

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM SANEAMENTO E MEIO AMBIENTE

MONOGRAFIA DE FINAL DE CURSO

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE UMA ETE POR
LODOS ATIVADOS TRATANDO OS EFLUENTES
SANITÁRIOS DA MINA CAUÊ - ITABIRA - MG**

Vanessa Maria Neves Alves

Belo Horizonte
2012

Vanessa Maria Neves Alves

Avaliação do desempenho de uma ETE por Lodos Ativados tratando os efluentes sanitários da Mina Cauê - Itabira - MG

Monografia apresentada ao curso de Especialização de Saneamento e Meio Ambiente da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Saneamento e Meio Ambiente.

Área de concentração: Tratamento de Águas de Abastecimento e Residuárias

Orientador: Prof. Dr. Marcos von Sperling

Ao meu esposo Célio.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço ao meu Pai Eterno, Jeová Deus, a quem devo toda honra e glória e o sentido da minha existência;

Ao meu companheiro, amigo e amado esposo, Célio, que me apóia e compartilha das minhas alegrias e angústias, vitórias e derrotas, lágrimas e sorrisos;

Ao meu Professor orientador, Marcos von Sperling, pela inspiração, ensinamentos e tempo disponibilizado;

À minha mais nova eterna amiga Dani pelo convívio amigável, companheirismo, pelas milhares de gargalhadas, pelo seu altruísmo e pelo enorme carinho.

Às queridas Franciane, Ducilene e Mariana, pelo apoio.

Agradeço a todos que querem minha felicidade e que estão sempre ao meu lado.

Nós somos o que nós repetidamente fazemos.
Excelência, então, não é um ato, mas um hábito.

(Aristóteles)

RESUMO

O presente trabalho relata os resultados obtidos pelo monitoramento da qualidade dos efluentes sanitários após tratamento numa Estação que emprega o processo de Lodos Ativados, operando em regime intermitente. O sistema de tratamento encontra-se situado na Mina Cauê, no município de Itabira Minas Gerais, e trata os efluentes sanitários provenientes das áreas administrativas e industriais de uma mineradora de ferro de grande porte. A ETE Cauê teve sua partida em março de 2011, em substituição aos antigos sistemas de tratamentos por fossas sépticas/filtros anaeróbios que se encontravam subdimensionadas e ineficientes. Tal Estação possui capacidade para tratar 5 L/s de esgoto sanitário, sendo tratado atualmente aproximadamente 1 L/s, por se encontrar na vazão de início de projeto. As análises realizadas semanalmente, no período englobado pelos meses de março de 2011 a janeiro de 2012, comprovaram uma média de eficiência de remoção de DQO e de DBO de 81,1% e 81,7%, respectivamente. Os efluentes da ETE Cauê se enquadraram, em 96% dos resultados, aos padrões de lançamento estabelecidos nas legislações ambientais, Resolução CONAMA 430/2011 – âmbito federal -, e Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH 01/2008 – âmbito estadual -, para os parâmetros que comprovam a remoção de matéria orgânica - DBO e DQO. O tratamento de efluentes sanitários pelo processo de Lodos Ativos de Fluxo Intermitente mostrou-se bastante eficiente conforme descrito na literatura especializada.

Palavras-chave: Estação de Tratamento de Efluentes. Lodos Ativados. Monitoramento.

ABSTRACT

This paper reports the results obtained by monitoring the quality of wastewater after treatment in a plant which uses the Activated Sludge process, operating under intermittent loading. The treatment system is located in Mina Cauê, Itabira in the city of Minas Gerais, and treats wastewater from the industrial and administrative areas of the iron mining large. The ETE Cauê had its start up in March 2011, replacing the old systems of treatment per septic tanks/anaerobic filters that were undersized and inefficient. This plant has the capacity to treat 5 L/s of sewage, of which currently about 1 L/s are being treated during the initial operational period. The analyzes carried out weekly, encompassed the months of March, 2011 to January 2012, demonstrated an average efficiency of removal of COD and BOD of 81,1% and 81,7% respectively. The effluent of the Cauê WWTP complied in 96% of the results with the discharge standards set out in environmental legislation, CONAMA Resolution 430/2011 - the federal - and Joint Normative Deliberation COPAM / CERH 01/2008 - the state - for parameters that show the removal of organic matter - BOD and COD. The treatment of sewage sludge by the process of Intermittent Flow Activated Sludge proved to be very effective as described in the literature.

Key-words: Wastewater Treatment Plant. Activated Sludge. Monitoring.

SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

1 INTRODUÇÃO	15
2 OBJETIVOS	17
2.1 Objetivo Geral	17
2.2 Objetivos Específicos	17
3 REVISÃO DA LITERATURA	18
3.1 Tratamento de Águas Residuárias	18
3.2 Considerações sobre o tratamento por Lodos Ativados	19
3.3 Padrões Legais para o lançamento de Efluentes	25
4 METODOLOGIA	28
4.1 Área de Estudo	28
4.1.1 Descrição e localização dos pontos de monitoramento	29
4.1.2 – Descrição geral das Operações Unitárias e Processos Envolvidos	32
4.1.2.1 Tratamento Preliminar	32
4.1.2.2 Tratamento Biológico dos Efluentes.....	33
4.2 Monitoramento	38
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
5.1 Análise estatística do monitoramento	39
5.2 Condições de qualidade do lançamento dos efluentes e o enquadramento legal	45
5.3 Desempenho real da ETE comparado ao reportado pela literatura	50
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	52
REFERÊNCIAS	53
ANEXOS	55
APÊNDICE	57

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

CERH	Conselho Estadual de Recursos Hídricos do Estado de Minas Gerais
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
COPAM	Conselho Estadual de Política Ambiental
DN	Deliberação Normativa
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO	Demanda Química de Oxigênio
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
km	Quilômetro
km ²	Quilômetro Quadrado
mm	Milímetro
mL/L	Mililitro por Litro
mg/L	Miligrama por Litro
m ³ /s	Metros Cúbicos por Segundo
MG	Minas Gerais
NaClO	Hipoclorito de Sódio
RSB	Reator Sequencial em Batelada
UTM	Sistema Universal Transverso de Mercator
%	Porcentagem

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 – Representação esquemática um sistema de lodos ativados com operação intermitente.....	21
Figura 3.2 – Ciclo operacional do processo de operação intermitente.....	22
Figura 4.1 – Vista ETE Cauê.....	28
Figura 4.2 – Ponto de coleta – Entrada da ETE (ITA 72).....	30
Figura 4.3 – Ponto de coleta – Saída da ETE (ITA 73)	30
Figura 4.4 – Mapa com a área de representação dos pontos de coleta	31
Figura 4.5 – Tratamento Preliminar – Gradeamento e Calha Parshall.....	32
Figura 4.6 – Tratamento Preliminar – Caixas de Areia.....	33
Figura 4.7 – Tanque de Aeração em funcionamento.....	34
Figura 4.8 – Tanque de Aeração em repouso.....	34
Figura 4.9 – Fluxograma - ETE Cauê.....	37
Figura 5.1 – Concentrações Afluentes e Efluentes – DBO (mg/L).....	43
Figura 5.2 – Concentrações Afluentes e Efluentes – DQO (mg/L).....	44
Figura 5.3 – DBO afluente e efluente x Eficiência de remoção de DBO.....	45
Figura 5.4 – Vazão média mensal afluente da ETE Cauê x Precipitação média mensal....	46
Figura 5.5 – Vazão média diária afluente da ETE Cauê x Precipitação média diária.....	47
Figura 5.6 – DQO afluente e efluente x Eficiência de remoção de DQO.....	47
Figura 5.7 – Percentual de atendimento legal – Parâmetro DBO.....	48
Figura 5.8 – Percentual de atendimento legal – Parâmetro DQO.....	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 – Padrões para o lançamento de efluentes nos corpos receptores.....	26
Tabela 4.1 – Localização, coordenadas e nomes dos pontos de coletas.....	29
Tabela 4.2 – Ciclos do tratamento do efluente da ETE Cauê.....	35
Tabela 5.1 – Concentrações e Eficiências de DBO – ETE Cauê.....	40
Tabela 5.2 – Concentrações e Eficiências de DQO – ETE Cauê.....	41
Tabela 5.3 – Eficiência de Remoção de DBO e DQO - ETE Cauê.....	42
Tabela 5.4 – Série histórica de dados de qualidade dos efluentes da ETE Cauê tratados estatisticamente.....	42

1 INTRODUÇÃO

A atividade de mineração gera efluentes líquidos industriais e sanitários oriundos de diversas fontes, como banheiros sanitários, restaurantes, lavagens de pisos, peças e veículos, bem como da manutenção de equipamentos. Os efluentes gerados nestas fontes necessitam de prévio tratamento para posterior lançamento nos corpos hídricos receptores.

Apesar da maior parte dos efluentes líquidos das atividades de mineração ser gerada nas áreas industriais, em detrimento ao tratamento da matéria-prima, da manutenção e lavagem dos equipamentos, há uma considerável geração de efluentes sanitários das áreas administrativas.

A fim de que estes efluentes líquidos sanitários se enquadrem aos padrões legais estabelecidos nas legislações ambientais vigentes, tanto na esfera federal quanto estadual, a técnica escolhida para a realização do tratamento destes efluentes deve ser determinada de forma a atingir valores inferiores ao máximo permitido para seu lançamento nos corpos d'água, sem que venha a lhe causar prejuízos.

Esta escolha deve ser feita cuidadosamente, levando em consideração diversos critérios, tais como: característica do esgoto bruto, população contribuinte, disponibilidade de área e de mão-de-obra, custos de implantação, operação e manutenção, além dos gastos com energia elétrica e produtos químicos.

Após a implantação e início de operação do sistema de tratamento escolhido, deve-se providenciar a realização de monitoramentos periódicos que atestarão a eficiência e o desempenho global da Estação de Tratamento de Efluentes (ETE).

Com a finalidade de avaliar a eficiência do tratamento dos efluentes sanitários provenientes das áreas administrativas e industriais de uma mineradora de ferro no estado de Minas Gerais, tratados numa Estação Tratamento de Efluentes de Lodos Ativados por fluxo intermitente, foi proposto um monitoramento semanal em um período englobado pelos meses de março de 2011 a janeiro de 2012.

Por meio desta avaliação, objetivou-se verificar a eficiência do sistema de tratamento de Lodos Ativados por Fluxo Intermitente na remoção de matéria orgânica e seu desempenho global, o enquadramento dos resultados dos parâmetros analisados conforme estabelecido nas legislações

ambientais e confrontar os resultados do tratamento por lodos ativados com o reportado pelas literaturas.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar o desempenho de uma ETE de Lodos Ativados por fluxo intermitente no tratamento de efluentes sanitários de uma mineração de ferro no município de Itabira - MG.

