



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA HIDRÁULICA E AMBIENTAL
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

JAIANE ROCHA PINHEIRO

**QUALIDADE DE EFLUENTE EM ALGUMAS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE
ESGOTOS EM FORTALEZA, CEARÁ**

FORTALEZA

2018

JAIANE ROCHA PINHEIRO

QUALIDADE DE EFLUENTE EM ALGUMAS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE
ESGOTOS EM FORTALEZA, CEARÁ

Trabalho de conclusão de curso apresentada ao Curso de graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Fernando José Araújo da Silva.

FORTALEZA

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- P72 Pinheiro, Jaiane Rocha.
Qualidade de efluente em algumas estações de tratamento de esgotos em Fortaleza, Ceará / Jaiane Rocha Pinheiro. – 2018.
45 f. : il.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia Civil, Fortaleza, 2018.
Orientação: Prof. Dr. Prof. Dr. Fernando José Araújo da Silva.
1. Estação de Tratamento de Efluente. 2. Demanda Química de Oxigênio. 3. Saneamento Básico. I.
Título.

CDD 620

JAIANE ROCHA PINHEIRO

QUALIDADE DE EFLUENTE EM ALGUMAS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE
ESGOTOS EM FORTALEZA, CEARÁ

Trabalho de conclusão de curso apresentada ao
Curso de graduação em Engenharia Civil da
Universidade Federal do Ceará, como requisito
parcial à obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Civil

Aprovada em: 14/08/2018.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Fernando José Araújo da Silva (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Mário Ângelo Nunes de Azevedo Filho
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Engenheira, MEng. Maria Patrícia Sales Castro

A Deus.

Aos meus pais, Pinheiro Jr. e Rivânia.

AGRADECIMENTOS

A Deus, primeiramente, por ter guiado e colocado tantas pessoas boas no meu caminho durante essa jornada.

A meus pais, Pinheiro Jr. e Rivânia, por estarem sempre ao meu lado em todos os momentos transmitindo força, apoio e acreditando em mim acima de tudo.

As minhas irmãs de sangue e de coração, Jéssica e Maria Isabel, pelos 3 anos morando juntas, amenizando as dificuldades de morar longe de casa.

A Jô e o seu Elilton, por terem me acolhido desde o primeiro dia da minha transferência para Fortaleza e me tratado como filha esses anos.

Ao meu namorado Samuel, pela compreensão e companheirismo que foram extremamente importantes, e a sua família por todo o carinho.

Aos meus avós, tios e amigos, que direta ou indiretamente, contribuíram para a conclusão dessa etapa tão importante da minha vida.

A todos os meus professores pelos conhecimentos compartilhados, em especial ao meu orientador Fernando José que gentilmente me ajudou e orientou nesse trabalho, dando todo o suporte necessário.

Obrigado a todos que de alguma forma participaram dessa fase que se encerra, abrindo novos horizontes.

RESUMO

Foram estudadas 10 Estações de Tratamento de Efluente localizadas no Município de Fortaleza – CE. Foi utilizado como dado de entrada valores de DQO, Coliformes Termotolerantes e pH para 8 meses no ano de 2016, obtidos de relatórios disponibilizados pela CAGECE, tendo como objetivo determinar o IQE_f e a eficiência das tecnologias empregadas nas ETE's. A metodologia empregada foi a análise estatística dos valores de DQO_b e DQO_t e a análise comparativa dos resultados da diminuição da concentração de DQO entre as tecnologias e o cálculo do Grau de Atendimento à Norma dos demais parâmetros. Os resultados demonstraram que as ETE's que utilizam o reator UASB obtiveram maior média de IQE_f , 64,51%. As ETE's que fazem o uso de Lagoa de Estabilização apresentaram menor média de IQE_f com 51,36%. Das 10 ETE's estudadas e operadas pelas CAGECE, apenas 3 lançaram seus efluentes, no momento da coleta, dentro dos limites exigidos pelas Resoluções da SEMACE e do COEMA. Em relação ao grau de atendimento as ETE's operadas por UASB apresentaram maior média do Grau de Atendimento em todos os parâmetros com uma média de 61,11%. A tecnologia de Lodos Ativados, apenas com uma ETE analisada, apresentou uma média do Grau de Atendimento de 58,33%, seguido do Decanto digestor/Filtro anaeróbio com 56,94% e por último a Lagoa de Estabilização com 40,27%. Nesse contexto, foi possível que concluir que existe ineficiência no tratamento do efluente, nas ETE's estudadas, referente ao parâmetro DQO, quando se compara com o limite máximo exigido pela Resolução SEMACE de 200mg/L.

Palavras-chave: Estação de Tratamento de Efluente. Demanda Química de Oxigênio. Saneamento Básico.

ABSTRACT

We studied 10 Effluent Treatment Stations located in the Municipality of Fortaleza - CE. It was selected as one of the COD status indicators, 8 months ago in 2016, with the objective of making CAGECE's resources available, with the objective of obtaining an IQE_f and a survey of the technologies used in the ETE's. The methodology used was a statistical analysis, with the RStudio software, of the COD_b and COD_t values and a comparative analysis of the results of the COD consolidation among the technologies. The results were demonstrated as ETE's using the UASB and obtained a higher IQE_f mean, 64.51%. As ETE's that make the use of Pond of Stabilization to the lowest average of IQE_f with 51.36%. The 10 ETE's studied and operated by CAGECE are only 3 released their effluents, at the time of collection, within the limits required by the SEMACE and COEMA Resolutions. Regarding the degree of care such as those operated by the UASB in the ETE, the highest attendance rate in all parameters averaged 61.11%. The Activated Sludge technology, with only one ETE, had an average attendance rate of 58.33%, a digester followed by the Decant / anaerobic Filter with 56.94% and finally the Stabilization Lagoon with 40.27%. In the context, it was possible that the conclusion does not exist in the treatment of the effluent, in the ETE's studies, referring to the parameter COD, when it is compared with the maximum resolution possible by the SEMACE resolution of 200mg / L.

