



Avaliação da qualidade física, química e biológica do efluente da ETE de um resort, seguindo o preconizado pelas legislações vigentes sobre emissão de efluentes.

Isabela Natasha Pinheiro Teixeira¹, Naiane Kelly dos Santos Lima², Luiz Carlos Nunes da Silva³, Marcus Vinícius Andrade⁴, Adriana Guimarães Costa⁵

¹Graduada em Tecnologia em Gestão Ambiental – IFCE. e-mail: belita_tganut@hotmail.com

²Graduada em Tecnologia em Gestão Ambiental – IFCE. e-mail: naianekellys@gmail.com

²Graduando em Tecnologia em Gestão Ambiental – IFCE. e-mail: luizsrh@yahoo.com.br

²Mestrando do Programa de Pós-graduação em Gestão Ambiental - IFCE. Bolsista do CNPq, e-mail: marcusviniciusan@gmail.com

³Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil - UFC. e-mail: engedri@yahoo.com.br

Resumo: As mais variadas formas de tratamento de efluentes e suas diversas vantagens e desvantagens, propiciam uma emissão de esgotos no ambiente de distintas características quanto a sua carga poluidora, portanto o presente artigo teve como objetivo realizar um diagnóstico da qualidade do efluente de uma ETE, a qual trata esgoto condominial, seguindo os seguintes aspectos: físicos, químicos e biológicos, de maneira a avaliar o atendimento ou não dos padrões de lançamento estabelecidos pela Resolução CONAMA N°430/11(altera e complementa a Resolução 357/05) e Portaria da SEMACE N°154/02, bem como propor eventuais ajustes ao tratamento de maneira a garantir o atendimento aos padrões de lançamento de efluentes. Trata-se de uma pesquisa de levantamento de dados, os quais foram avaliados os resultados obtidos com as análises laboratoriais do referido efluente. Após toda a análise chegou-se aos seguintes resultados: praticamente todos os parâmetros obedeceram aos limites preconizados pelas legislações vigentes, ou seja, o tratamento aplicado na ETE é eficiente e possui credibilidade. Concluindo-se que o efluente é de boa qualidade e supostamente não causa impactos ao ambiente local. Porém algumas sugestões foram feitas com o intuito de contribuir para aumentar a eficácia da ETE em questão.

Palavras-chave: água residuária, efluente, reator aerado, reator UASB, tratamento de esgoto.

1. INTRODUÇÃO

O acelerado processo de urbanização pelo qual o Brasil tem passado contribuiu para o rápido aumento do número de habitantes nas cidades. Esse processo de crescimento e expansão ocorreu sem um planejamento urbano adequado, o que levou a uma crise urbana sem precedentes. Esta crise relaciona-se, principalmente, com a contaminação dos mananciais superficiais e subterrâneos em razão do inadequado atendimento de serviços de saneamento, como a falta de esgotamento sanitário, o que vem acarretando vários impactos no ambiente urbano (REANI e SEGALLA, 2006).

De acordo com, Madeira (2010) a eficiência, a qualidade e a universalidade dos serviços de saneamento básico são de fundamental importância para a qualidade de vida da população, uma vez que esse setor tem impactos diretos sobre a saúde pública, o meio ambiente e o desenvolvimento econômico de um país. Neste contexto, a disponibilidade e a eficiência dos sistemas de tratamento de esgotos, o qual é um dos serviços de saneamento básico, se fazem necessárias, pois permitem que os efluentes previamente tratados cheguem ao corpo receptor com suas características no padrão de aceitabilidade preconizados na legislação vigente para lançamentos de efluentes.

Partindo-se da necessidade de se tratar os resíduos líquidos, vários sistemas de tratamento foram elaborados. Segundo von Sperling (1996) os esgotos podem ser tratados através dos processos aeróbios, tais como: de lagoas aeróbia, aerada e maturação, que são sistemas operacionais simples, porém necessitam de grandes áreas para sua instalação; os lodos ativados, sistema mais complexo, requer uma elevada capacitação para a sua operação; os filtros biológicos de baixa carga (biofilmes) tem sua eficiência comparável aos lodos ativados, e possui um sistema operacional simplificado; e processos anaeróbios de tratamento, tais como: lagoa anaeróbia, que possuem um sistema operacional simples, porém demandam extensas áreas; fossa séptica- filtro anaeróbio, e reator anaeróbio de manta de lodo (UASB), o primeiro é usado em áreas de pequeno porte, remove a maior parte dos sólidos em suspensão, porém há uma desvantagem nesse processo, por ser um sistema anaeróbio, há o risco da



geração de maus odores; o segundo possui um fluxograma operacional simplificado, porém uma desvantagem é a geração de maus odores podendo ser reduzida se o projeto for bem elaborado.