2.2 Objetivos Específicos

- a) Avaliar a eficiência do sistema de lodos ativados na remoção de DBO e DQO no tratamento de esgotos sanitários de uma mineradora de ferro no período de março de 2011 a janeiro de 2012;
- b) Confrontar os resultados obtidos pelo tratamento da ETE com os limites estabelecidos pela legislação ambiental federal e estadual vigente;
- c) Comparar o desempenho real da ETE com o reportado pela literatura;

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 Tratamento de Águas Residuárias

Nos dias atuais, existe uma grande preocupação em relação ao grau de tratamento e ao destino final dos esgotos, as suas consequências sobre o meio ambiente, a qualidade das águas e seus usos benéficos. Este é um assunto que chama atenção não apenas dos engenheiros, especialistas e técnicos, mas igualmente das organizações ambientalistas e da sociedade (JORDÃO; PESSÔA, 2011).

As estações de tratamento de águas residuárias são o procedimento usualmente adotado para o tratamento de efluentes líquidos gerados em atividades domésticas e administrativas. Essas estações contribuem para amenizar os efeitos adversos que o lançamento destes esgotos causaria ao corpo receptor e consequentemente, à saúde humana e fauna aquática (MOTA, 2006).

Ao se implantar uma ETE devem-se definir os requisitos a serem atingidos, e estes devem abranger, em sua maioria, o atendimento aos padrões estabelecidos pelas legislações ambientais vigentes; remover o material sólido; reduzir a demanda bioquímica de oxigênio (DBO); a demanda química de oxigênio (DQO), amenizar o número de microorganismos patogênicos e reduzir parte das substâncias químicas indesejáveis (NUVOLARI, 2009).

Assim, as tecnologias de tratamento de esgoto são desenvolvidas tendo por principal referência o lançamento em corpos d'água. De acordo com von Sperling (2005), o tipo de tratamento a ser aplicado ao esgoto vai depender de suas características, do manancial onde o mesmo será disposto e dos usos da água a jusante do local de lançamento do efluente.

De acordo com von Sperling (2005), as análises da DBO e DQO em uma ETE mostram-se importantes pois retratam a quantidade de oxigênio necessária para estabilizar biologicamente a matéria orgânica presente no efluente e o consumo de oxigênio ocorrido em função da oxidação química, respectivamente. Essa relação varia também à medida que o esgoto passa pelas diversas unidades de tratamento em uma ETE.

A Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) indica a quantidade de matéria orgânica presente nas águas, e segundo Jordão e Pessôa (2011) é importante para se conhecer o grau de poluição do

esgoto afluyente e tratado, para se dimensionar estações de tratamento de esgotos e medir sua eficiência.

As concentrações usuais de DBO nos esgotos domésticos brutos varia entre uma faixa de 200 e 500 mg/L, com valores típicos de 350 mg/L, conforme a condição do esgoto (von SPERLING, 2005).

Segundo von Sperling (2005), a DQO mede o consumo de oxigênio ocorrido em função da oxidação química da matéria orgânica. O valor obtido é, portanto, uma indicação indireta do teor de matéria orgânica presente.

De acordo com Jordão e Pessoa (2011) a medida quantitativa da concentração de DQO nos esgotos domésticos varia entre 200 e 800 mg/L, podendo atingir concentrações até mesmo mais elevadas, nos casos de esgotos industriais.

Ainda segundo von Sperling (2005), as concentrações usuais de DQO nos esgotos domésticos brutos variam entre uma faixa de 400 e 800 mg/L, com valores típicos de 700 mg/L, conforme a condição do esgoto (von SPERLING, 2005).

Para esgotos domésticos brutos, a relação DQO/DBO₅ varia em torno de 1,7 a 2,4, e no caso de esgotos industriais pode variar amplamente (von SPERLING, 2005).

Ainda de acordo von Sperling (2005) o efluente final do tratamento biológico possui valores da relação DQO/DBO₅ usualmente superiores a 2,5. Assim, quanto maior a eficiência do tratamento na remoção da matéria orgânica biodegradável, maior esta relação que pode chegar a 4,0 ou 5,0.

3.2 Considerações sobre o tratamento por Lodos Ativados

O processo de tratamento composto por lodos ativados é amplamente utilizado no mundo inteiro em função de sua atrativa particularidade de possuir reduzidos requisitos de área, tendo uma excelente eficiência. Porém, em função de sua operação mecanizada superior e seu alto consumo de energia elétrica, constitui-se um sistema de tratamento mais dispendioso (von SPERLING, 2002).

Ainda segundo von Sperling (2002) este sistema de tratamento de efluentes sanitários e industriais se intitula lodos ativados, pois os sólidos que se sedimentam no fundo do decantador secundário, os lodos, são retornados para o reator, potencializando o tratamento em função da elevação da concentração da biomassa retornada.

As principais divisões do sistema de lodos ativados fundamentais para sua eficiência no tratamento de efluentes são a idade do lodo, o fluxo e o afluente à etapa biológica (von SPERLING, 2002).

Quanto ao fluxo, este pode ser contínuo, também conhecido como convencional, com redução do consumo de energia elétrica na aeração e redução do volume do reator biológico, através da retirada de parte da matéria orgânica pelo decantador primário; de fluxo contínuo por aeração prolongada, com a retirada do decantador primário e com o aumento da idade do lodo e do tempo de detenção hidráulica; ou por fluxo intermitente, com reatores sequenciais por batelada, com todo o processo de lodos ativados ocorrendo num único tanque (von SPERLING, 2002).

Assim, os sistemas de tratamento de esgotos denominados lodos ativados convencional e aeração prolongada, são exemplos de sistemas de tratamento que apresentam fluxo contínuo. Em outras palavras, à medida que o esgoto bruto alimenta o sistema, o tratamento está sendo realizado. Há sempre fluxo ou movimento no sistema – esgoto bruto alimentando e esgoto tratado deixando o sistema (COMUSA, 2011).

O princípio do processo de lodos ativados por batelada consiste na incorporação de todas as unidades de processos e operações normalmente associadas ao tratamento convencional de lodos ativados, quais sejam, decantação primária, oxidação biológica e decantação secundária, em um único tanque. Utilizando um tanque único, esses processos e operações passam a ser simplesmente seqüências no tempo, e não unidades separadas como ocorre nos processos convencionais de fluxo contínuo (von SPERLING, 2001).

O processo de lodos ativados com fluxo intermitente é ainda frequentemente utilizado na modalidade de aeração prolongada, quando o tanque único passa a exercer também a função de digestão (aeróbia) do lodo, dispensando unidades de digestão separadas (von SPERLING, 2001).

O processo consiste de um reator de mistura completa onde ocorrem todas as etapas do tratamento. Isso é conseguido através do estabelecimento de ciclos de operação com durações definidas. A massa biológica permanece no reator durante todos os ciclos, eliminando dessa forma a necessidade de decantadores separados e das elevatórias de recirculação de lodo (von SPERLING, 2001).

A Figura 3.1 apresenta esquematicamente um sistema de tratamento de esgotos constituído de lodos ativados do tipo regime intermitente, com dois reatores.

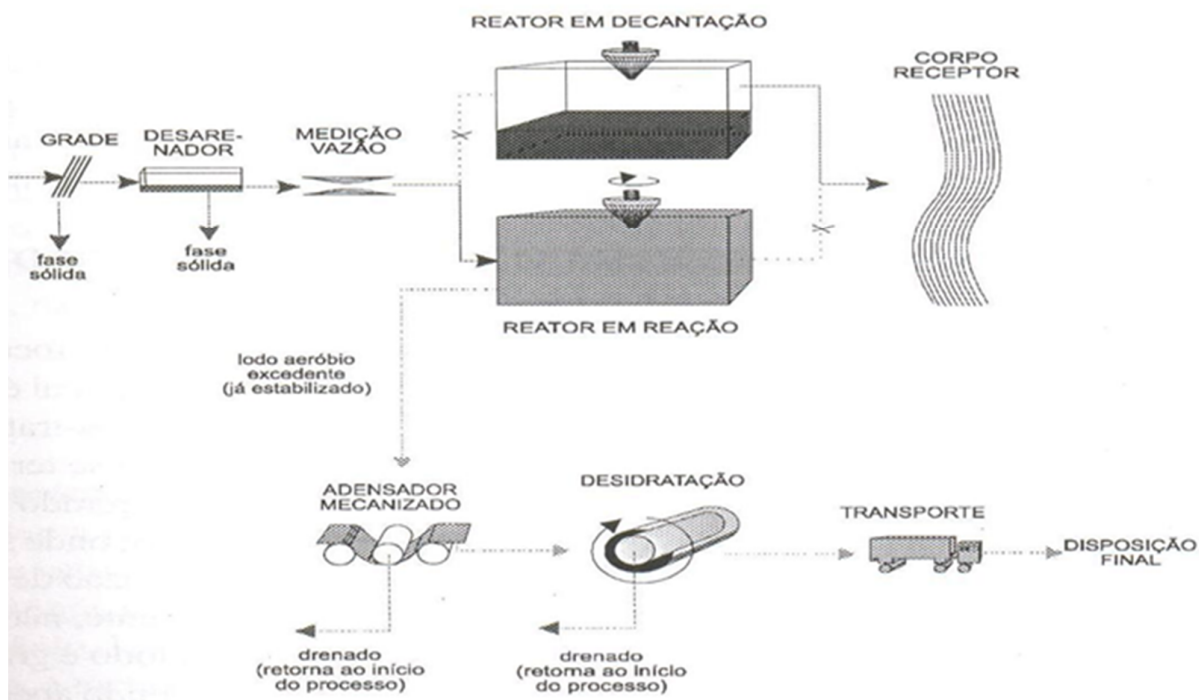


FIGURA 3.1 - Representação esquemática um sistema de lodos ativados com operação intermitente
 Fonte: von Sperling, 2002

O fluxograma do processo é grandemente simplificado, em comparado com o tratamento de fluxo contínuo, devido à eliminação de diversas unidades. Estes reatores são também denominados RSB - Reator Sequencial em Batelada (von SPERLING, 2002).

O sistema de tratamento de esgotos do tipo lodos ativados intermitente pode ser utilizado tanto na modalidade convencional como também na aeração prolongada, sendo que nesta última, o tanque único passa a agregar adicionalmente a unidade de digestão do lodo. Existem algumas modificações nos sistemas intermitentes, relacionadas à forma de operação e à sequência e duração dos ciclos associados a cada fase do processo. Com estas variações permite-se a simplificação adicional no processo ou a remoção biológica de nutrientes (COMUSA, 2011).

Assim, o processo de lodos ativados por fluxo intermitente por aeração prolongada é composto por um reator ou mais reatores onde ocorrem todas as etapas do processo, com estabelecimento de

ciclos de operações muito bem definidos, sendo os mais comumente utilizados e nesta sequência, o enchimento, a reação, a sedimentação, o esvaziamento e por fim o repouso (von SPERLING, 2001).

Juntamente com a Figura 3.2, que demonstra um ciclo operacional típico pelo RSB, objetivando a remoção de DBO, segue o detalhamento de cada ciclo, conforme von Sperling, 2001.