Keywords: Effluent Treatment Station. Chemical Oxygen Demand. Basic sanitation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Localização das Estações de Tratamento de Esgoto analisadas	22
Figura 2- Valores de DQOb	25
Figura 3- Valores de DQOt.....	26
Figura 4- valores de pH	37
Figura 5- valores de CT.....	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Parâmetros de lançamentos de efluentes – CONAMA 430/2011	17
Tabela 2 - Parâmetros de lançamentos de efluentes – COEMA 02/2017	18
Tabela 3 - dados das ETEs estudadas	23
Tabela 4 - dados estatísticos de DQO	25
Tabela 5- Valores mensais de DQOb	26
Tabela 6 - Valores mensais de DQOt.....	27
Tabela 7 – Eficiência média da ETEs	28
Tabela 8 - Eficiência da ETE Bandeirantes 05	28
Tabela 9 - Eficiência da ETE Centro de Eventos	29
Tabela 10 - Eficiência da ETE Conjunto Araturi.....	29
Tabela 11 - Eficiência da ETE Conjunto Palmeiras	30
Tabela 12 - Eficiência da ETE Conjunto Pequeno Mondubim	31
Tabela 13 - Eficiência da ETE Conjunto Tancredo Neves	31
Tabela 14 - Eficiência da ETE Dias Macedo.....	32
Tabela 15 - Eficiência da ETE Irmã Dulce II	33
Tabela 16- Eficiência da ETE Itaperi I	33
Tabela 17 - Eficiência da ETE Itaperussu	34
Tabela 18 - Valores de DQOt das ETE's	35
Tabela 19- dados estatísticos de pH.....	36
Tabela 20- dados estatísticos de Coliformes Termotolerantes.....	37
Tabela 21 - resultados do grau de atendimento das tecnologias de tratamento.....	38

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CAGECE – Companhia de água e esgoto do Estado do Ceará;

COEMA – Conselho Estadual do Meio Ambiente;

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente;

CT – Coliformes Termotolerantes;

DQO – Demanda Química de Oxigênio;

DQO_b - Demanda Química de Oxigênio bruta;

DQO_t - Demanda Química de Oxigênio tratada;

ETE – Estação de Tratamento de Efluentes;

IQE_f – Índice de Qualidade do Efluente;

pH – Potencial Hidrogeniônico;

PNSB – Plano Nacional de Saneamento Básico;

SEMACE – Superintendência Estadual do Meio Ambiente.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVOS.....	13
2.1. Objetivo geral	13
2.1.1. Objetivos específicos.....	13
2.2. Justificativa do estudo	13
2.3. Estrutura do trabalho	13
3. REFERENCIAL TEÓRICO.....	14
4. METODOLOGIA	22
4.1. Área de Estudo	22
4.2. Levantamento de dados	22
4.3. Análise dos dados	23
4.4. Grau de atendimento.....	24
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	25
5.1. Demanda Química de Oxigênio (DQO).....	25
5.2. Eficiência da Tecnologia Implantada.....	27
5.3. Potencial Hidrogeniônico (Ph)	37
5.4. Coliformes Termotolerantes	38
5.5. Grau de atendimento.....	39
6. CONCLUSÕES	41
REFERÊNCIAS	42

1. INTRODUÇÃO

O crescimento populacional e as altas demandas de água pela indústria geram um volume elevado de efluente que, somado a falta de saneamento básico, principalmente em países em desenvolvimento, como o Brasil, cooperam para impactos ambientais e de saúde pública.

O investimento em saneamento básico, incluindo a coleta e o tratamento de esgoto, não é a prioridade dos gestores, principalmente em regiões mais periféricas e nas zonas rurais.

Nuvolari (2003) afirma que a disposição adequada dos esgotos é essencial à proteção da saúde pública e do meio ambiente. São inúmeras as doenças que podem ser transmitidas pela falta da disposição adequada do esgoto sanitário.

O Instituto Trata Brasil (2018) conclui no seu estudo que 55% do esgoto gerado no Brasil, o que corresponde a 5,2 bilhões de metros cúbicos por ano, são despejados diretamente na natureza sem qualquer tipo de tratamento.

Além do baixo índice de esgoto tratado, existe a preocupação com a qualidade do efluente após a Estação de Tratamento de Esgoto (ETE). É de fundamental importância o conhecimento das características físico-química e biológicas do efluente. Assim, é possível determinar o melhor sistema de tratamento e dimensionar o mesmo para que a eficiência atinja os parâmetros das legislações vigentes.

Segundo Von Sperling (1996), eficiência, confiabilidade, disposição do lodo, requisitos de área, impactos ambientais, custos de operação, custos de implantação, sustentabilidade e simplicidade são aspectos importantes na seleção de sistemas de tratamento de esgotos. Cada sistema deve ser analisado individualmente, priorizando a melhor alternativa técnica e econômica.

Neste contexto é importante conhecer o desempenho das ETE's em funcionamento, seu regime de operação e manutenção da mesma e a variabilidade da qualidade do efluente antes da sua disposição final.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo geral

Avaliar o índice de qualidade de efluente de dez estações de tratamento de esgotos no município de Fortaleza, Ce.

1.1.2. Objetivos específicos

- Comparar o IQE_F quanto às tecnologias de tratamento empregados no estudo;
- Efetuar análise de sensibilidade para cômputo do IQE_F ;

1.2. Justificativa do estudo

Segundo dados da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico – PNSB de 2008, apenas 55,16% do território nacional possui rede coletora de esgoto. Em Fortaleza, esse número cresce para 84,62%. Nesse contexto, é de fundamental importância o conhecimento e caracterização desses efluentes domésticos e industriais lançados nas redes coletoras, a fim de determinar tecnologias mais adequadas para o tratamento dos mesmos de forma eficaz e que não contribuía para possíveis problemas ambientais, dentre eles a poluição dos rios que servem como corpo receptor do efluente após a sua saída da Estação de Tratamento de Efluente.