As diversas características favoráveis dos processos anaeróbios, como o baixo custo, simplicidade operacional e baixa produção de sólidos, aliadas às condições ambientais no Brasil, com elevadas temperaturas, têm contribuído para a colocação dos sistemas anaeróbios de tratamento de esgotos em posição de destaque, particularmente os reatores de manta de lodo (UASB). (CHERNICHARO et al., 1997)

Apesar das vantagens que os sistemas anaeróbios apresentam, segundo Rissoli e Bernardes (2005) outro aspecto importante é que os reatores UASB não atendem a todos os padrões de lançamento exigidos pela legislação pertinente e, portanto, necessitam de um pós-tratamento complementar. Chernicharo et al. (1997) afirma que o principal papel do pós-tratamento é o de completar a remoção da matéria orgânica, bem como de proporcionar a remoção de constituintes pouco afetados no tratamento anaeróbio (nutrientes e patogênicos).

As principais alternativas para o pós-tratamento são: lagoa de polimento, que tem por vantagem a remoção de organismos patogênicos, porém tem como desvantagem a grande concentração de algas que são formadas no efluente dessa lagoa; filtro biológico percolador que é um sistema aeróbio caracterizado por ser uma forma natural de controlar a proliferação microbiana, além de ser um sistema simples e de baixo custo operacional; filtro biológico aerado submerso realiza a remoção de compostos orgânicos solúveis e de partículas em suspensão, além de servir de meio suporte para os microrganismos; filtro anaeróbio tem por vantagem a redução da DBO, ou seja, é capaz de remover matéria orgânica de forma complementar ao UASB, além de reduzir os custos energéticos e operacionais do tratamento; flotação por ar dissolvido apresenta a vantagem de remover sólidos em suspensão, assim como nutrientes, e uma parcela da matéria orgânica dissolvida, pode proporcionar redução dos teores de gases odoríferos e eleva o nível de oxigênio dissolvido, resultando assim num efluente de elevada qualidade; dentre outros sistemas. (CHERNICHARO, 2007)

Portanto, o artigo teve por objetivo realizar um diagnóstico da qualidade do efluente de uma ETE, a qual trata esgoto condominial, seguindo os seguintes aspectos: físicos, químicos e biológicos, de maneira a avaliar o atendimento ou não dos padrões de lançamento estabelecidos pela Resolução CONAMA N°430/11 (altera e complementa a Resolução 357/05) e Portaria da SEMACE N°154/02, bem como propor eventuais ajustes ao tratamento de maneira a garantir o atendimento aos padrões de lançamento de efluentes.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo: O efluente analisado nesta pesquisa é proveniente de uma estação de tratamento de esgoto (ETE), a qual trata o efluente de um Resort localizado no município de Aquiraz (Porto das Dunas) - Fortaleza, litoral oeste do estado do Ceará (ETE Resort).

Caracterização da área de estudo, tipo de tratamento: A ETE Resort foi projetada para atender a demanda de 108 apartamentos divididos em 18 blocos, os quais estão distribuídos em um terreno cuja área é de 17mil m². A estação não tem vazão fixa, pois os condôminos utilizam seus apartamentos como um empreendimento, ou seja, não são moradores fixos, apenas vão ao Resort em alguma época do ano, como: férias, finais de semana, reveillon etc.

O tratamento conferido ao esgoto é por processo biológico utilizando um sistema em série composto por dois reatores UASB (manta de lodo), seguido por dois reatores aerados (flotação por ar dissolvido). O funcionamento dos reatores não é contínuo (24 horas todos os dias), devido a sua baixa frequência de uso, portanto operam em batelada (recirculação do efluente).

A estação é composta por uma caixa grade, uma caixa de areia, por um poço de lodo digerido e estação elevatória, um tanque para preparos químicos, dois locais para tratamento dos gases, dois reatores UASB (com capacidade para 22,5m³), dois reatores aerados (com capacidade para 20m³) e um tanque de contato (ver Figura 1).