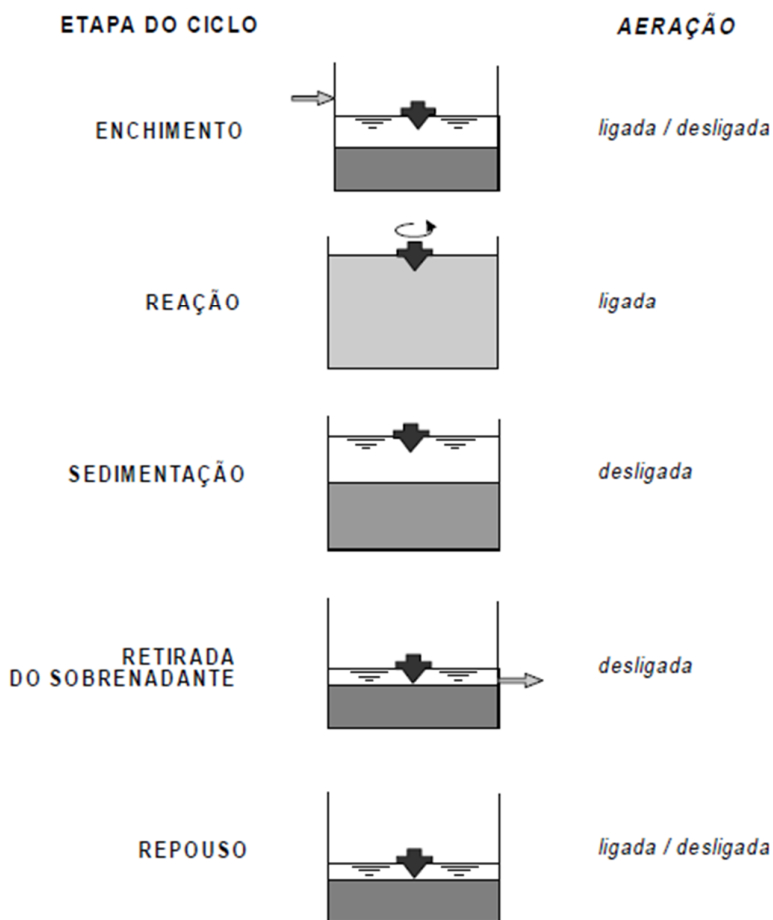


FIGURA 3.2 - Ciclo operacional do processo de operação intermitente
Fonte: von Sperling, 2001

A operação de enchimento consiste na adição do esgoto e do substrato para a atividade microbiana. O ciclo de enchimento pode ser controlado por válvulas de bóia, até um volume pré-estabelecido, ou por temporizadores, para sistemas com mais de um reator. Um método simples e comumente aplicado para controlar o ciclo de enchimento é baseado no volume do reator, resultando em tempos de enchimento inversamente relacionados à vazão afluyente.

A fase de enchimento pode incluir várias fases de operação e está sujeita a vários modos de controle, denominados enchimento estático, enchimento com mistura e enchimento com reação. O enchimento estático envolve a introdução do esgoto sem mistura ou aeração. Este tipo de enchimento é mais comum em estações que objetivam a remoção de nutrientes. Nestas aplicações, o enchimento estático é acompanhado de um enchimento com mistura, de forma a que os microrganismos estejam expostos a uma quantidade suficiente de substrato, ao passo que se mantêm condições anóxicas ou anaeróbias. Tanto a mistura quanto a aeração são efetuadas no estágio de enchimento com reação. O sistema pode alternar entre enchimento estático, enchimento com mistura e enchimento com reação, ao longo do ciclo operacional.

O objetivo do estágio de reação é completar as reações iniciadas durante o enchimento. A etapa de reação pode compreender mistura, aeração, ou ambos. Como no caso do ciclo de enchimento, os processos desejados podem requerer ciclos alternados de aeração. A duração da fase de reação pode ser controlada por temporizadores, pelo nível do líquido ou pelo grau de tratamento, através de monitoramento do reator. Dependendo da quantidade e duração da aeração durante a fase de enchimento, pode ou não haver uma fase de reação específica.

A separação sólido-líquido ocorre durante a fase de sedimentação, análoga à operação de um decantador secundário em uma ETE convencional. A sedimentação em um sistema intermitente pode ter uma eficiência superior à de um decantador de fluxo contínuo, devido ao maior repouso do líquido em um tanque de batelada, sem interferência de entrada e saída de líquidos.

O efluente clarificado é retirado durante a fase de esvaziamento. O esvaziamento pode ser efetuado através de vários mecanismos, os mais comuns sendo vertedores flutuantes ou ajustáveis.

A fase final é denominada de repouso, sendo utilizada apenas em aplicações com vários tanques. O tempo alocado à fase de repouso depende do tempo requerido para o tanque precedente completar o seu ciclo completo.

A massa biológica permanece no reator durante todos esses ciclos, eliminando assim a existência de tanques decantadores como unidades físicas separadas. A duração usual de cada ciclo pode sofrer alterações em função das variações da vazão afluente, das características do esgoto, das necessidades do tratamento e da biomassa no sistema (COMUSA, 2011).

O descarte do lodo excedente geralmente é efetuado durante o último ciclo (repouso), mas como este é opcional, já que a sua finalidade é a de permitir o ajuste entre os ciclos de operação de cada

reator, o descarte pode se dar em outras fases do processo. A quantidade e a frequência de descarte do lodo são estabelecidas em função dos requisitos de desempenho, da mesma forma que nos processos convencionais de fluxo contínuo (von SPERLING, 2002).

Geralmente a estação tem dois ou mais reatores de batelada operando em paralelo, cada um em diferentes etapas do ciclo operacional. Em sistemas que recebem vazão ao longo de todas as horas do dia, como no caso de tratamento de esgotos domésticos, esta necessidade é imperiosa, já que um reator em etapa de sedimentação, por exemplo, não recebe afluente. Neste momento, o afluente está sendo direcionado para outro reator, o qual se encontra em etapa de enchimento. Em estações que recebem despejos de forma intermitente, como em indústrias que trabalham somente 8 horas, pode haver apenas um reator, que trabalha em enchimento por 8 horas, e desempenha as outras etapas do ciclo nas 16 horas subsequentes (von SPERLING, 2002).

De acordo com von Sperling (2002) os valores típicos de Tempo de Detenção Hidráulica (TDH) são variáveis. Para o processo de lodos ativados convencional é de cerca de 6 a 8 horas (<0,3 dias), já para a modalidade de aeração prolongada varia entre 16 a 24 horas (0,67 a 1 dia).

A comunidade microbiana estabelecida nos lodos ativados, composta por bactérias, fungos e protozoários, é dinâmica e fundamental ao tratamento, tendo cada espécie sua importância no bom desempenho do sistema. Desta forma, o lodo deste tipo de tratamento constitui-se até mesmo um indicativo da eficiência do sistema, sendo importante a caracterização do mesmo para a obtenção desta informação (AMMAN; GLÖCKNER; NEEF, citado por OLIVEIRA; ARAUJO; FERNANDES, 2009).

De acordo com Oliveira e von Sperling (2007) um sistema de tratamento pode mostrar-se confiável se for obtido um desempenho adequado, sob determinadas condições, por um período específico de tempo, ou seja, a confiabilidade deste sistema pode ser entendida como a porcentagem de tempo em que se conseguem as concentrações esperadas no efluente para cumprir com os padrões de lançamento. Então, uma Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) será plenamente confiável se os resultados dos parâmetros físico, químicos e biológicos não ultrapassarem os limites legais para lançamento de efluentes.

De acordo com Mota (2006) a remoção de DBO, nas Estações de Lodos Ativados com aeração prolongada, é superior ao do processo convencional, porém tem-se a desvantagem do maior consumo de energia, no funcionamento dos aeradores.

Conforme Jordão e Pessoa (2011) as eficiências típicas normalmente alcançadas pelo processo de lodos ativados na remoção de DBO e DQO é de 85 a 95%.

Segundo von Sperling (2002) a eficiência de remoção dos parâmetros DBO e DQO pelo sistema de lodos ativados convencional é de 85 a 95% e 85 a 90%, respectivamente, e na modalidade de aeração prolongada é de 93 a 98% e 90 a 95%, respectivamente.

No estudo de confiabilidade de 166 ETEs realizado por Oliveira e von Sperling (2007), com diversos tipos de tratamento, mais precisamente 11 modalidades, um dos sistemas que se mostrou mais confiável, no que tange ao atendimento aos padrões legais, representando 19,3 % do número destas estações, foi o composto por lodos ativados convencional e aeração prolongada.

De acordo com Oliveira e von Sperling (2007a), fez-se a avaliação comparativa de seis tecnologias de tratamento de esgoto, em termos de atendimento a padrões de lançamento para DBO. Para esta avaliação, contou-se com dados de desempenho de 182 estações de tratamento de esgotos sanitários em operação nos estados de Minas Gerais e São Paulo, considerando o alcance a três metas de lançamento para DBO, conforme estabelecido nas legislações dos respectivos estados estudados. Este estudo comprovou que, juntamente com a tecnologia UASB seguido de pós-tratamento, a modalidade lodos ativados obteve os melhores resultados. Para as 3 metas ou critérios estabelecidos - concentração efluente de DBO ≤ 60 mg/L, concentração de DBO ≤ 60 mg/L ou eficiência de remoção $\geq 80\%$ e concentração de DBO ≤ 60 mg/L ou eficiência de remoção $\geq 60\%$ -, a tecnologia de lodos ativados atingiu níveis de atendimento que variaram em 86 a 96%.

3.3 Padrões Legais para o lançamento de Efluentes

No Brasil, a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA nº 430 de 13 de maio de 2011 dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. Porém, em âmbito estadual, em Minas Gerais, há uma legislação específica para esta finalidade, a Deliberação Normativa conjunta do Conselho Estadual de Política Ambiental – COPAM e Conselho Estadual de Recursos Hídricos - CERH n ° 01 de 05 de maio de 2008 que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes.

Segundo o Art. 29 da DN Conjunta COPAM/CERH 01/2008, 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 nesta legislação.

Os limites máximos permitidos de lançamento para os parâmetros analisados neste estudo encontram-se discriminados na Tabela 3.1.

TABELA 3.1 - Padrões para o lançamento de efluentes nos corpos receptores

Parâmetros	Padrões de Lançamento	
	DN COPAM/CERH 01/2008	RES.CONAMA 430/2011
DBO (mg/L)	60	120
DQO (mg/L)	180	-

De acordo com a legislação federal - Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA Nº 430 de 13 de maio de 2011 - o percentual de remoção de carga orgânica deve ser de no mínimo 60% no que tange ao parâmetro DBO e a legislação específica para o estado de Minas Gerais, a Deliberação conjunta do Conselho Estadual de Recursos Hídricos - CERH e Conselho Estadual de Política Ambiental - COPAM Nº 01 de 05 de maio de 2008, estabelece o limite legal de até 60mg/L de DBO e 180 mg/L para DQO ou a eficiência de redução de 60% e média anual igual ou superior a 70% para DBO e remoção mínima de 55% e média anual igual ou superior a 65% para DQO em se tratando de sistemas de esgotos sanitários.

Além disso, o Art.21 da Resolução CONAMA 430 de 13 de maio de 2011, trata exclusivamente das condições e padrões para efluentes de sistemas de tratamentos de esgotos sanitários, e estabelece que para o lançamento direto de efluentes oriundos de sistemas de tratamento de esgotos sanitários o parâmetro DBO tem como limite máximo 120 mg/L, sendo que este limite somente poderá ser ultrapassado no caso de efluente de sistema de tratamento com eficiência de remoção mínima de 60% de DBO, ou mediante estudo de autodepuração do corpo hídrico que comprove atendimento às metas do enquadramento do corpo receptor.

