma redução significativa na concentração desses micro-organismos no mês de julho comparado com os demais pontos (Figura 9 e 10), refletindo a manutenção que foi realizada no final do mês de junho, ocasião na qual foi removido o lodo nos reatores biofossa e biofiltro.

CONCLUSÕES

As Estações Compactas de Tratamento de Efluentes implantadas na Mina do Sossego foram projetadas para atendimento à legislação ambiental. Elas possuem baixo custo, boas eficiências, operação e manutenção simples, e não consomem energia elétrica.

O monitoramento constante destas ECTE's é fundamental para a sua boa operação, principalmente a entrada de efluentes industriais, que poderá influenciar negativamente no sistema de tratamento anaeróbio.

De todas as oito ECTE's escolhidas para acompanhamento, apenas a ECTE do Almojarifado apresentou resultado inferior a 60 % na eficiência na primeira quinzena do mês de maio/2013, devido a influências externas com presença de graminhas no reator anaeróbico.

Estes dados demonstram que o sistema implantado atende as normas da legislação ambiental vigente e aos requisitos de sustentabilidade exigidos para instalação industrial da mineração.

REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7229: Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. Rio de Janeiro, 1993.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13969: Tanques sépticos: Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos: Projeto, construção e operação. Rio de Janeiro, 1997.

CETESB – COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. Tratamento de Esgoto. Disponível em: <<http://www.infoescola.com/geografia/tratamento-de-esgoto/>>. Acesso em: 28 jun. 2013.

CHERNICHARO C. A. L. Reatores anaeróbios. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG, 1997, 246 p. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, vol. 5.

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. Resolução No 357, de 17 de março de 2005.

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. Resolução No 430, de 13 de maio de 2011.

Estação Compacta de Tratamento de Efluentes. Disponível em: <http://www.rotogine.com.br/site/?page_id=675>. Acesso em: 04 jan. 2013.

Efluentes Industriais. Disponível em: <http://www.cimm.com.br/portal/material_didatico/3669-efluentes-industriais>. Acesso em: 02 jul. 2013.

Estações de tratamento de esgoto Anaeróbias. Disponível em: <<http://www.deltasaneamento.com.br/pagina/estacoes-de-tratamento-de-esgoto-anaerobias>>. Acesso em: 21 out. 2013.

Google Maps. Disponível em: <<https://maps.google.com/>>. Acesso em: 24 out. 2013.

JORDÃO, E. P. e PESSÔA, C. A. Tratamento de esgotos domésticos. Rio de Janeiro: ABES, 3. ed. 1995.

KOBATA T. R. P., GUIMARÃES J. R, e FILHO B. C. –Desinfecção de Efluentes Sanitários para fins produtivos na Agricultura, Aquicultura e Hidroponia: Cloro e UV.

PEREIRA, J. A. R . GERAÇÃO DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS E CONTROLE AMBIENTAL. Disponível em: <<http://www.desenvolvimento.gov.br/arquivo/secex/sti/indbrasopodesafios/saber/josealmirfinal.pdf>>. Acesso em: 02 ago. 2013.

RITCHER, C.A., AZEVEDO NETTO, J.M. Tratamento de água – tecnologia atualizada, São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda.,1991.

SILVA, C. V. A. *REMOÇÃO DE FÓSFORO EM ESTAÇÃO COMPACTA DE TRATAMENTO DE ESGOTOS SANITÁRIOS ATRAVÉS DE PRECIPITAÇÃO QUÍMICA*. 2009. 109 f. Dissertação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2009.

ANEXO

As análises foram realizadas conforme a última versão do Standard Methods.

DESCRIÇÃO DO ENSAIO	UNIDADE	NORMA E/OU PRODIMENTO
Determinação de DBO	mg/L	POP PA 001 / SMEWW 5210 B
Determinação de DQO	mg/L	POP PA 002 / SMEWW 5220 D
Determinação de Nitrato	mg/L	POP PA 161 / SMEWW 4500-NO3 H
Determinação de Nitrito	mg/L	POP PA 161 / USEPA 354.1
Determinação de óleos e graxas	mg/L	POP PA 017 / SMEWW 5520 B
Determinação de sólidos sedimentáveis	mg/L	POP PA 004 / SMEWW 2540-F
Determinação de coliformes	NMP/100mL	POP PA 040 / SMEWW 9223 A e B

Fonte: Laboratório Bioagri Ambiental Ltda, 2013.