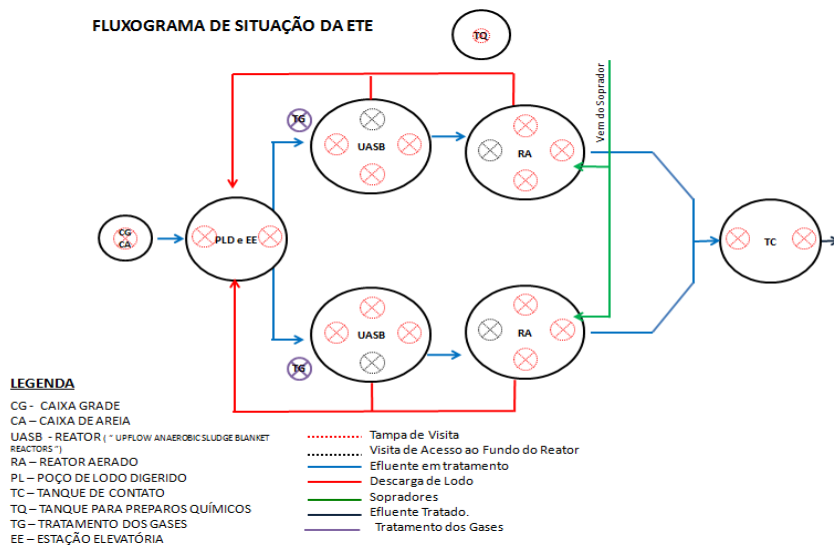


Figura 1 - Fluxograma de Situação da ETE Resort.

Funcionamento e operação da ETE Resort: A ETE Resort é dividida em duas fases: uma operacional e outra automatizada. A fase operacional é de checagem, ou seja, os operadores observam se há algum vazamento, se todas as descargas estão ligadas de acordo com a sequência de funcionamento, se há odor sendo emanado etc. A fase automatizada é aquela realizada pela própria estação por meio de equipamentos e dispositivos (reatores, bombas elevatórias, tanque de contato etc). A estação tem a seguinte sequência de funcionamento: o efluente que sai da caixa grande e da caixa de areia é transportado para o poço de lodo digerido (descarga de efluente), o qual também funciona como estação elevatória que bombeia o efluente até os reatores UASB. Chegando nestes ocorre o tratamento anaeróbico, depois a água residuária é encaminhada por gravidade para os reatores aerados (flotação por ar dissolvido), e começa o tratamento aerobicamente. Após este o efluente segue para um tanque de contato, onde receberá a dosagem de cloro para a desinfecção, terminada essa etapa o efluente tratado é disposto no solo.

Ponto de amostragem e responsável pela coleta: As coletas foram feitas no tanque de contato, por um funcionário da empresa ACQUANALYSIS responsável pelas coletas (coletador).

Período, frequência de amostragem e procedimentos de coleta: A amostragem ocorreu nos meses de março, maio, julho, setembro e novembro de 2011, com frequência de um dia de coleta por mês. Após a análise de temperatura, pH e cloro residual, as quais são feitas *in loco*, as amostras coletadas foram transportadas para os laboratórios de análises físicas, químicas e microbiológicas da empresa ACQUANALYSIS sendo acondicionadas em temperatura entre 4 e 10°C. As análises restantes foram feitas pelos analistas da empresa já citada, e os dados com os referentes resultados foram cedidos pela mesma.

Os parâmetros analisados (pH, temperatura, materiais sedimentáveis, materiais flutuantes, sólidos em suspensão, substâncias solúveis em hexano, DQO, DBO, cloro residual, sulfato, sulfeto e coliformes termotolerantes) seguiram a metodologia do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21ª. Edição, 2005 (APHA *et al.*, 2005).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As características limnológicas, as quais englobaram os parâmetros pH e temperatura mostraram pouca distinção dos valores ao longo dos meses analisados. A Portaria 154/02 da SEMACE atribui para pH um intervalo entre 6 a 10 e para a temperatura valores menores que 40°C. Observando-se a Figura 2 é possível evidenciar que os resultados obtidos encontraram-se dentro do preconizado pela legislação estadual vigente. Em relação à Resolução 430/11 do CONAMA, os dados obtidos também se enquadraram no exigido, a qual prevê valores entre 5 e 9 para pH, e menores que 40°C para temperatura.