Assim, há duas condições quanto ao atendimento legal para lançamento de efluentes no que tange aos parâmetros DBO e DQO, atender ao limite máximo por concentração em mg/L, e/ou atingir o percentual mínimo de eficiência de remoção.

4 METODOLOGIA

Para a realização deste trabalho efetuou-se análises e interpretação dos resultados analíticos obtidos através de revisão da literatura pertinente; amostragens dos afluentes e efluentes da ETE e a análise da legislação aplicável ao estado de Minas Gerais em comparação com os dados obtidos.

Analisando-os estatisticamente por meio do uso de gráficos da estatística descritiva que descreveram sucintamente os resultados obtidos permitindo a interpretação e análise destes dados da forma mais coerente possível. Foram realizadas amostragens semanais no período de março de 2011 a janeiro de 2012, dos afluentes e efluentes da ETE, gerando uma série histórica de 45 dados dos parâmetros DBO e DQO.

4.1 Área de Estudo

A área de pesquisa compreende uma estação de tratamento de efluentes sanitários do tipo Lodos Ativados – regime intermitente (FIG. 4.1), localizada numa empresa de mineração de ferro no município de Itabira – MG.

Esta ETE foi construída a fim de atender aos restritivos padrões legais de lançamento de efluentes líquidos nos corpos receptores, conforme estabelecidos pelas legislações ambientais vigentes, em substituição às diversas fossas sépticas existentes na empresa que se encontravam subdimensionadas e ineficientes.



FIGURA 4.1 – Vista ETE Cauê

A estação de tratamento em questão tem capacidade de projeto para 5 L/s e foi instalada para realizar o tratamento dos efluentes dos banheiros sanitários dos escritórios e das áreas industriais, bem como das águas residuárias provenientes do restaurante industrial.

A ETE Cauê é responsável por receber e tratar o esgoto bruto de aproximadamente 4300 pessoas, trabalhadores diretos e indiretos da mineradora de ferro, localizada no município de Itabira, Minas Gerais. Seu *start up* deu-se no mês de março de 2011, com o início da operação do sistema efetuado por empresa especializada.

A vazão volumétrica média de esgoto bruto afluyente à esta estação é da ordem de aproximadamente 1 L/s. Nota-se que o sistema encontra-se superdimensionado, porém foi considerado um percentual de crescimento de 100%, com uma projeção para 15 anos. Assim, em razão da vazão de início de projeto que considera um contingente bem menor a ser atendido, apesar do sistema parecer estar ocioso, ele está atendendo conforme previsto.

Por meio das redes coletoras, o efluente sanitário/doméstico descartado é direcionado à estação de tratamento Cauê, onde será tratado com a finalidade principal de remover significativamente carga orgânica, expressa em termos de DBO e demanda química de oxigênio DQO, sólidos e patógenos. A remoção de carga orgânica é típica em efluentes de origem sanitária em função das características destes efluentes que são basicamente constituídos de excrementos humanos, líquidos e sólidos, resíduos de alimentos, produtos de limpeza e águas de lavagens em geral.

4.1.1 Descrição e localização dos pontos de monitoramento

A avaliação proposta pela pesquisa para a caracterização das condições de remoção de matéria orgânica pela ETE de lodos ativados Cauê é composta por dois pontos de amostragens já existentes no plano de monitoramento da empresa, um na entrada e o outro na saída do sistema.

A localização, coordenadas e nomes dos pontos de coletas na ETE Cauê encontram-se detalhados a seguir na Tabela 4.1:

TABELA 4.1- Localização, coordenadas e nomes dos pontos de coletas

Pontos	Localização	Coordenadas UTM
Ponto ITA 72	Entrada da Estação de Tratamento de Efluentes	687.123,145/ 7.831.242,220
Ponto ITA 73	Saída da Estação de Tratamento de Efluentes	687.130,869 / 7.831.242,523

As Figuras 4.2 e 4.3 representam a entrada do efluente (ITA 72) e saída do efluente (ITA 73).



FIGURA 4.2 – Ponto de coleta – Entrada da ETE (ITA 72)



FIGURA 4.3 – Ponto de coleta – Saída da ETE (ITA 73)

Além disso, a fim de facilitar a compreensão quanto à localização dos pontos de monitoramentos, a seguir, apresenta-se um croqui em vista aérea (FIG.4.4) com a localização destes pontos de amostragem.



FIGURA 4. 4- Mapa com a área de representação dos pontos de coleta

4.1.2 – Descrição geral das Operações Unitárias e Processos Envolvidos

4.1.2.1 Tratamento Preliminar

O esgoto chega à ETE Cauê por bombeamento e passa por grade manual, onde são removidos os sólidos grosseiros. Após a grade o efluente passa por uma calha Parshall, onde é registrada a vazão de entrada do efluente no sistema. Após a medição da vazão, o efluente entra em uma das caixas de areia - quando uma das caixas de areia está trabalhando, a outra está em processo de limpeza. As Figuras 4.5 a 4.6 representam as etapas do tratamento preliminar, ou físico.



FIGURA 4.5 – Tratamento Preliminar – Gradeamento, Calha Parshall e Caixas de Areia

O gradeamento é um sistema físico responsável pela remoção/contenção de sólidos grosseiros e objetos diversos, aportes à estação de tratamento. A calha Parshall é responsável pelo controle de vazão. Este sistema possui um sensor óptico, que registra para o supervisor as vazões afluentes à ETE. As caixas de areia são responsáveis pela remoção de sólidos de menores granulometrias.



FIGURA 4.6 – Tratamento Preliminar – Caixa de Areia

Assim, os efluentes livres de sólidos grosseiros e areia seguem para a elevatória, que através das bombas submersíveis será conduzido para o tratamento biológico.

4.1.2.2 Tratamento Biológico dos Efluentes

O efluente sanitário é enviado para os tanques de reação por batelada onde ocorrerá o tratamento biológico (FIGs. 4.7 e 4.8).

Os aeradores dos tanques - 2 aeradores flutuantes tipo superficial de alta rotação, com potência de 30cv - fornecem oxigênio e homogeneização para a mistura água-lodo de cada tanque.



FIGURA 4.7 – Tanque de Aeração em funcionamento



FIGURA 4.8 – Tanque de Aeração em repouso

Os tanques funcionam com fluxo intermitente e os ciclos são compostos pelas etapas listadas na Tabela 4.2 .

TABELA 4.2 - Ciclos do tratamento do efluente da ETE Cauê

	Ciclos	Duração (horas)
1º	Alimentação (com aeração)	6,0
2º	Sedimentação	1,0
3º	Descarga do esgoto tratado	2,0
4º	Repouso	1,0

Assim, segundo a Tabela 4.2, o tempo de duração de um ciclo é cerca de 10 horas, porém os ciclos e os tempos das etapas podem ser alterados e controlados, conforme características do efluente bruto.

A alimentação dos tanques é controlada através de abertura automática das válvulas, alternativamente de acordo com a programação no supervisório; após a etapa de decantação o efluente tratado - parte sobrenadante - é retirado por gravidade através do dispositivo de saída de efluente tratado, a saída do efluente é controlada pelas válvulas, alternativamente de acordo com a programação no sistema supervisório.

O lodo em excesso é retirado manualmente do fundo dos tanques de aeração através das válvulas diafragma - instaladas em cada tanque - de acordo com a necessidade no final de cada batelada. Este lodo é encaminhado para os leitos de secagem para desidratação.

4.1.2.3 Desinfecção

O efluente tratado biologicamente segue para a câmara de contato, onde é dosado hipoclorito de sódio (NaClO) – solução com cerca de 5% de cloro livre. A mistura do produto químico com o efluente é feita através das chicanas existentes ao longo da câmara de contato. É injetado continuamente, através de bomba dosadora, cerca de 20 Litros de NaClO por dia.

Após a desinfecção, o efluente é encaminhado ao Tanque de regularização da vazão, onde será acumulado para controle de descarte no corpo receptor a fim de atender as exigências ambientais. A amostragem do efluente tratado para análise é realizada neste ponto, após a desinfecção.

Através da Figura 4.9 e do ANEXO A é apresentado o Fluxograma e o Projeto detalhado, respectivamente, do sistema de tratamento de esgotos da ETE Cauê.

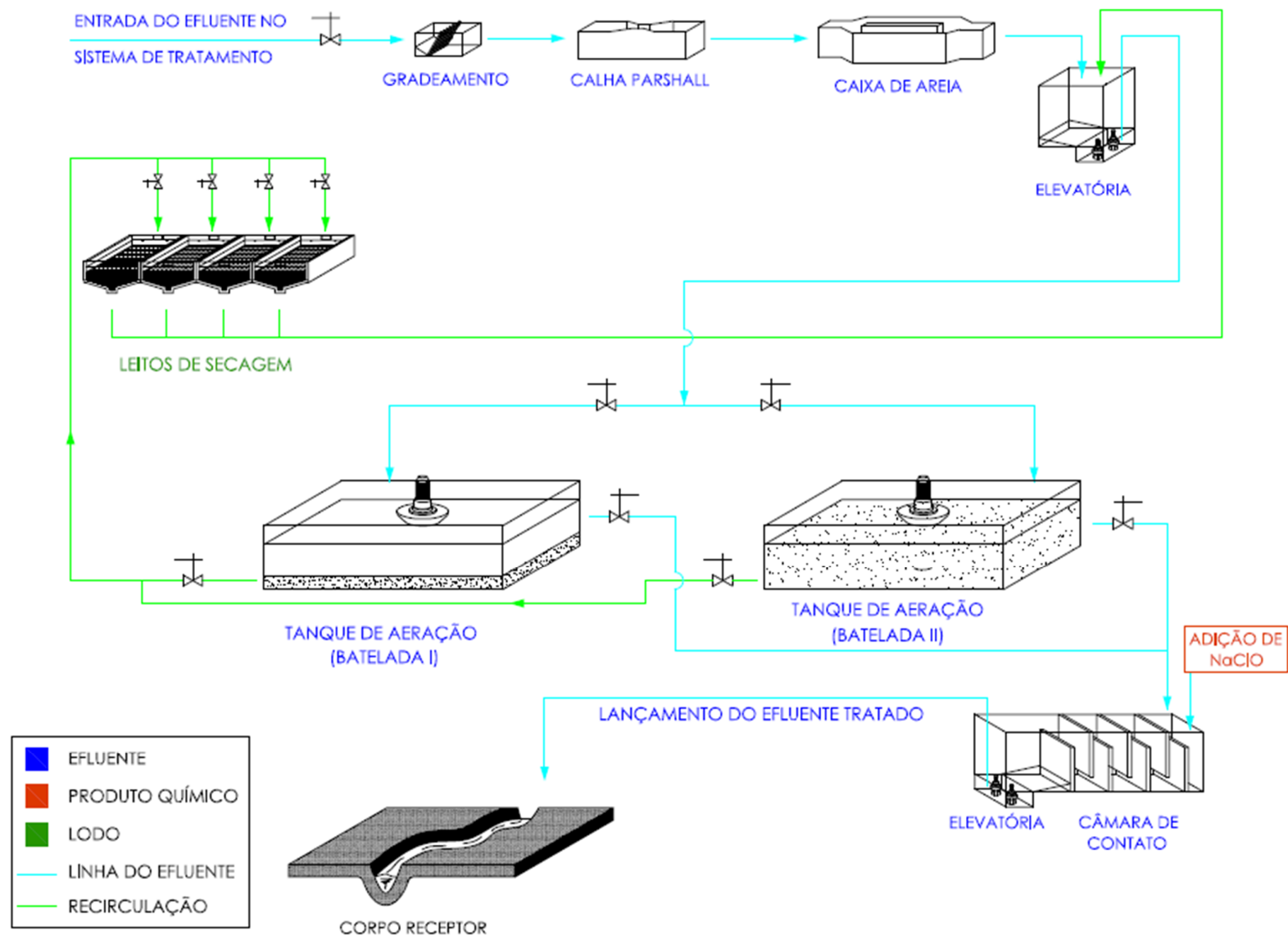


FIGURA 4.9 – Fluxograma - ETE Cauê

4.2 Monitoramento

Com a finalidade de garantir a representatividade das amostras, as coletas dos parâmetros analisados em laboratório contratado seguiram procedimentos, normas e cuidados na amostragem dos efluentes, conforme procedimentos sugeridos pelo *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 21th ed, 2005 e ABNT NBR 9898, que dispõe sobre os procedimentos de amostragem, preservação e análise físico-química de efluentes líquidos e corpos receptores.