1.3. Estrutura do trabalho

O trabalho está estruturado dentro das normas previsto pela Universidade Federal do Ceará para Trabalho de Conclusão de Curso. Assim, este trabalho possui, em seus elementos textuais e em ordem, INTRODUÇÃO, OBJETIVOS, REVISÃO BIBLIOGRÁFICA, METODOLOGIA, RESULTADOS E DISCUSSÕES E CONCLUSÕES.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

A sobrevivência humana e das demais espécies do planeta estão ameaçadas quando se reflete sobre as mudanças na quantidade, na distribuição e na qualidade dos recursos hídricos. O crescimento populacional desenfreado e o crescimento das atividades econômicas, tanto no meio urbano como no meio rural, podem ser citados como causas do elevado consumo e da degradação desses recursos (BORGES, GALBIATTI, & FERRAUDO, 2003).

Entre os séculos XIX e XX, o Brasil era conhecido no exterior por ser um local onde proliferavam epidemias de febre amarela, varíola e peste bubônica. No ano de 1857, no Brasil, foi implantada a primeira rede de esgotos do país, na cidade do Rio de Janeiro, onde um contrato firmado entre o Imperador D. Pedro II e uma empresa Inglesa (NUVOLARI, 2003).

Somente em 10 de julho de 1934, foi instituído pelo Decreto nº 24.643, o Código das Águas, uma política hídrica mais moderna, para a época em questão, e que é o marco legal do gerenciamento dos recursos hídricos no Brasil. O Código abrangia alguns aspectos como aplicação de penalidades, aproveitamento das águas, regras para concessões e autorizações, fiscalizações, desapropriação e derivações (MIZUTORI, 2009).

LEONETI *et al*, (2011) afirma que desde a década de 1950 até o final do século passado, fez-se no Brasil um investimento em saneamento básico de forma pontual e em períodos específicos, destaque para os anos de 1970 e 1980. Ainda em consequência desse aspecto, o Brasil ainda está marcado por uma enorme desigualdade e déficit ao acesso, especialmente em relação à coleta e tratamento de esgoto.

O esgotamento sanitário é um dos pilares do saneamento básico, juntamente com o abastecimento de água, o gerenciamento de resíduos sólidos, o manejo de águas pluviais e o controle de doenças transmissíveis (BARROS *et al*, 1995)

Dentre algumas definições para esgoto ou efluente, Metcalf e Eddy (2003) o definiu como a água residuária de uma comunidade após ter sido utilizada, oriunda de diferentes atividades, sendo considerada também como a combinação de diferentes resíduos líquidos ou sólidos diluídos em água e resultantes de indústrias, residências, comércios, regimes pluviais e demais atividades.

Sperling (2005), um dos pesquisadores mais influentes em tratamento de água e esgoto no Brasil, revela a preocupação da maioria dos países com relação ao lançamento de efluentes em corpos d'água provenientes de estações de tratamento de esgoto (ETE), tornando-se necessário o estabelecimento de políticas e normas ambientais que não

comprometam a qualidade dos recursos hídricos minimizando os impactos ambientais recorrentes dessa prática, definindo critérios para locais de descarga e nível de tratamento.

Para controlar a poluição da água são necessárias medidas preventivas e as fundamentais são: estabelecer exigências para o lançamento de efluentes em corpos d'água; implantação de sistema de coleta e tratamento de esgoto; coleta, destinação e tratamento adequado dos resíduos sólidos; controle do uso de fertilizantes e pesticidas; regulação do uso e ocupação do solo; e reutilização adequada da água (MOTA, 2008).

Os esgotos domésticos são compostos, na sua grande maioria, por matéria orgânica, nos países desenvolvidos as técnicas mais utilizadas para sua decomposição ocorrer por meios aeróbios (presença de oxigênio), no Brasil, ao contrário, utilizam-se dos anaeróbios (ausência de oxigênio) (SANEPAR, 2005).

Para Sampaio & Gonçalves (1999), o estudo prévio a implantação de ETE deve ser realizado levando consideração um grupo de opções viáveis, considerando os aspectos econômicos, financeiros, técnicos, ambientais e a realidade sociopolítica.

Segundo Feistel (2011) é necessário levar em consideração, para se projetar o tratamento para qualquer efluente, as condições do curso d'água receptor como o conhecimento dos níveis de autodepuração e os limites definidos pela legislação ambiental, e as características do efluente bruto gerado.

Piveli (2006) afirma que o tratamento dos efluentes é desenvolvido, principalmente, por processos biológicos, associados às operações físicas de concentração e separação de sólidos. Compreendendo as seguintes etapas: preliminar (gradeamento e desarenação), tratamento primário (floculação e sedimentação), tratamento secundário (processos biológicos) e tratamento avançado.

É importante conhecer todos os processos e fases que concluem o tratamento de esgoto. Sperling (2005) afirma que o tratamento preliminar é responsável apenas a remoção dos sólidos grosseiros, enquanto o tratamento primário visa a remoção de sólidos sedimentáveis e, em decorrência, parte da matéria orgânica. No tratamento secundário o objetivo principal é a remoção da matéria orgânica e eventualmente nutrientes (nitrogênio e fósforo) e o tratamento terciário objetiva a remoção de poluentes específicos (usualmente tóxicos ou compostos não biodegradáveis).

O Brasil utiliza-se do sistema separador absoluto no qual separa as águas pluviais em linhas de drenagem independentes e que não contribuem para a ETE. Porém, os usuários utilizam-se das redes de drenagem para fazer ligações do esgoto, ou ao contrário, o que configura uma situação irregular (SPERLING et al., 2003),.

No Estado do Ceará a Companhia de Água e Esgoto do Estado do Ceará (CAGECE) opera 280 Estações de Tratamento de Esgoto. O índice de cobertura do sistema de esgotamento sanitário chega a 40,58% para todo o Estado, nos municípios atendidos pela CAGECE. Só na Capital, este índice é de 58,09% (CAGECE, 2018).

A CAGECE utiliza principalmente o processo natural das lagoas de estabilização realizado por meio de agentes biológicos, não sendo necessária à adição de produtos químicos. Assim, a Companhia faz a utilização de lagoas do tipo anaeróbias, facultativas e de maturação e ainda lodos ativos e filtro biológico.