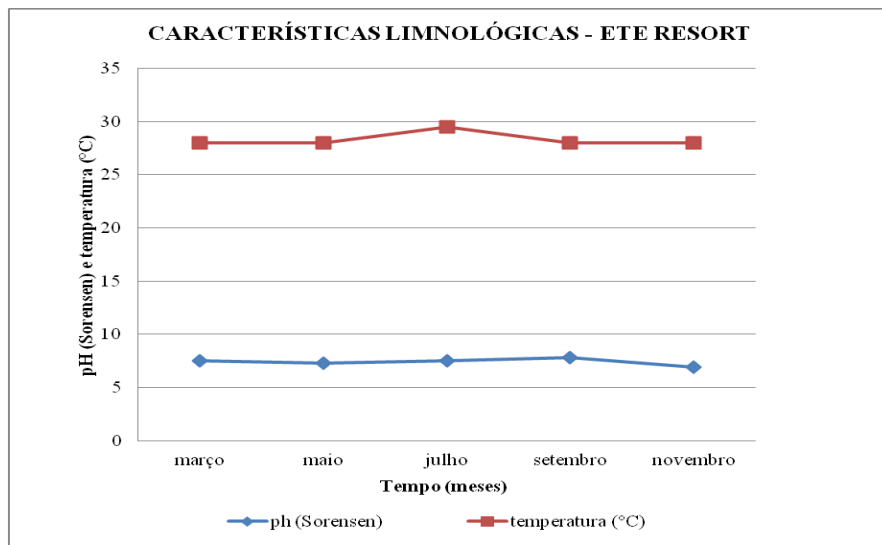


Figura 2 – Análise gráfica das características limnológicas do efluente da ETE Resort.

De acordo com Chernicharo (2007) a temperatura no interior do reator anaeróbico, no caso, UASB, deve encontrar-se na faixa de 30° a 35°C, pois esta é a temperatura ótima de crescimento dos microrganismos anaeróbios, porém no caso do tratamento de esgotos domésticos essas temperaturas não são atingidas precisamente, ou seja, dependendo da região oscilam entre 20 a 26°C (PROSAB, 1999). Percebe-se que o estado do Ceará por ser uma região de clima tropical sua temperatura aproxima-se mais do intervalo ótimo de crescimento das bactérias anaeróbias, tendo por base essa situação, foi verificado pela análise que a temperatura do sistema levando em consideração todas as etapas aproximou-se do resultado ideal, o que sugere uma otimização do tratamento de uma forma geral, tendo em vista esse parâmetro.

O pH deve ser conservado sempre acima de 6,2, preferencialmente, entre 6,8 a 7,2 (CHERNICHARO, 2007). Pode-se observar que o pH ultrapassou um pouco esses valores ideais nos meses de março a setembro, oscilando entre 7,3 a 7,8, e em novembro o pH ficou entre a faixa sugerida (6,9), por ser um sistema que opera com reator anaeróbico e aeróbico em série, o CO₂ que é formado no UASB proveniente da anaerobiose das bactérias chega ao reator aerado e há uma “competição” entre o O₂ e o CO₂, o O₂ acaba predominando, e esse oxigênio disponível favorece o aumento do pH.

As características físicas envolveram os sólidos em suspensão, materiais flutuantes e materiais sedimentáveis. Dentre estes parâmetro o que mais oscilou foi o de sólidos em suspensão. Tal variação ocorreu, também, entre os meses de julho a novembro para os materiais sedimentáveis. Os materiais flutuantes se mantiveram ausentes em todos os meses analisados, conforme apresentado na Figura 3. A Portaria 154/02 da SEMACE confere o valor de até 1,0mL em teste de 1 hora em Cone Imhoff para materiais sedimentáveis; ausência de materiais flutuantes e 50mg/L para os sólidos em suspensão.

A Resolução 430/11 prevê, também, 1,0mL em teste de 1 hora em Cone Imhoff para materiais sedimentáveis, ausência de materiais flutuante, e eficiência mínima de remoção de 20%, após desarenação para sólidos em suspensão. Observou-se que os materiais flutuantes, assim como os materiais sedimentáveis ficaram em conformidade com o exigido pela Portaria, e com a Resolução, em contrapartida os sólidos em suspensão, no mês de março passou do limite permitido, sendo regularizado nos meses posteriores.