Para a verificação da eficiência de remoção de matéria orgânica, foram monitorados os parâmetros DBO e DQO na entrada e saída do tratamento, com periodicidade de amostragem semanal e com alíquotas ao longo de 24 horas. No período de março de 2011 a janeiro de 2012, foram realizadas 45 amostragens nos pontos ITA 72 – Entrada da ETE Cauê e ITA 73 – Saída da ETE Cauê.

Os dados analisados fazem parte do plano de monitoramento hídrico da mineradora e foram cedidos para a realização deste estudo.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção, serão apresentados e discutidos os resultados do monitoramento semanal realizado durante os meses de março de 2011 a janeiro de 2012, no afluente e efluente da Estação de Tratamento de Efluentes Sanitários - ETE Cauê.

A partir destes resultados, serão confrontados os dados obtidos dos parâmetros DBO e DQO na saída do sistema de tratamento com os limites preconizados na DN Conjunta COPAM/CERH 01/2008 para lançamento de efluentes em corpos d'água e far-se-á a análise da eficiência do sistema de lodos ativados na remoção da matéria orgânica desta ETE. Além disso, será comparado o desempenho real da ETE com o reportado pela literatura.

5.1 Análise estatística do monitoramento

Os resultados brutos em miligrama por litro (mg/L) dos afluentes e efluentes e suas respectivas eficiências de remoção de DBO e DQO, nos pontos ITA 72 e ITA 73, durante a campanha de monitoramento são apresentados nas tabelas 5.1 e 5.2.

TABELA 5.1 – Concentrações e Eficiências de DBO – ETE Cauê

Data	DBO (mg/L)		Eficiência de Remoção (%)
	ITA 72	ITA 73	
16/03/2011	99	10	90,2
23/03/2011	218	12	94,5
01/04/2011	18	13	27,8
07/04/2011	206	14	93,2
13/04/2011	252	16	93,7
20/04/2011	203	14	93,1
27/04/2011	194	10	94,8
04/05/2011	171	18	89,5
11/05/2011	191	13	93,2
18/05/2011	152	34	77,6
25/05/2011	-	-	-
01/06/2011	212	26	87,7
08/06/2011	284	24	91,5
16/06/2011	302	39	87,1
22/06/2011	225	34	84,9
30/06/2011	258	34	86,8
06/07/2011	1226	62	94,9
13/07/2011	327	16	95,1
20/07/2011	288	39	86,5
27/07/2011	256	54	78,9
05/08/2011	350	48	86,3
10/08/2011	262	31	88,2
17/08/2011	447	72	83,9
24/08/2011	236	56	76,3
31/08/2011	365	39	89,3
08/09/2011	232	82	64,7
14/09/2011	245	65	73,5
21/09/2011	161	60	62,7
28/09/2011	520	77	85,2
05/10/2011	200	59	70,5
13/10/2011	352	74	79,0
19/10/2011	469	66	85,9
26/10/2011	535	46	91,4
03/11/2011	321	80	75,1
09/11/2011	473	31	93,4
17/11/2011	387	143	63,0
23/11/2011	424	65	84,7
30/11/2011	338	51	84,9
07/12/2011	413	81	80,4
15/12/2011	250	185	26,0
21/12/2011	320	61	80,9
28/12/2011	440	196	55,5
06/01/2012	352	39	88,9
11/01/2012	443	18	95,9
18/01/2012	307	47	84,7
25/01/2012	372	60	83,9

Observando a Tabela 5.1, nota-se que não há resultados para o dia 25/05/2011. Neste dia, ocorreu um problema técnico com os aeradores, acarretando na paralisação no tratamento.

TABELA 5.2 - Concentrações e Eficiências de DQO – ETE Cauê

Data	DQO (mg/L)		Eficiência de Remoção (%)
	ITA 72	ITA 73	
16/03/2011	137	19	86,1
23/03/2011	310	16	94,8
01/04/2011	29	20	31,0
07/04/2011	271	24	91,1
13/04/2011	358	19	94,7
20/04/2011	411	28	93,2
27/04/2011	463	24	94,8
04/05/2011	270	32	88,1
11/05/2011	329	21	93,6
18/05/2011	298	56	81,2
25/05/2011	-	-	-
01/06/2011	628	77	87,7
08/06/2011	477	41	91,4
16/06/2011	520	68	86,9
22/06/2011	399	59	85,2
30/06/2011	456	61	86,6
06/07/2011	2020	115	94,3
13/07/2011	769	46	94,0
20/07/2011	522	86	83,5
27/07/2011	494	96	80,6
05/08/2011	590	116	80,3
10/08/2011	578	72	87,5
17/08/2011	783	125	84,0
24/08/2011	451	107	76,3
31/08/2011	567	82	85,5
08/09/2011	461	157	65,9
14/09/2011	477	111	76,7
21/09/2011	308	121	60,7
28/09/2011	1050	135	87,1
05/10/2011	378	112	70,4
13/10/2011	618	127	79,4
19/10/2011	877	122	86,1
26/10/2011	1033	90	91,3
03/11/2011	596	148	75,2
09/11/2011	844	78	90,8
17/11/2011	962	311	67,7
23/11/2011	607	116	80,9
30/11/2011	698	108	84,5
07/12/2011	832	156	81,3
15/12/2011	435	346	20,5
21/12/2011	590	119	79,8
28/12/2011	760	381	49,9
06/01/2012	620	74	88,1
11/01/2012	757	34	95,5
18/01/2012	537	98	81,8
25/01/2012	710	117	83,5

Assim como para o parâmetro DBO, com seus resultados reportados pela Tabela 5.1, nota-se que não há resultados para o dia 25/05/2011, na Tabela 5.2, para o parâmetro DQO, pelo mesmo motivo, supramencionado.

TABELA 5.3 – Eficiência de Remoção de DBO e DQO - ETE Cauê

Ponto	Parâmetros	Eficiência (%)			
		Min	Méd	Máx	Anual
ITA 72 / 73	DBO	26	81,7	95,9	82
	DQO	20,5	81,1	96,5	82

A eficiência mínima de remoção de DBO encontrada, ao longo do período, conforme dados expressos na Tabela 5.3, foi de 26%, média mensal de 81,7% e anual de 82% e máxima de 95,9% e para o parâmetro DQO a eficiência mínima de remoção foi de 20,5%, média mensal de 81,1% e anual de 82% e máxima de 96,5%.

As estatísticas básicas dos dados de concentrações afluentes (ITA 72) e efluentes (ITA 73) da ETE Cauê, baseadas nas informações das Tabelas 5.1 e 5.2, são apresentadas na Tabelas 5.4 e na forma de gráficos Box-whisker, nas Figuras 5.1 e 5.2.

TABELA 5.4 - Série histórica de dados de qualidade dos efluentes da ETE Cauê tratados estatisticamente

Ponto	Parâmetros	Nº de Dados	Mín ¹	Máx ²	MG ³	Med ⁴	MA ⁵	DP ⁶
ITA 72 (Afluente)	DQO (mg/L)	45	29	2020	504	537	584	312
ITA 73 (Efluente)	DQO (mg/L)	45	16	381	75	90	99	79
ITA 72 (Afluente)	DBO (mg/L)	45	18	1226	277	288	318	178
ITA 73 (Efluente)	DBO (mg/L)	45	10	196	40	46	51	40

¹Valor Mínimo. ²Valor Máximo. ³Média Geométrica. ⁴Mediana. ⁵Media Aritmética. ⁶Desvio Padrão

Em avaliação aos dados expressos na tabela 5.4, tem-se que a concentração mínima de DBO efluente registrada no período de março de 2011 a janeiro de 2012 foi de 10 mg/L e máxima de 196 mg/L, com uma média de 51 mg/L.

Quando se faz esta mesma avaliação para o parâmetro DQO no efluente, percebe-se que os valores são bem mais elevados, a concentração mínima registrada foi de 16 mg/L, a máxima foi de 381 mg/L e a média de 99 mg/L.

Conforme von Sperling (2005), para esgotos domésticos brutos, a relação DQO/DBO₅ varia em torno de 1,7 a 2,4 e quando se trata do esgoto tratado esta relação tende a ser superior a 2,5. No caso da ETE Cauê a relação DQO/DBO₅ afluente (esgotos brutos) foi de 1,84 e efluente (esgoto tratado) foi de 1,95. Não se percebeu uma variação expressiva na relação DQO/DBO₅ nas concentrações médias afluentes e efluentes, porém elas ficaram bem próximas do esperado, conforme reportado na literatura específica.

Segundo von Sperling (2005), as concentrações usuais de DQO encontradas nos esgotos domésticos brutos variam entre uma faixa de 400 e 800 mg/L, com valores típicos de 700 mg/L e para DBO, varia entre uma faixa de 200 e 500 mg/L, com valores típicos de 350 mg/L. Em análise da tabela 5.3, nota-se que as concentrações médias observadas para DQO no afluente foram de 584 mg/L e para DBO foi de 318 mg/L, estando os valores bem próximos dos valores típicos, corroborando esta afirmação. Ressalta-se que a literatura reporta valores para esgotos domésticos e o esgoto desta ETE é mais específico, sendo composto por efluentes sanitários e de refeitórios.