- Lagoas anaeróbias: São lagoas com profundidades da ordem de 2 a 5 metros, cujo objetivo é minimizar a presença de oxigênio para que a estabilização da matéria orgânica ocorra estritamente em condições anaeróbias;
- Lagoas facultativas: São lagoas com profundidade de 1,5 a 2 metros. Neste tipo de lagoa ocorrem dois processos distintos: aeróbios e anaeróbios. Na região superficial ocorre o processo fotossintético realizado pelas algas onde há liberação de oxigênio no meio, favorecendo o processo aeróbio e, no fundo quando a matéria orgânica tende a sedimentar ocorrem os processos anaeróbios.
- Lagoas de maturação: São lagoas com profundidades de 1 a 1,5 metros e sua principal função é remover patogênicos devido à boa penetração de radiação solar, elevado pH e concentração de oxigênio dissolvido.
- Lodos ativados que É um processo biológico onde o esgoto afluente, na presença de oxigênio dissolvido, agitação mecânica e pelo crescimento e atuação de microrganismos específicos, forma flocos denominados lodo ativado ou lodo biológico. Objetiva a remoção de matéria orgânica biodegradável presente nos esgotos.
- Destinados a oxidação biológica da matéria orgânica remanescente de decantadores. No processo o efluente do decantador é aspergido continuamente sobre um leito de pedras justapostas entre os quais o ar pode circular.

Todo esgoto gerado, em Fortaleza, é tratado através das estações de Pré-Condicionamento de Esgoto (EPC), com o objetivo de remover o material sólido e o material flutuante no esgoto. A EPC é constituída de um conjunto de peneiras rotativas e desarenadores, com capacidade de tratamento de 3 metros cúbicos por segundo. finalizado o processo de pré-condicionamento, o esgoto é lançado ao mar por meio do sistema de

emissário submarino, onde são diluídos e afastados do litoral de Fortaleza pelas correntes marítimas a cerca de 3.330 metros da costa e a uma profundidade de 16 metros. As correntes marítimas fazem a dispersão dos esgotos pré-condicionados (CAGECE, 2018).

A Resolução CONAMA nº 430/2011 dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução CONAMA nº 357/2005, com regência nacional (CONAMA, 2011).

Tabela 1- Parâmetros de lançamentos de efluentes – CONAMA 430/2011

Parâmetros Inorgânicos	Valores máximos
Arsênio total	0,5 mg/L As
Bário total	5,0 mg/L Ba
Boro total (Não se aplica para o lançamento em águas salinas)	5,0 mg/L B
Cádmio total	0,2 mg/L Cd
Chumbo total	0,5 mg/L Pb
Cianeto total	1,0 mg/L CN
Cianeto livre (destilável por ácidos fracos)	0,2 mg/L CN
Cobre dissolvido	1,0 mg/L Cu
Cromo hexavalente	0,1 mg/L Cr+6
Cromo trivalente	1,0 mg/L Cr+3
Estanho total	4,0 mg/L Sn
Ferro dissolvido	15,0 mg/L Fe
Fluoreto total	10,0 mg/L F
Manganês dissolvido	1,0 mg/L Mn
Mercúrio total	0,01 mg/L Hg
Níquel total	2,0 mg/L Ni
Nitrogênio amoniacal total	20,0 mg/L N
Prata total	0,1 mg/L Ag
Selênio total	0,30 mg/L Se
Sulfeto	1,0 mg/L S
Zinco total	5,0 mg/L Zn
Parâmetros Orgânicos	Valores máximos
Benzeno	1,2 mg/L
Clorofórmio	1,0 mg/L
Dicloroeteno (somatório de 1,1 + 1,2cis + 1,2 trans)	1,0 mg/L
Estireno	0,07 mg/L
Etilbenzeno	0,84 mg/L
fenóis totais (substâncias que reagem com 4-aminoantipirina)	0,5 mg/L C ₆ H ₅ OH
Tetracloroeto de carbono	1,0 mg/L
Tricloroeteno	1,0 mg/L
Tolueno	1,2 mg/L
Xileno	1,6 mg/L

Fonte: CONAMA 430/2011

Comparando a Resolução nº 430/2011 com a Resolução nº 357/2005, a principal diferença é que a primeira determina que ocorra uma remoção mínima de 60% de DBO, podendo reduzido este limite somente no caso de existência de estudo de autodepuração do corpo hídrico comprovando atendimento às metas do enquadramento do corpo receptor enquanto que a Resolução nº 357/2005 não determina limite deste parâmetro para descarte de efluente (VALANDRO, 2012).

No Estado do Ceará a Resolução COEMA 02/2017 dispõe sobre condições, parâmetros, padrões e diretrizes para gestão do lançamento de efluentes em corpos receptores e em rede coletora de esgoto, em atendimento aos princípios e respectivos objetivos da Política Nacional de Meio Ambiente (Arts.2º e 3º da Lei nº 6938/1981), bem como, em consonância com a Resolução CONAMA nº 357 , de 17 de março de 2005, e Resolução CONAMA nº 430 , de 13 de maio de 2011.

Tabela 2 - Parâmetros de lançamentos de efluentes – COEMA 02/2017

Parâmetros Inorgânicos	Valores Máximos
Alumínio	10 mg Al/L
Arsênio Total	0,5 mg As/L
Bário	5,0 mg Ba/L
Boro	5,0 mg B/L
Cádmio	0,2 mg Cd/L
Chumbo	0,5 mg Pb/L
Cianeto Total	1 mg CN/L
Cobre dissolvido	1 mg Cu/L
Cromo hexavalente	0,1 mg Cr/L
Estanho	4,0 mg Sn/L
Ferro solúvel	15,0 mg Fe/L
Fenóis	0,5 mg C ₆ H ₅ OH/L
Fluoretos	10,0 mg F/L
Manganês solúvel	1,0 mg Mn/L
Mercúrio	0,01 mg Hg/L
Níquel	2,0 mg Ni/L
Nitrato	10 mg/L
Nitrito	1 mg/L
Prata	0,1 mg Ag/L
Selênio	0,05 mg Se/L
Zinco	5,0 mg Zn/L
Parâmetros Orgânicos	Valores máximos
Benzeno	1,2 mg/L

Parâmetros Inorgânicos	Valores Máximos
Clorofórmio	1,0 mg/L
Compostos organofosforados e	1,0 mg/L em Parationcarbamatos totais
Compostos organoclorados não listados	0,05 mg/L acima: (pesticidas, solventes, etc.)
Dicloroetano	1,0 mg/L
Estireno	0,07 mg/L
Etilbenzeno	0,84 mg/L
Fenóis Totais	0,5 mg/L C ₆ H ₅ OH
Tetracloroeto de carbono	1,0 mg/L
Tricloroetano	1,0 mg/L
Tolueno	1,2 mg/L
Xileno	1,6 mg/L

Fonte: COEMA 02/2017

O esgoto é constituído por líquido contendo cerca de 99,9% de água e 0,1% de substâncias minerais e orgânicas em dissolução e em suspensão (BETTIOL; CAMARGO, 2000).