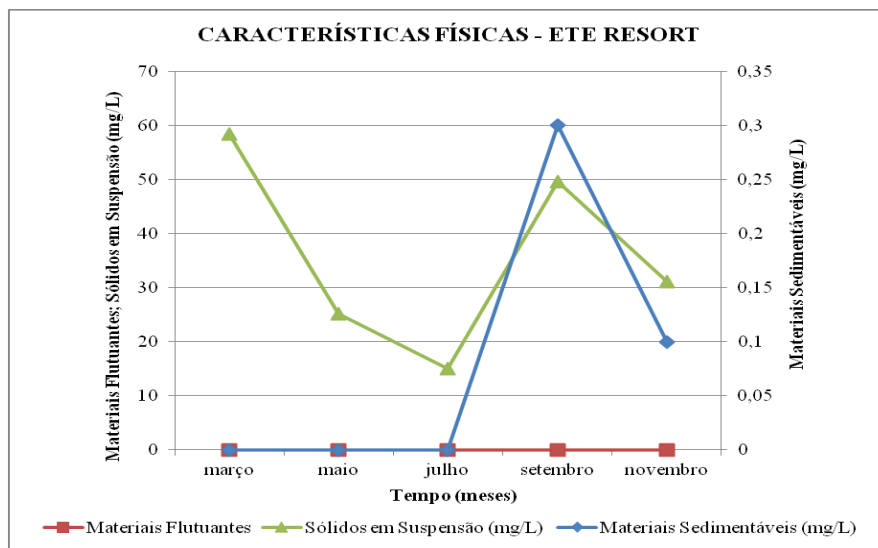


Figura 3 - Análise gráfica das características físicas do efluente da ETE Resort.

Chernicharo (2007) afirma que durante a operação de reatores anaeróbios de alta taxa deve-se ter o controle do tempo de detenção de sólidos, independentemente do tempo de detenção hidráulico (TDH), além de prevenir a acumulação de sólidos suspensos no reator, é importante que se estabeleçam condições que favoreçam o transporte de massa. Todos esses quesitos são atingidos pela correta implantação do reator, e se os procedimentos de partida e operação estiverem adequados. Em relação ao pós-tratamento por flotação, o mesmo proporciona remoção de sólidos suspensos. Levando-se em consideração o resultado obtido, os quesitos estabelecidos foram mantidos, o que conferiu positividade às análises.

O material oxidável reúne os seguintes parâmetros: Substâncias Solúveis em Hexano (óleos e graxas); DQO (Demanda Química de Oxigênio) e DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio). A Portaria 154/02 da SEMACE estabelece um limite de 50mg/L para as Substâncias Solúveis em Hexano, e a Resolução 430/11 do CONAMA prevê 100mg/L. Para a DQO, o primeiro dispõe um valor máximo de 200mg/L, enquanto que a segunda não avalia esse parâmetro isoladamente. Em relação a DBO, a Portaria da SEMACE limita o valor em 60mg/L para remoção de matéria orgânica para lançamento, e a Resolução CONAMA 120mg/L.

A Figura 4 apresenta os resultados obtidos para os parâmetros substâncias solúveis em hexano (óleos e graxas), DQO e DBO. Os resultados obtidos para substâncias solúveis em hexano (óleos e graxas) mostraram uma leve oscilação dentre os meses de maio a novembro, e o mês de março foi o que apresentou o maior valor. Todos os resultados ficaram dentro do limite para lançamento. A DQO resultou em valores bem distintos. Os meses de março e julho foram os que apresentaram os menores valores, e no mês de novembro houve um aumento expressivo na DQO. Apesar das grandes diferenças, todos também permaneceram dentro do limite proposto. A DBO mostrou resultados distintos, e no mês de março a DBO foi baixa, em contrapartida em novembro houve uma grande ascensão, porém todos os valores concentraram-se dentro do valor permitido para emissão no corpo receptor.

As bactérias dispersas no reator UASB estabilizam anaerobiamente o aporte de material orgânico o que acaba contribuindo para a eficiência na remoção de DBO (VON SPERLING, 1996), e em conjunto com o flotor por ar dissolvido conferem efluentes de excelente qualidade, já que este tem uma alta capacidade de remoção de DQO (CHERNICHARO, 2007).