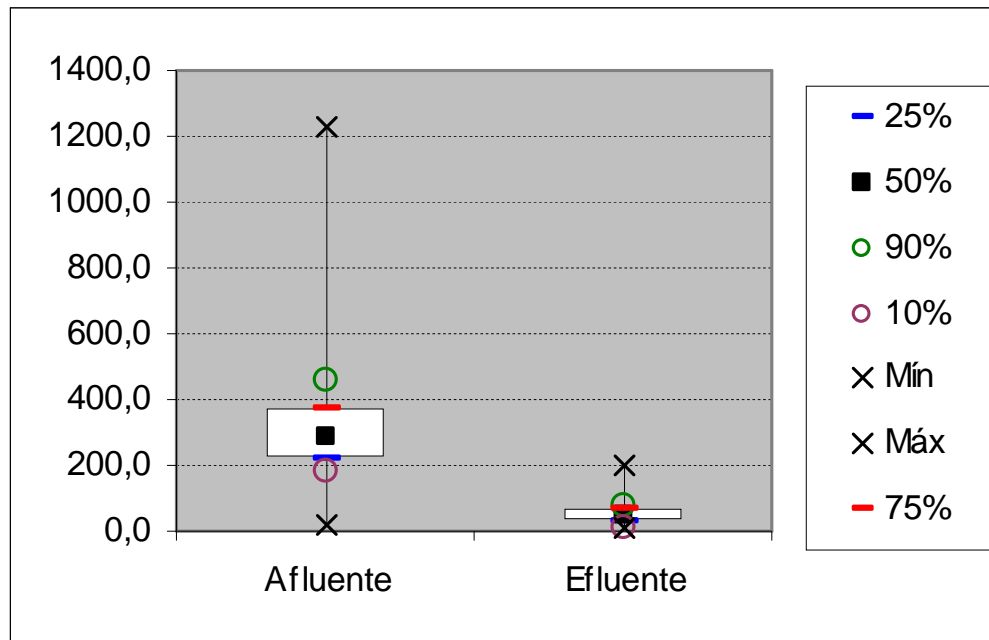


FIGURA 5.1 – Concentrações Afluentes e Efluentes – DBO (mg/L)

Ao analisar o gráfico representado pela Figura 5.1, que expressa as concentrações afluentes e efluentes, nota-se que cerca de 80% das concentrações afluentes de DBO, mostraram-se condizentes com o exposto pela literatura, estando estas concentrações entre 200 e 500 mg/L.

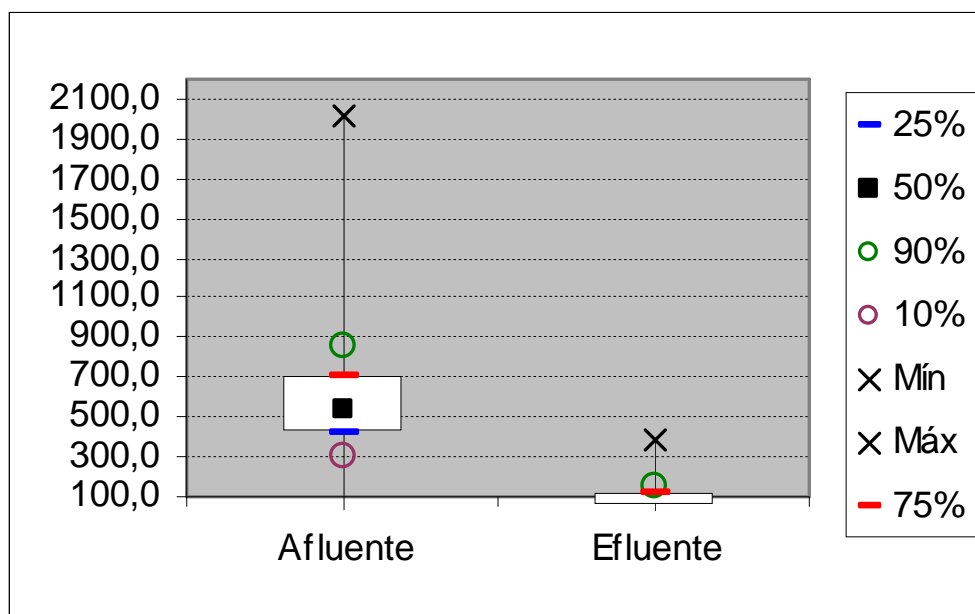


FIGURA 5.2 – Concentrações Afluentes e Efluentes – DQO (mg/L)

Fazendo esta mesma análise para o parâmetro DQO, representado pela Figura 5.2, nota-se que cerca de 75% das contrações afluentes de DQO para esgotos sanitários, mostraram-se totalmente compatível com o reportado pela literatura, estando estas concentrações em aproximadamente 700 mg/L.

Avaliando os dois gráficos, representados pelas Figuras 5.1 e 5.2, percebe-se nitidamente à melhoria da qualidade do efluente após tratamento, no que tange à remoção de matéria orgânica.

5.2 Condições de qualidade do lançamento dos efluentes e o enquadramento legal

Com a finalidade de avaliar a eficiência do sistema de tratamento da ETE Cauê e conseqüentemente o enquadramento legal, conforme legislação estadual DN Conjunta COPAM/CERH 01/2008, apresenta-se os dados em forma gráfica, nas Figuras 5.3 e 5.4.

Conforme legislação estadual vigente para lançamento de efluentes, há duas condições distintas no que tange ao enquadramento dos parâmetros DBO e DQO, atender ao limite de lançamento por concentração máxima em mg/L, e/ou atingir o percentual de eficiência mínima e média anual de remoção de carga orgânica.

Nesta análise serão considerados os padrões para lançamento quanto a eficiência mínima de remoção ou a concentração máxima em mg/L de DBO e DQO.

Visto que os limites da legislação estadual são mais restritivos e a legislação federal não faz referência a limites de concentrações ou eficiência mínima de remoção de DQO, nas Figuras 5.3 e 5.4, fez-se o comparativo apenas com os limites estabelecidos na DN Conjunta COPAM/CERH 01/2008.

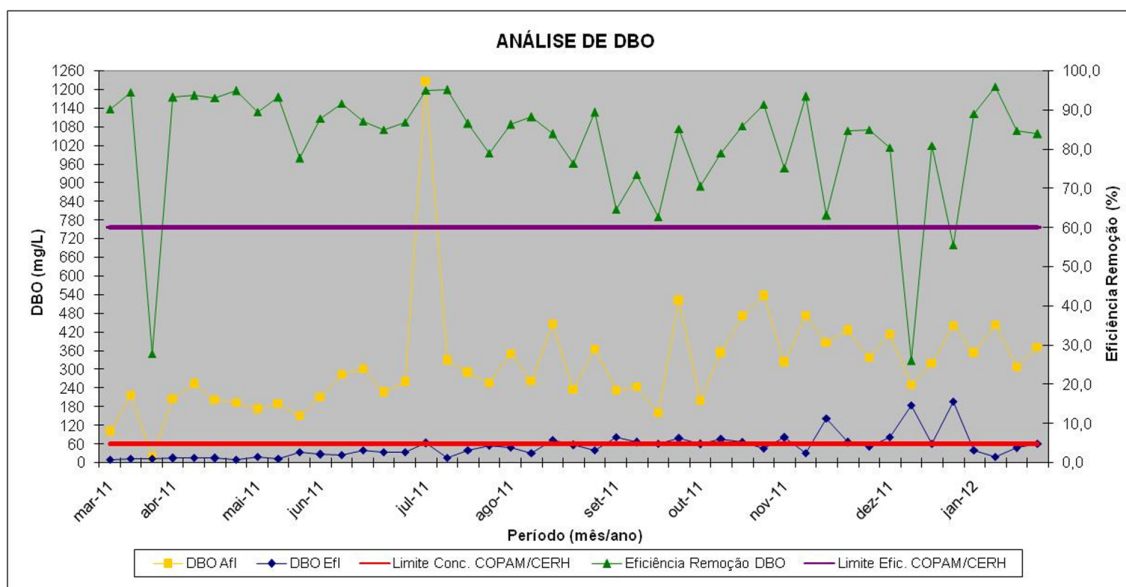


FIGURA 5.3 – DBO afluente e efluente x Eficiência de remoção de DBO

Analisando a Figura 5.3, observa-se que, a maioria dos resultados de DBO mostrou-se enquadrados conforme limites legais estabelecidos para lançamento de efluentes nos corpos receptores. Nota-se que três resultados, tiveram eficiências mínimas de remoção abaixo do estabelecido.

Os meses onde não foi atingida a eficiência mínima de remoção esperada foram abril (1 registro) e dezembro de 2011 (2 registros). Porém, em abril, apesar do percentual de remoção mínimo de DBO ter ficado aquém do esperado, a concentração máxima de DBO atendeu ao padrão para lançamento de efluente, conforme requisitos legais, estando o resultado igual a 13mg/L (TAB. 5.1).

Ainda em análise da Figura 5.3, nota-se dois episódios no mês de dezembro de 2011, mais precisamente nos dias de 15 e 28 (TABs. 5.1 e 5.2), onde não foi atendida nenhuma das duas condições estabelecidas na DN Conjunta COPAM/CERH 01/2008. Estes resultados anômalos podem ser justificados pelo aumento das vazões afluentes à ETE em razão dos elevados índices pluviométricos do mês de dezembro de 2011 (FIG 5.4 e ANEXO B).

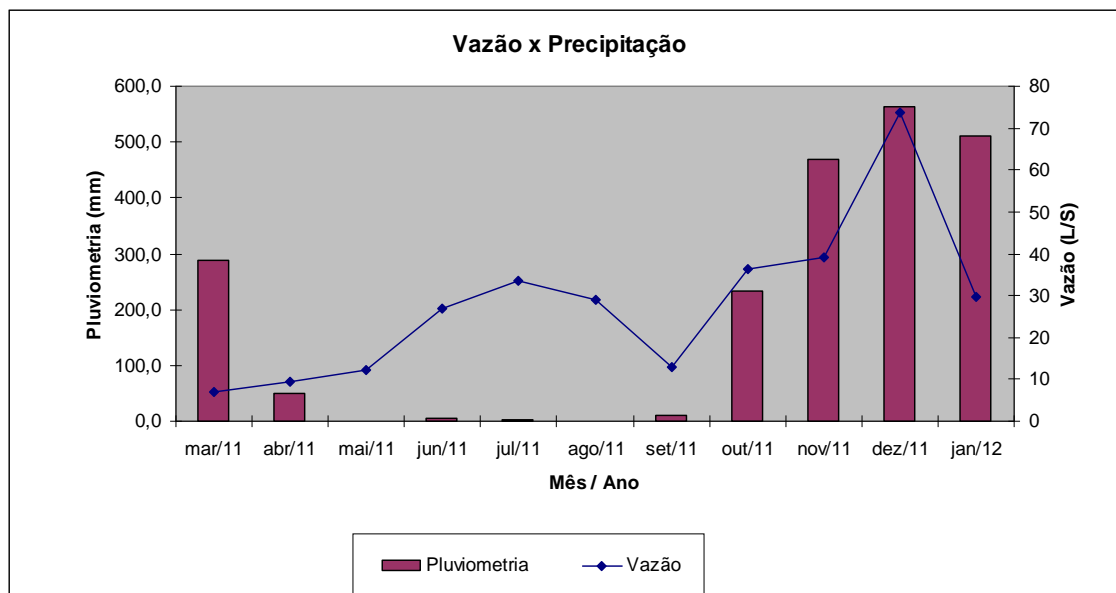


FIGURA 5.4 – Vazão média mensal afluyente da ETE Cauê x Precipitação média mensal

Em observação a Figura 5.4, nota-se nitidamente o aumento da precipitação no mês de dezembro, bastante característico do período chuvoso da região, e conseqüentemente a elevação do aporte de afluentes à ETE Cauê, o que provavelmente pode ter acarretado no menor desempenho da Estação de Tratamento.