A Demanda Química de Oxigênio (DQO) é definida como sendo a quantidade de oxigênio utilizada para o processo de oxidação química da matéria orgânica e inorgânica presente nos efluentes. Esse parâmetro é indicador da quantidade de poluição presente no efluente e do impacto ambiental potencial da descarga de efluentes no corpo hídrico (MORENO-CASILLAS et al.,2007).

Os valores obtidos pela análise da DQO em efluentes é uma das principais e mais significativas análises para determinar o grau de poluição (BRAGA et al. 2012).

O potencial hidrogênico (pH) indica a condição de acidez, basicidade ou neutralidade da água, sendo influenciado pela presença de gases e/ou sólidos dissolvidos. Importante em processos relacionados ao tratamento de efluentes, seu valor tem efeito direto sobre a fisiologia de diversas espécies habitantes do ambiente aquático. (CETESB, 2008).

CETESB (2008) ainda afirma que o valor ideal do pH em água para que o tratamento biológico de esgotos com atuação de microrganismos não seja afetado é próximo da neutralidade.

De ARAÚJO (2013) concluiu que o parâmetro Oxigênio Dissolvido (OD) é o principal constituinte no metabolismo dos microrganismos aeróbios que habitam nas águas naturais ou os reatores para tratamento biológico de esgotos. A concentração de oxigênio dissolvido é também um parâmetro fundamental nos modelos de autodepuração natural das águas.

O clássico método de Winkler é bastante utilizado para a determinação de OD. Outro método muito utilizado é com a utilização de um oxímetro (potenciômetro e eletrodo específico), que necessita ser previamente calibrado, sendo importante conhecer a temperatura da água no momento em que faz as medidas (PINHEIRO, 2013).

Von Sperling (2005) classifica como o parâmetro de fundamental importância para os organismos aeróbios e para a estabilização da matéria orgânica pelas bactérias que fazem o uso do oxigênio a ponto de poderem causar a diminuição de sua concentração nomeio e que pode levar à morte de uma quantidade considerável de organismos aquáticos que são estritamente aeróbios.

Por fim, (Madureira, 2012) reafirma a importância do OD afirmação que os seus parâmetros são bastante utilizados para o controle operacional de Estações de Tratamento de Esgoto e para a caracterização de corpos d'água.

Outro parâmetro utilizado para a caracterização de um determinado efluente, bem como de corpos d'água é Amônia (NH₃). Segundo Pinheiro (2013) a amônia está naturalmente presente nos corpos d'água, como produto da degradação de compostos orgânicos e inorgânicos do solo e da água, como resultado da excreção da biota, redução do nitrogênio gasoso da água por micro-organismos ou por trocas gasosas com a atmosfera.

A Amônia pode ser encontrada nos esgotos em baixas concentrações, de até 100 mg/l. Quando as concentrações deste parâmetro estão acima deste valor, associa-se ao lançamento de efluentes industriais com alta concentração de proteínas. Quando presente em concentrações perceptíveis a amônia representa também um risco potencial a saúde do operador (LUDUVICE *et. al.*, 2004).

Os coliformes também são utilizados na caracterização de efluentes e corpo hídrico. Sperling (2005) afirma que os mesmos são indicadores de contaminação dos corpo hídrico por esgoto doméstico, dado que este grupo de bactérias aloja-se no trato intestinal de seres humanos e animais.

Henrich (2010) informa que a identificação e a detecção desse parâmetro na água assumem um papel contextual relevante dentro da Saúde Pública, uma vez que os coliformes veiculados pela água são responsáveis por inúmeros casos de diarreia.

O grupo coliforme compreende vários gêneros, como, por exemplo, *Escherichia*, *Citrobacter*, *Enterobacter* e *Klebsiella*.). Uma das melhores formas de se avaliar a potabilidade ou o grau de poluição da água é por meio da pesquisa de coliformes presentes (WACHINSKI, 2013).

Mesmo, na sua maioria, não sendo patogênicos, os coliformes servem como

indicadores de uma contaminação potencial de bactérias patogênicas, vírus e protozoários que também residem no trato intestinal. Além disso, em menores quantidades, os coliformes também ocorrem em ambientes naturais, como pastagens, solos e plantas submersas, sendo assim denominado coliformes totais. Enquanto que os coliformes fecais são bactérias específicas do trato intestinal (GLEBER, 2002).

Segundo ANA (2018) O Índice de Qualidade das Águas (IQA) foi criado em 1970, nos Estados Unidos, pela *National Sanitation Foundation*. No Brasil a CETESB começou a utilizar o índice a partir de 1975 Nas décadas seguintes, outros Estados brasileiros adotaram o IQA, tornando-se hoje o principal índice de qualidade da água utilizado no país.

CETESB (2014) afirma que o IQA foi desenvolvido para avaliar a qualidade das águas para abastecimento público. Ainda segundo CETESB (2014) o IQA é determinado pelos seguintes parâmetros: oxigênio dissolvido, coliformes fecais, potencial hidrogeniônico, demanda bioquímica de oxigênio, temperatura, nitrogênio total, fósforo total, turbidez, sólidos totais.