Com relação às substâncias solúveis em hexano (óleos e graxas), as mesmas permaneceram baixas no último mês de análises, possivelmente pela menor contribuição de óleos (gordura) proveniente nessa água residuária, ou seja, o esgoto gerado apresentou maior características de águas cinzas (água de banho, por exemplo) e negras (proveniente de vasos sanitários, por exemplo). Como a quantidade de substâncias solúveis em hexano é reduzida, os problemas operacionais decorrentes da

não remoção ou remoção insuficiente de gordura, principalmente, nos reatores UASB, dificultaria a liberação dos gases formados em decorrência da espuma acumulada nos coletores de biogás, e isso exigiria dispositivos especiais para remoção periódica (CHERNICHARO, 2007).

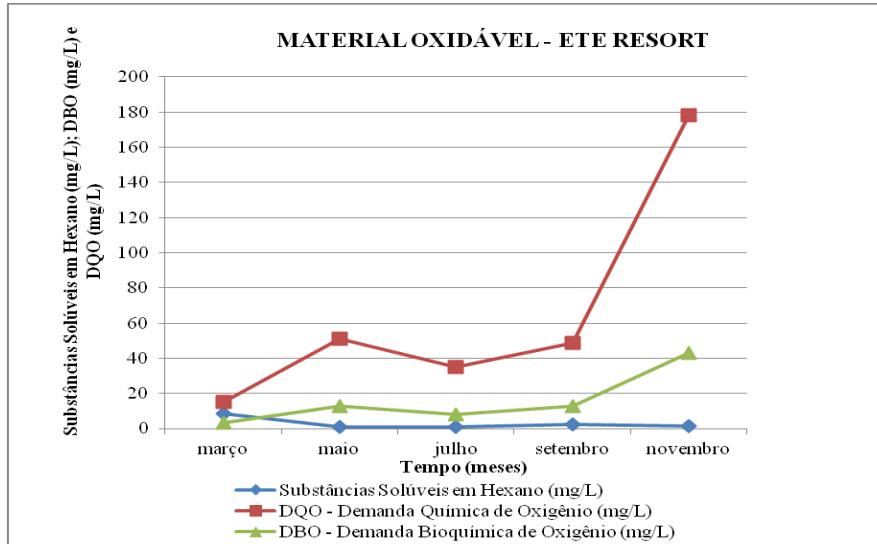


Figura 4 - Análise gráfica do material oxidável do efluente da ETE Resort.

Dentre os parâmetros analisados, o sulfato e o sulfeto total estão inseridos na classificação de micronutriente, e material inorgânico, respectivamente. A Portaria 154/02 da SEMACE dispõe de 1000mg $\text{SO}_4^{2-}/\text{L}$ de sulfato, e 1,0mg S/L de sulfeto total, bem como a Resolução 430/11 do CONAMA também para o parâmetro sulfeto total.

O sulfato foi o que mais oscilou. Nos meses de março e maio houve um aumento deste micronutriente, e um decréscimo nos meses posteriores. Já o sulfeto total apresentou maior estabilidade nos dados obtidos da análise. Todos ficaram dentro dos padrões permitidos para lançamento, conforme apresentado na Figura 5.

No sistema UASB (manta de lodo) como resultado dos processos de anaerobiose, gases são formados constantemente, principalmente metano e gás carbônico (VON SPERLING, 1996). Em decorrência dessa produção de gases, tais instalações de tratamento de esgotos sanitários podem gerar maus odores. Isso torna-se indesejável às suas vizinhanças, o que justifica a implementação de medidas de prevenção na sua produção, ou no tratamento dos gases formados. Os maus odores provêm de uma mistura de moléculas com enxofre (H_2S e mercaptanas), nitrogenadas (NH_3 e aminas), fenóis, aldeídos, álcoois, ácidos orgânicos. Dentre os gases produzidos os mais perceptíveis são os decorrentes dos compostos com enxofre (CHERNICHARO, 2007).

Na ETE Resort há um local reservado para o tratamento dos gases formados, este está localizado no reator UASB, através dos separadores trifásicos que possibilitam a coleta do biogás decorrente do processo de anaerobiose. A própria baixa disponibilidade de compostos sulfurados na água residuária tratada favorece na diminuição da síntese de gás sulfídrico (gerador de maus odores), sendo o gás formado em maior proporção o metano (biogás propriamente dito).