A Figura 5.5, demonstra que os picos de vazão se coincidem com a incidência de precipitação, na maioria dos dias. No dia 15 de dezembro, a ETE - que tem vazão de projeto de 5L/s -, recebeu uma vazão de entrada superior a 8,0L/s (FIG. 5.5 e APENDICE A).

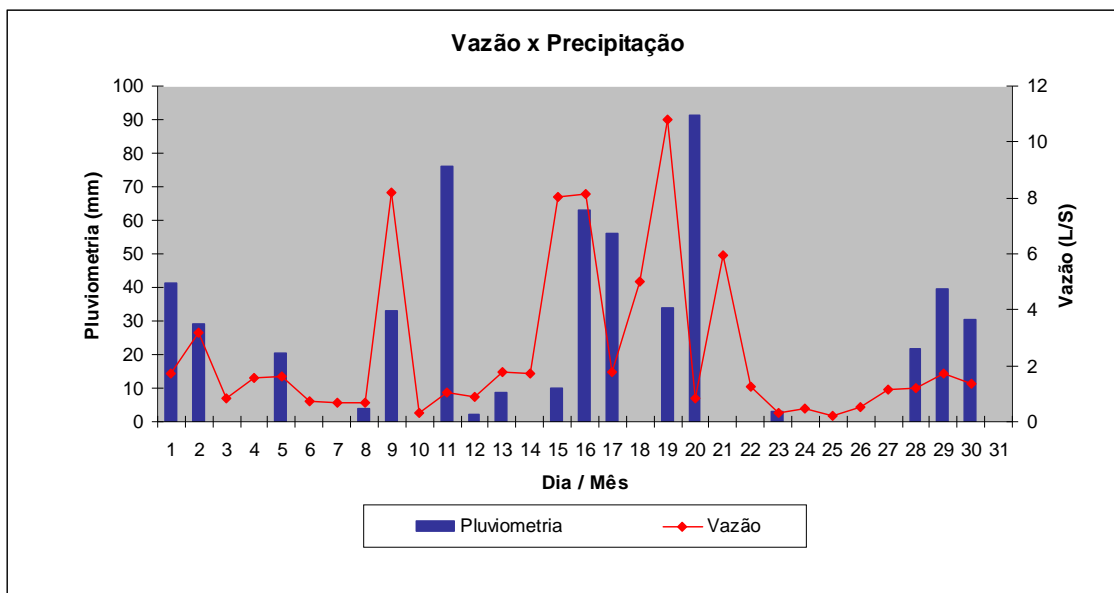


FIGURA 5.5 – Vazão média diária afluyente da ETE Cauê x Precipitação média diária

Conforme demonstrado na Figura 5.6, as eficiências de remoção de DQO na ETE Cauê mostraram-se elevadas. Assim como para o parâmetro DBO, somente três resultados não obtiveram a eficiência mínima de remoção conforme preconizado pela legislação, um registrado no mês de abril e os outros dois no mês de dezembro. Porém, em abril, apesar do sistema não ter atingido a eficiência mínima legal, a concentração foi de 20 mg/L estando conforme os padrões estabelecidos na legislação estadual para lançamento de efluentes.

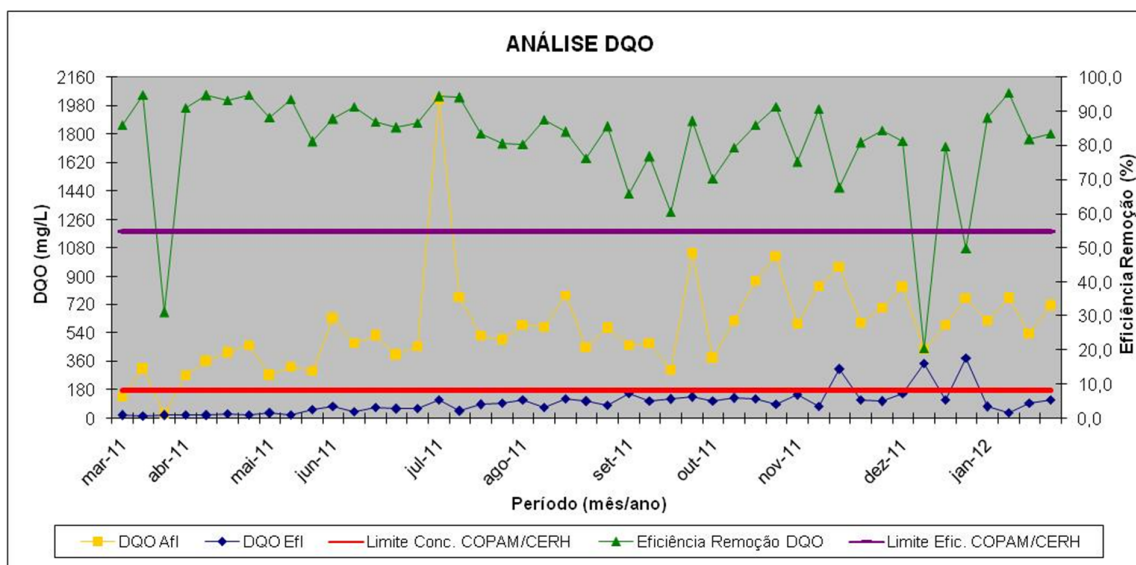


FIGURA 5.6 – DQO afluyente e efluyente x Eficiência de remoção de DQO

Assim como no caso do parâmetro DBO, os dois episódios anômalos no mês de dezembro de 2011, mais precisamente nos dias de 15 e 28 (TABs. 5.1 e 5.2), onde não foi atendida nenhuma das duas condições estabelecidas na DN Conjunta COPAM/CERH 01/2008, podem ser justificados pela elevação das vazões afluentes à ETE em razão dos elevados índices pluviométricos do mês de dezembro de 2011 (FIG.5.5).

Além disso, nota-se que três resultados ultrapassaram a concentração máxima em mg/L de DQO para lançamento de efluentes, de acordo com o preconizado pela legislação ambiental vigente. Estes resultados foram registrados nos meses de novembro e dezembro de 2011. Entretanto, no mês de novembro o sistema atingiu a eficiência mínima de remoção de 67,7% atendendo uma das condições impostas na legislação, podendo ser lançado ao corpo receptor.

As Figuras 5.7 e 5.8 demonstram graficamente o percentual de atendimento às duas condições preconizadas pela legislação ambiental estadual, para os parâmetros DBO e DQO, respectivamente.

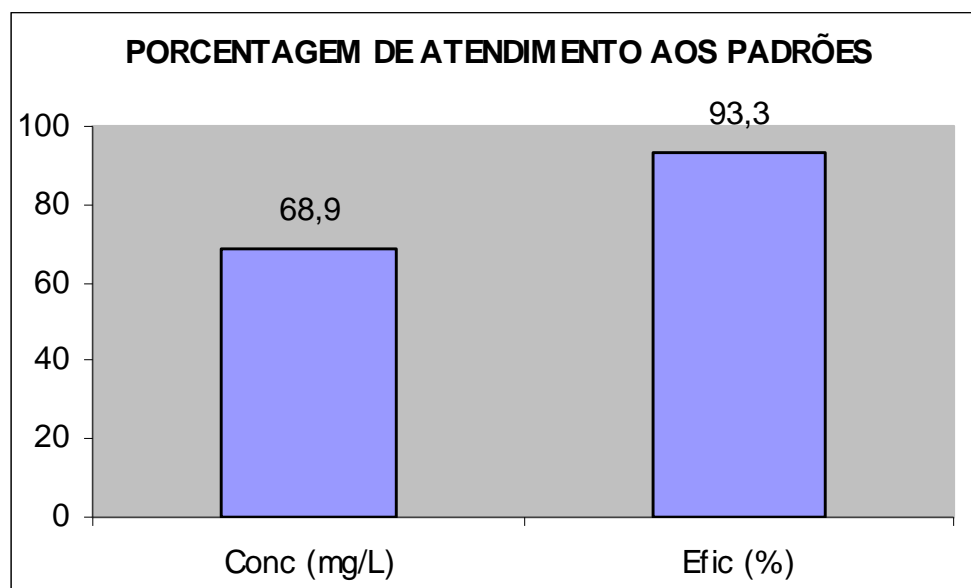


FIGURA 5.7 – Percentual de atendimento legal – Parâmetro DBO

Nota-se, em observação à Figura 5.7, que no que tange ao parâmetro DBO, o atendimento legal quanto ao percentual de remoção mínimo que é de 60%, foi de 93% e dos 45 resultados avaliados, 68,9% obtiveram concentrações máximas de DBO em conformidade.

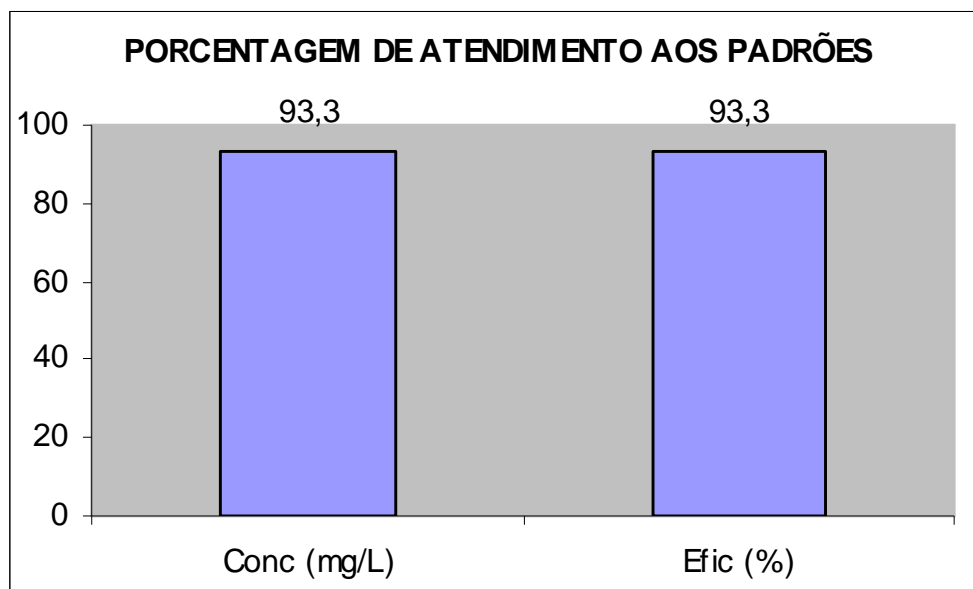


FIGURA 5.8 – Percentual de atendimento legal – Parâmetro DQO

Em análise à Figura 5.8, quanto ao parâmetro DQO, o atendimento quanto ao percentual de remoção mínimo e conformidade da concentração máxima em mg/L, foi de 93% para os 45 resultados avaliados.

Assim, nota-se que os resultados mostraram-se satisfatórios, em sua maioria, com apenas dois episódios anômalos no mês de dezembro de 2011 (dias 15 e 28/12/2011) que acarretaram num menor desempenho da ETE, ocasionando em violação aos limites legais estabelecidos pela legislação estadual de Minas Gerais, nestes dois dias. Desta forma, dos 45 dados analisados, ao longo do período, 96% atingiram aos padrões legais preconizados pela DN Conjunta COPAM/CERH 01/2008.