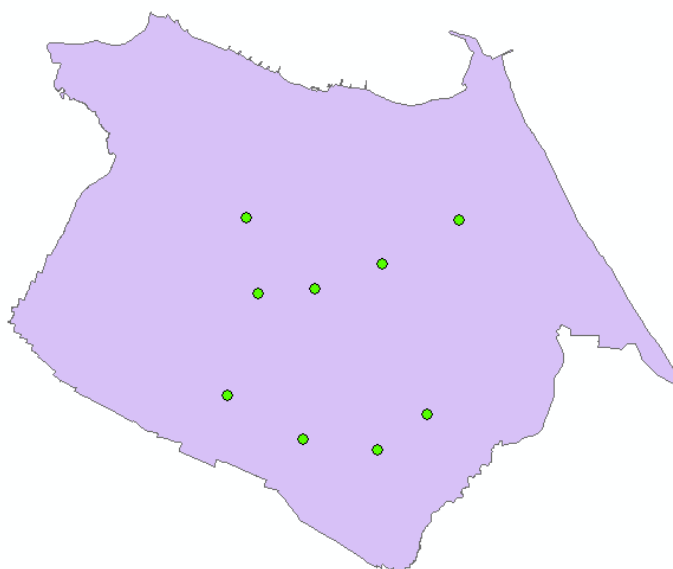
Mesmo utilizado frequentemente no Brasil e em diversos países, o Índice tem sofrido restrições devido ao seu caráter reducional, à sobreposição de parâmetros — tais como DBO, OD, turbidez e sólidos totais. Somado a isso o IQA considera um número muito limitado de parâmetros biológicos e físico-químicos (ZAVALA et al., 2010).

3. METODOLOGIA

3.1. Área de Estudo

Este trabalho foi realizado no município de Fortaleza no Estado do Ceará. Segundo o Instituto brasileiro de geografia e estatística (IBGE, 2017) Fortaleza possui uma área territorial de 314,93 km² e uma população estimada em 2.627.482 de pessoas.

Figura 1- Localização das Estações de Tratamento de Esgoto analisadas



Fonte: Autor, 2018

Segundo a CAGECE (2018) o município possui 161 estações de tratamento de esgoto com uma rede coletora de 2.532,324 km com o índice de cobertura de 62%.

3.2. Levantamento de dados

Foram coletados dados da DQO, pH e CT de dez ETEs, vide tabela 3, no Município de Fortaleza. Esses dados são oriundos do banco de dados de CAGECE e compreendem oito meses (janeiro à agosto) do ano de 2016, com exceção para o DQO do esgoto bruto (DQO_b) onde os dados vão de abril à agosto de 2016, cinco meses.

Os locais das coletas do esgoto bruto variaram entre a caixa de areia e a caixa de entrada, no esgoto tratado as coletas foram realizadas nas caixas de saída e na saída do vertedouro.

Tabela 3 - dados das ETEs estudadas

ETE	Coordenadas Geográficas	Tipo de Tecnologia	Parâmetro analisado
Bandeirantes 05	556636,41 / 9576314,60	Decanto Digestor/Filtro Anaeróbio	DQO, pH e CT
Centro de eventos	557879,82 / 9583859,59	UASB	DQO, pH e CT
Conjunto Araturi	549631,89 / 9583928,86	Lagoa de estabilização	DQO, pH e CT
Conjunto Palmeiras	551829,37 / 9575335,81	Lagoa de estabilização	DQO, pH e CT
Conjunto Pequeno Mondubim	548896,09 / 9577075,15	Decanto Digestor/Filtro Anaeróbio	DQO, pH e CT
Conjunto Tancredo Neves	554905,35 / 9582148,16	Lagoa de estabilização	DQO, pH e CT
Dias Macedo	552295,40 / 9581181,01	UASB	DQO, pH e CT
Irmã Dulce II	554726,93 / 9574940,47	Decanto Digestor/Filtro Anaeróbio	DQO, pH e CT
Itaperi I	550094,70 / 9580985,18	UASB	DQO, pH e CT
Itaperussu	551253,64 / 9580447,18	Lodos ativados	DQO, pH e CT

3.3. Análise dos dados

Os dados coletados foram analisados estatisticamente no Software livre R Studio. Foram extraídos, pela função *fivenum*, os valores de mínimo e máximo, primeiro e terceiro quartis e mediana.

Após a análise estatística gerou-se gráficos com os valores mensais dos parâmetros para verificar a dispersão e observar a variabilidade dos mesmos com relação aos limites exigidos para DQO_t nos padrões da Portaria N° 154/2002 Art° 4 da SEMACE e Portaria N° 20/2009 Art° 4 do COEMA.

Com relação à DQO_b foram verificados se estavam de acordo com o que é exigido pelas Portarias citadas anteriormente.

Durante o período de 5 meses analisou-se a qualidade do efluente quantificando a diferença entre a DQO_b e a DQO_t . Assim, tornou-se possível determinar quais as ETEs apresentam maiores valores de eficiência no tratamento do efluente e verificar qual a tecnologia de tratamento apresenta resultados mais significativos.

$$IQE_f = DQO_b - DQO_t$$

Onde IQE_f é o índice de qualidade do efluente em mg/L; DQO_b é o valor de DQO do esgoto bruto em mg/L e DQO_t é o valor de DQO do esgoto tratado em mg/L.

3.4. Grau de atendimento

Para o cálculo do Grau de Atendimento das tecnologias de tratamento de efluente empregadas nas ETE's estudadas foram utilizados os valores limites estipulados pelas normas, sendo: 200 mg/L para DQO, 5000 NMP/mL para Coliformes Termotolerantes e entre 5 e 9 para pH.

O cálculo foi realizado da seguinte forma:

- 1 – Os dados foram caracterizados de acordo com a sua tecnologia de tratamento;
- 2 – Do total, seleciona-se os valores que estão de acordo com às normas;
- 3 – Calculou-se a média aritmética dos valores, que utilizaram a mesma tecnologia de tratamento e estão de acordo com as normas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Demanda Química de Oxigênio (DQO)

De acordo com a tabela 4 , os valores de DQO_b apresentaram o valor mínimo, para os cinco meses analisados e nas dez ETEs estudadas, de 131,26 mg/L e valor máximo de 5892,10 mg/L com uma mediana de 659,43 mg/L. Enquanto a DQO_t apresentou valor mínimo, nos oito meses analisados e nas dez ETEs estudadas, de 40,80 mg/L e valor máximo de 4204,80 mg/L e a mediana em 266,89 mg/L. Entre os valores mínimos e máximos de DQO_b e DQO_t houve uma diferença de 68,91% e 28,63%, respectivamente.