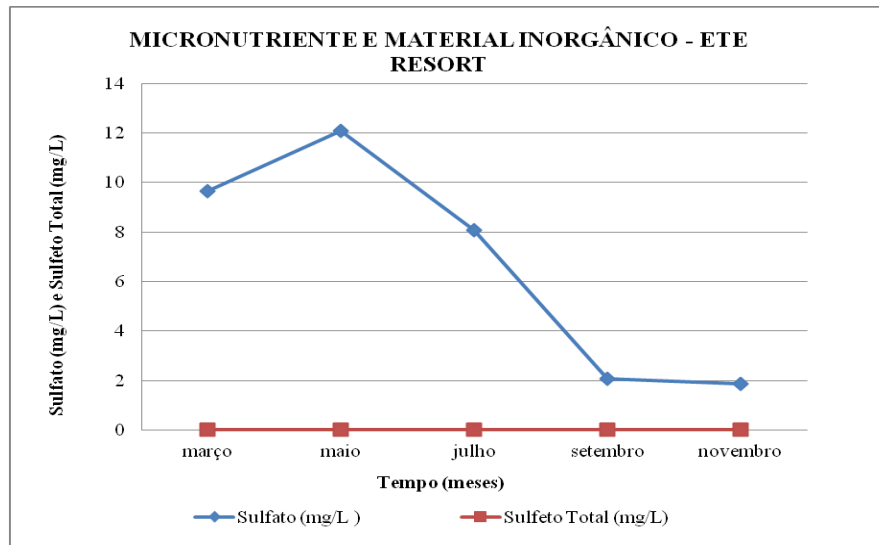


Figura 5 - Análise gráfica de micronutriente e de material inorgânico do efluente da ETE Resort.

Por fim foi feita a relação do cloro residual com os coliformes termotolerantes (fecais), a fim de ver a eficiência da desinfecção, a qual é realizada no tanque de contato. O cloro dosado neste é elaborado e ajustado seu pH no tanque para preparos químicos conforme apresentado na Figura 1.

A etapa de desinfecção, comumente é feita com a adição de cloro, que tem por finalidade eliminar microrganismos patogênicos, sendo requeridas elevadas doses, o que de certa forma aumenta os custos operacionais, em contrapartida se a remoção de matéria orgânica for elevada na etapa anterior a desinfecção, a dose de cloro requerida será menor. Há uma preocupação acerca da geração de subprodutos tóxicos a seres humanos, apesar do benefício gerado a nível de saúde pública, por remover os patógenos. Pensando nas vantagens e desvantagens que o residual clorado pode provocar é que se estabelece níveis baixos de cloro para essa etapa, como dispõe as legislações para lançamento de águas residuárias (CHERNICHARO, 2007).

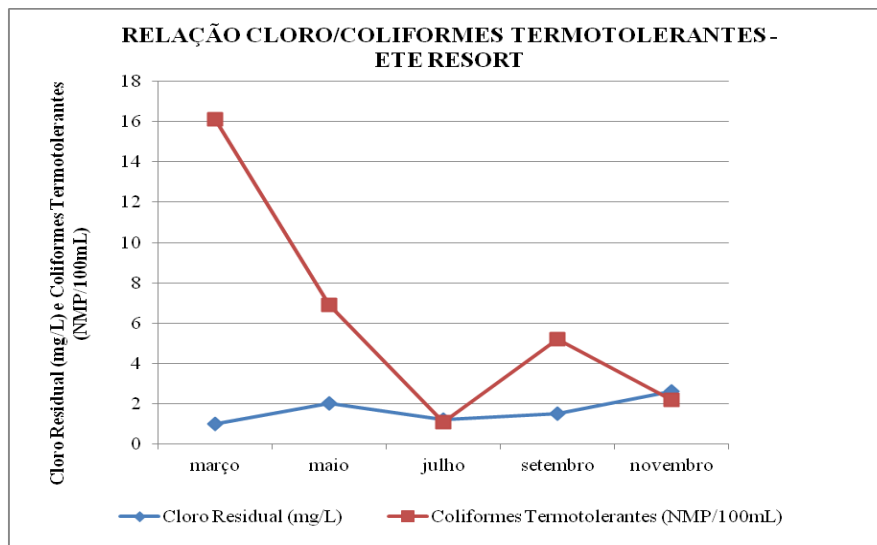


Figura 6 - Análise gráfica da relação entre cloro e coliformes fecais do efluente da ETE Resort.