Cabe ressaltar que os efluentes tratados da ETE Cauê são direcionados à barragem de rejeito do Pontal – sistema de tratamento físico, não sendo descartados diretamente no curso d'água.

O efluente do vertedouro da barragem do Pontal também é monitorado pela mineradora, com periodicidade mensal, e nos meses estudados o parâmetro DBO se apresentou conforme aos padrões legais para lançamento de efluentes, conforme pode ser observado no APÊNDICE B.

Desta forma, apesar de não ter atingido a eficiência mínima esperada na saída da ETE Cauê, nos dias 15 e 28 de dezembro de 2011, não houve violação ao padrão de lançamento de efluente nos corpos d'água para o parâmetro DBO.

5.3 Desempenho real da ETE comparado ao reportado pela literatura

Conforme Jordão e Pessôa (2011) as eficiências típicas normalmente alcançadas pelo processo de lodos ativados na remoção de DBO e DQO é de 85 a 95% e segundo von Sperling (2002) a eficiência de remoção dos parâmetros DBO e DQO pelo sistema de lodos ativados convencional é de 85 a 95% e 85 a 90%, respectivamente, e na modalidade de aeração prolongada é de 93 a 98% e 90 a 95%, respectivamente.

Os resultados demonstraram que a Estação de Lodos Ativados por Fluxo Intermitente implantada na Mina Cauê atingiu uma média de eficiência de remoção ao longo do período estudado de 81,7% para DBO e 81,1 % para DQO, porém, é importante ressaltar que o efluente em questão é mais específico, pois não é composto somente de instalações sanitárias, tendo a fração de contribuição do refeitório/restaurante industrial.

A eficiência de remoção máxima observada para o parâmetro DQO foi de 95,5% e mínima de 20,5%, sendo que para o parâmetro DBO a eficiência máxima observada foi de 95,9% e mínima de 26%.

Os resultados de eficiência de remoção de carga orgânica demonstram que a Estação de Tratamento por lodos ativados Cauê mostrou-se satisfatória, estando bem próximo do reportado pelas literaturas específicas.

Em razão dos episódios anômalos ocorridos no mês de dezembro, com o aporte de águas de chuva à estação, fez-se uma verificação em toda a rede existente e providenciaram-se as adequações necessárias para a regularização desta inconformidade.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados analisados mostraram atendimento ao disposto nas legislações estadual (Minas Gerais) e federal, tanto para o parâmetro DQO quanto para DBO, em 96% das medições, estando o efluente enquadrado, quer em função da concentração máxima, ou em função da eficiência de remoção mínima exigida.

Os resultados demonstraram que a Estação de Lodos Ativados por Fluxo Intermitente implantada na Mina Cauê atingiu uma média de remoção de 82% do parâmetro DBO e 81 % de DQO, mostrando-se um sistema bastante eficiente no que tange à remoção de matéria orgânica.

Conforme esperado, o alto índice de atendimento legal deve-se à técnica de tratamento escolhida, corroborando com os estudos publicados sobre a elevada eficiência do sistema de tratamento por lodos ativados.

Visto que a confiabilidade de um sistema pode ser entendida como a porcentagem de tempo em que se conseguem as concentrações esperadas no efluente para cumprir com os padrões de lançamento, e o sistema teve 96% de atendimento legal, mostrou-se assim confiável na remoção de matéria orgânica, pois na maior parte do período de estudo obteve um desempenho adequado.

Porém, visto que não se fez uma investigação do desempenho da ETE, com a análise de parâmetros específicos de controle de desempenho (idade do lodo, relação alimento/microrganismo), bem como também não se procedeu a uma caracterização do lodo gerado, não é possível afirmar que a Estação tem seu desempenho otimizado, apenas que se mostra eficiente na remoção de DBO e DQO e cumpre com o papel para o qual foi implantada nesta indústria.

Sugere-se inserir o parâmetro DQO no plano de amostragem da empresa no ponto da barragem do Pontal para verificação do atendimento legal aos padrões de lançamento de efluente nos corpos receptores.

REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9898: *Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores*. Rio de Janeiro, 1987. 34 p.

American Public Health Association (APHA); American Water Works Association (AWWA); Water Environment Federation (WEF). *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 20. ed. Washington: APHA, AWWA, WEF, 2005.

AMMAN, R.; GLÖCKNER, F.O.; NEEF, A. Modern methods in subsurface microbiology: in situ identification of microorganisms with nucleic acid probes. *FEMS Microbiology Reviews*, v. 20, n. 3-4, p. 191-200, 1997. apud OLIVEIRA, S.S.; ARAUJO, C.V.M.; FERNANDES, J.G.S. Microbiologia de sistema de lodos ativados e sua relação com o tratamento de efluentes industriais: a experiência da Cetrel. *Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES)*, v.14, n.2, p.183-192, abr/jun.2009.

BRASIL. CONAMA. *Resolução nº 357 de 17 de março de 2005*. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. Diário Oficial da União, Brasília, 18 de março de 2005.

_____: *Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011*. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Diário Oficial da União, Brasília, 16 de maio de 2011.

COMUSA, Serviço de Água e Esgoto de Novo Hamburgo. 2011. Disponível em <<http://www.comusa.com.br/index.php/saneamento/tratamentoesgoto>>. Acesso em out. 2011.

JORDÃO, P.E; PESSÔA, A.C, *Tratamento de Esgotos Domésticos*. 6 ed. Rio de Janeiro, Associação Brasileira de Engenharia Ambiental e Sanitária - ABES, 2011.

MINAS GERAIS. *Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 1, de 5 de maio de 2008*. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para seu enquadramento, bem como estabelece condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Minas Gerais. Belo Horizonte, 2008.

MOTA, Suetônio. *Introdução à Engenharia Ambiental*. 4 ed. Rio de Janeiro: ABES, 2006.

NUVOLARI, A (Coord.). *Esgoto Sanitário*. 3 ed. São Paulo, Bluncher 2009. 520 p.

OLIVEIRA, S.C; VON SPERLING, M. *Análise da Confiabilidade de Estações Tratamento de Esgotos*. Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES), v.12, n.4, p.389-398, out/dez.2007.

_____: Avaliação comparativa de seis tecnologias de tratamento de esgoto, em Termos de atendimento a padrões de lançamento para DBO. *In: 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES)*. Campo Grande – MS. II-404, p. 17. 2007.

VON SPERLING, M. *Introdução à Qualidade de Água e ao Tratamento de Esgotos*. 3 ed. Belo Horizonte, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - UFMG, 2005.

_____: Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. Vol. 4. *Lodos Ativados*. 2 ed. Belo Horizonte, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - UFMG, 428pp, 2002.

_____: Dimensionamento de lodos ativados por batelada utilizando os princípios da teoria do fluxo de sólidos. *Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES)*, v.6, n.3-4, p.147-156, out/dez.2001.

ANEXOS

ANEXO A – Projeto detalhado – ETE Cauê

ANEXO B – Relatório Pluviometria – Pluviômetro Mina Cauê

APÊNDICE

APÊNDICE A – Relatório de Controle de Vazão Média - ETE Cauê

VAZÃO MEDIA ETE CAUE - L/s											
Dia	mar/11	abr/11	mai/11	jun/11	jul/11	ago/11	set/11	out/11	nov/11	dez/11	jan/12
1	0,044	0,130	0,244	1,594	1,054	1,245	1,245	0,350	1,082	1,701	0,735
2	0,077	0,179	0,280	1,951	1,188	0,617	0,407	0,035	0,72	3,197	1,551
3	0,086	0,203	0,377	0,290	0,101	1,101	0,676	0,205	0,699	0,823	2,530
4	0,241	0,136	0,501	0,876	0,746	0,941	0,280	0,163	0,481	1,562	1,520
5	0,072	0,144	0,444	0,551	1,120	0,927	0,227	0,223	0,263	1,599	1,247
6	0,221	0,136	0,934	0,282	0,680	0,609	1,117	0,658	0,36	0,725	1,400
7	0,482	0,157	0,307	1,054	1,698	0,431	0,065	0,484	0,632	0,669	1,518
8	0,449	0,165	0,276	0,554	0,912	1,409	0,263	0,082	0,754	0,677	0,366
9	0,487	0,403	0,419	0,590	0,465	1,166	0,830	0,577	1,076	8,205	1,217
10	0,572	0,208	0,529	1,169	0,109	1,102	0,167	0,717	0,433	0,313	0,310
11	0,620	0,623	0,553	0,498	0,571	1,048	0,357	0,504	0,939	1,055	0,666
12	0,167	0,387	0,000	0,294	0,446	2,285	0,878	0,546	0,89	0,906	1,908
13	0,159	0,324	0,000	0,179	0,831	0,752	0,323	0,960	0,501	1,749	0,770
14	0,112	0,520	0,000	0,845	1,456	0,653	0,324	1,280	1,073	1,719	1,437
15	0,221	0,442	0,000	0,922	2,030	0,808	0,238	6,419	1,188	8,028	0,468
16	0,377	0,379	0,000	2,243	2,401	0,724	0,522	4,194	0,703	8,129	0,367
17	0,191	0,681	0,000	0,600	2,740	0,848	0,222	5,542	0,564	1,777	0,366
18	0,160	0,303	0,521	1,043	1,051	0,951	0,273	1,082	0,842	5,014	0,547
19	0,155	0,436	0,555	0,632	0,765	1,04	0,287	0,614	1,088	10,807	0,906
20	0,152	0,842	0,300	0,899	1,223	1,384	0,281	0,485	0,483	0,816	0,759
21	0,153	0,622	0,299	0,493	0,792	0,11	0,471	0,843	0,933	5,944	1,180
22	0,165	0,264	0,033	1,012	0,484	0,489	0,382	1,017	6,188	1,267	0,091
23	0,255	0,153	1,052	0,277	0,344	1,033	0,524	1,017	1,553	0,32	0,853
24	0,194	0,297	0,054	0,826	0,603	1,295	0,212	1,650	2,242	0,49	0,853
25	0,482	0,202	0,640	1,129	1,202	0,606	0,477	0,415	6,498	0,23	0,494
26	0,237	0,106	0,565	0,403	2,231	1,341	0,574	0,408	2,312	0,52	0,797
27	0,077	0,330	0,579	0,423	0,956	0,702	0,574	0,493	1,043	1,13	0,673
28	0,089	0,278	0,871	0,892	0,971	0,76	0,252	4,313	2,143	1,191	1,754
29	0,038	0,093	1,126	1,628	0,888	0,8	0,409	0,262	0,704	1,71	0,479
30	0,178	0,376	0,000	2,625	1,419	0,995	0,153	0,382	0,695	1,381	1,162
31	0,212	-	0,938	-	1,919	0,897	-	0,511	-	-	0,807
Q media mensal	7,125	9,519	12,397	26,774	33,396	29,069	13,010	36,431	39,082	73,654	29,731

**APÊNDICE B – Resultados de Monitoramento Vertedouro da Barragem
Pontal – Março de 2011 a Janeiro de 2012**