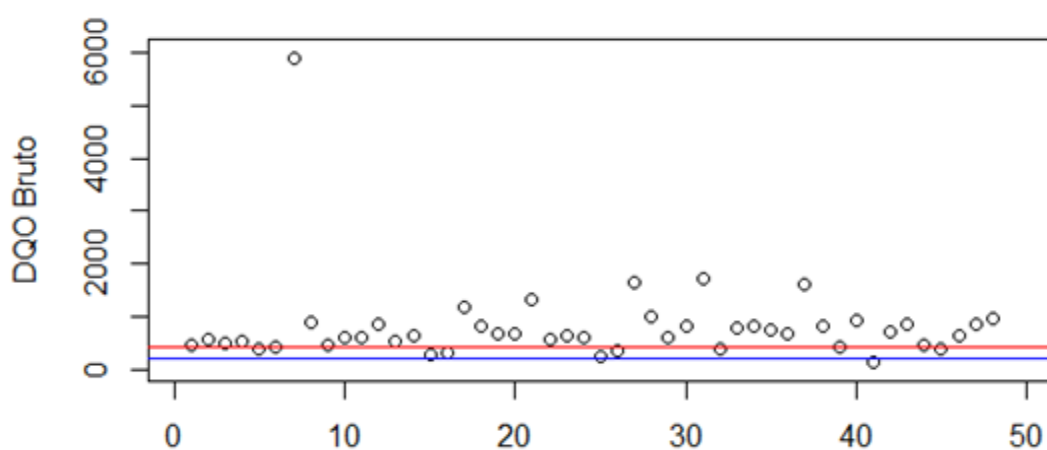
Tabela 4 - dados estatísticos de DQO

Parâmetro	Mínimo	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	Máximo
DQO _b	131,26	481,70	659,43	867,51	5892,10
DQO _t	40,80	142,94	266,89	428,65	4204,80

Fonte: Autor, 2018

Analisando os 48 valores de DQO_b, figura 2, é possível afirmar que, somente em uma ocasião, 2%, o efluente a ser tratado entra na ETE obedecendo o limite determinado pela resolução da SEMACE para os valores de DQO em mg/L. Por outro lado, quando é analisado os valores da DQO_b, para o limite exigido pela resolução COEMA, os valores dentro do limite sobem para 10, ou seja, 20%.

Figura 2- Valores de DQOb



Fonte: Autor, 2018

— resolução COEMA — resolução SEMACE

Desta forma pode-se afirmar que, dependendo da resolução adotada pelo órgão ambiental ou órgão fiscalizador, o sistema de tratamento de efluente deverá ser eficiente entre 80% e 98% das vezes em que um efluente entrar no sistema.

A análise mensal, tabela 5, demonstra que os valores de 1º quartil, mediana, 3º quartil e máximos da DQO_b estão acima dos limites exigidos pela Resolução SEMACE e Resolução COEMA. Os valores mínimos, excluindo o mês de agosto, está dentro dos dois limites, os demais meses estão acima do limite exigido pela Resolução SEMACE e abaixo do limite exigido pela Resolução COEMA.

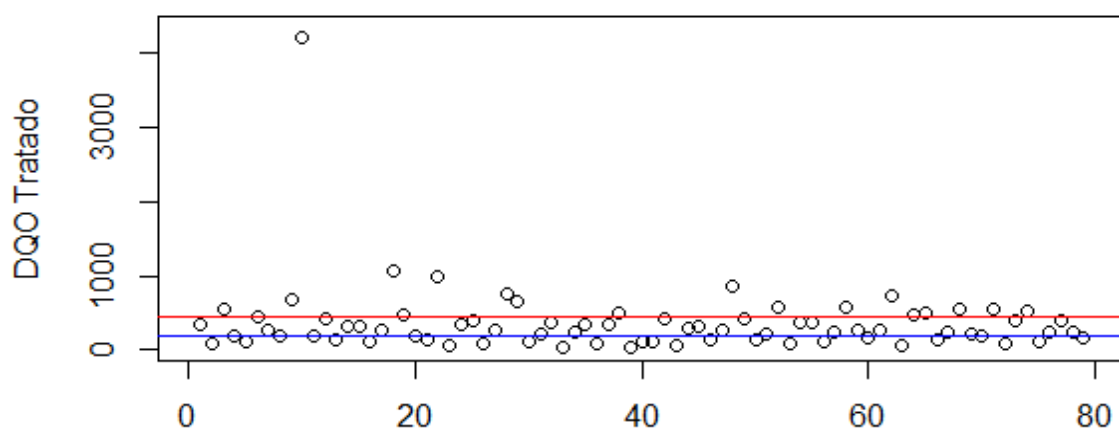
Tabela 5- Valores mensais de DQOb

Mês	Mínimo	1º quartil	Mediana	3º quartil	Máximo
Abril	383,3	478,8	519,2	559,9	5892,1
Maio	278,77	536,18	639,37	832,40	1196,94
Junho	256,15	580,52	633,33	1016,64	1637,09
Julho	378,82	698,47	798,53	829,45	1706,92
Agosto	131,26	454,58	707,50	880,42	986,63

Fonte: Autor, 2018

A Figura 3 apresenta os 79 valores de DQO_t onde verifica-se que em 26 casos houve eficiência do sistema de tratamento, uma vez que esses valores estão em desconformidade com a resolução SEMACE, ou seja, a eficiência de tratamento das ETEs é de 32,90% para os valores de DQO em mg/L, uma vez que já havia um valor em conformidade com a resolução.

Figura 3- Valores de DQOt



Fonte: Autor, 2018.

— resolução COEMA — resolução SEMACE

Por outro lado, quando se estuda os valores da DQO_t , para o limite exigido pela resolução COEMA, os valores dentro do limite sobem para 61 ou seja, 77,21%. Excluindo os valores que já entraram na ETE dentro do limite exigido a eficiência é de 64,5%.