A Portaria 154/02 da SEMACE limita a valores de 1,0mg/L e 5000NMP de CF/100mL para cloro residual e coliformes termotolerantes (fecais), respectivamente. A Resolução 430/11 do CONAMA dispõe de 1,0mg/L para o cloro residual e não avalia os coliformes termotolerantes. Nos dados obtidos foi observado que somente no primeiro mês analisado (março) o residual de cloro ficou



dentro do limite permitido, nos meses subsequentes houve um aumento dessa dosagem. Em relação ao número mais provável de colônias formadas de coliformes termotolerantes, de acordo com a Figura 6 é possível observar que em todos os meses os valores ficaram dentro do preconizado pela legislação vigente.

6. CONCLUSÕES

No contexto geral da Estação de Tratamento de Efluente avaliada no presente artigo, concluiu-se que o esgoto final tratado tem uma boa qualidade, enquadrando-se praticamente em todos os padrões requeridos para lançamento no ambiente. Somente o parâmetro de cloro residual não ficou dentro dos limites permitidos pelas legislações abordadas. Esse quesito poderia ser melhor trabalhado pelos operadores em conjunto com a empresa que faz o monitoramento da estação, com a finalidade de elaborar estratégias para reduzir a dosagem de cloro sem comprometer a eficiência do sistema, já que as outras etapas terão que ser avaliadas, nem apresentar-se oneroso.

7. REFERÊNCIAS

- BRASIL, MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução N° 430, de 13 de maio de 2011. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>. Acesso em: 24 de maio de 2012.
- CAMPOS, J. R. Tratamento de Esgotos Sanitários por Processo Anaeróbio e Disposição Controlada no Solo. 1. ed. Rio de Janeiro: Ed ABES, 1999. 200 p. : il. Projeto PROSAB.
- CEARÁ, SUPERINTENDÊNCIA ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE – SEMACE. Portaria N° 154, de julho de 2012. (DOE - 01.10.2002). disponível em: http://antigo.semace.ce.gov.br/integracao/biblioteca/legislacao/conteudo_legislacao.asp?cd=95. Acesso em: 24 de maio de 2012.
- CHERNICHARO, Carlos Augusto de Lemos. Reatores Anaeróbios. – 2. Ed. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG, 2007. 127 – 363p.
- CHERNICHARO, Carlos Augusto; ARAÚJO, Vera Lúcia; GONÇALVES, Ricardo Franci. Estudos Sobre O Pós-Tratamento de Efluentes de Reatores UASB Através de Biofiltros Aerados Submersos. In: Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 25, México, D.F, 27 nov. 1996. Disponível em: <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/aresidua/mexico/01414p04.pdf>. Acesso em: 14 de maio de 2012.
- MADEIRA, Rodrigo Ferreira. O Setor de Saneamento Básico no Brasil e as Implicações do Marco Regulatório para a Universalização do Acesso. Revista do BNDES, 33 de jun. 2010. P. 123-154. Disponível em: http://www.bndespar.com.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimen to/revista/rev3304.pdf. acessado em: 14 de maio de 2012.
- REANI, Regina Tortorella e SEGALLA, Renata. A Situação do Esgotamento Sanitário na Ocupação Periférica de Baixa Renda em Áreas de Mananciais: Consequências Ambientais no Meio Urbano. In: III Encontro da ANPPAS, 2006. Brasília-DF. Disponível em: http://scholar.googleusercontent.com/scholar?q=cache:UML_Lm8Fxx4J:scholar.google.com/+REANI+%26+SEGALLA,+2006&hl=pt-BR&as_sdt=0. Acesso em: 14 de maio de 2012.
- RISSOLI, César Augusto e BERNARDES, Ricardo Silveira. Estudo de Parâmetros Cinéticos do Reator UASB Tratando Esgoto Doméstico e Avaliação da Biodegradabilidade de seu Efluente. In: 23 ° Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2005. Disponível em: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/abes23/II-275.pdf>. Acesso em: 14 de maio de 2012.
- VON SPERLING, Marcos. Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos. 2. ed. – Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais; 1996. 169-209 p.