A tabela 6 mostra os valores de mediana de cada mês e estes estão acima do limite exigido pela Resolução da SEMACE e abaixo do limite exigido na Resolução do COEMA. Pode-se observar que os valores mínimos e de 1º quartil estão de acordo com os limites exigidos pelas duas Resoluções.

Tabela 6 - Valores mensais de DQO_t

Mês	Mínimo	1º quartil	Mediana	3º quartil	Máximo
Janeiro	77,60	184,00	308,55	541,90	4204,80
Fevereiro	117,40	182,20	300,70	425,70	1066,70
Março	65,80	126,00	308,35	649,00	984,60
Abril	40,80	98,70	237,30	358,21	509,86
Maiο	69,46	140,62	288,06	420,30	849,64
Junho	102,30	158,14	261,21	384,50	583,27
Julho	52,25	190,59	252,58	507,72	719,83
Agosto	78,57	173,90	248,33	408,20	548,06

Fonte: Autor, 2018

Entre os meses de janeiro e maio incluindo o mês de agosto, 60% dos valores estão acima dos limites exigidos pelas duas Resoluções que é de 200 mg/L e 450 mg/L, SEMACE e COEMA respectivamente. Nos meses de junho e julho essa porcentagem sobe para 70%.

4.2. Eficiência da Tecnologia Implantada

A tabela 7, apresenta os valores de IQE_f médio para as 10 ETEs, com base na análise realizada aos dados mensais.

Tabela 7 - Eficiência média das ETEs

ETE	Tecnologia	IQE _f (%)
Bandeirantes 05	Decanto Digestor/Filtro Anaeróbio	58,27
Centro de Eventos	UASB	75,96
Conjunto Araturi	Lagoa de Estabilização	44,16
Conjunto Palmeiras	Lagoa de Estabilização	74,04
Conjunto Pequeno Mondubim	Decanto Digestor/Filtro Anaeróbio	67,66
Conjunto Tancredo Neves	Lagoa de Estabilização	38,81
Dias Macedo	UASB	73,00
Irmã Dulce II	Decanto Digestor/Filtro Anaeróbio	32,44
Itaperi I	UASB	44,58
Itaperussu	Lodos Ativados	60,61

Fonte: Autor, 2018

De acordo com a tabela 7, a ETE Bandeirantes 05 que utiliza o Decanto digestor/Filtro anaeróbio como tecnologia de tratamento, apresentou uma média do IQE_f de 58,27% nos valores de DQO.

Tabela 8 - Eficiência da ETE Bandeirantes 05

ETE	Tecnologia	Mês	DQO _b	DQO _t	IQE _f	%
Bandeirantes 05	Decanto digestor/Filtro anaeróbio	Abril	5892,1	509,86	5382,24	91,35
		Maio	1196,94	849,64	347,30	29,02
		Junho	1637,09	568,31	1068,78	65,29
		Julho	1611,22	560,18	1051,04	65,23
		Agosto	660,42	393,37	267,05	40,44

Fonte: Autor, 2018

Na tabela 8, no mês de abril a ETE Bandeirantes 05 apresentou o maior valor de IQE_f, reduzindo concentração de DQO no efluente em 91,35% no final e a menor eficiência foi no mês de maio com 29,02%.

O valor mínimo da DQO_t na ETE Bandeirantes 05 foi de 393,37 mg/L no mês de agosto e a maior concentração foi no mês de maio com 849,64mg/L. Ou seja, no período dos 5 meses analisados, a ETE Bandeirantes 05 lançou seu efluente final, nos meses de abril à julho, fora dos limites exigidos para a DQO na Resolução SEMACE e COEMA. Apenas o mês de agosto apresentou valor de concentração de DQO dentro do parâmetro da Resolução COEMA, porém em desacordo com a Resolução SEMACE, ver tabela 8.

A ETE Centro de Eventos que faz o uso do UASB como tecnologia de tratamento, este apresentou uma média de 75,96% de IQE_f nos valores de DQO, tabela 7. Essa análise foi

feita para os meses de maio à agosto, uma vez que os dados de DQO_b para o mês de abril não foi apresentado, ver tabela 9.

Tabela 9 - Eficiência da ETE Centro de Eventos

ETE	Tecnologia	Mês	DQO_b	DQO_t	IQE_f	%
Centro de Eventos	UASB	Abril		50,00		
		Maio	876.88	69,46	807,42	92,08
		Junho	580.52	102,3	478,22	82,38
		Julho	378.82	52,25	326,57	86,21
		Agosto	131.26	78,57	52,69	43,19

Fonte: Autor, 2018

No mês de maio, a ETE Centro de Eventos, obteve a sua maior eficiência na diminuição da concentração de DQO, apresentando um valor de IQE_f de 92,08% no efluente final. O mês de agosto apresentou o menor IQE_f com 43,19%.

O valor mínimo da DQO_t na ETE Centro de Eventos foi de 50,00mg/L no mês de abril e a maior concentração no mês de junho com o valor de 102,3mg/L. Ou seja, no período dos 5 meses analisados, para os valores de DQO_t , a ETE Centro de Eventos apresentou valores de concentração dentro dos limites exigidos para DQO nas Resoluções COEMA e SEMACE.

A ETE Conjunto Araturi utiliza a Lagoa de estabilização para o tratamento dos efluentes e apresentou uma média de IQE_f de 44,16% nos valores de DQO, tabela 7.

Na tabela 10, o mês de abril apresentou a maior eficiência na diminuição da concentração de DQO na ETE Conjunto Araturi, com uma eficiência de 52,58% no efluente final e o mês de junho apresentou a menor eficiência com 40,25%.

Tabela 10 - Eficiência da ETE Conjunto Araturi

ETE	Tecnologia	Mês	DQO_b	DQO_t	IQE_f	%
Conjunto Araturi	Lagoa de Estabilização	Abril	519,2	246,20	273,00	52,58
		Maio	536,18	295,82	240,36	44,82
		Junho	643,53	384,50	259,03	40,25
		Julho	781,76	462,42	319,34	40,85
		Agosto	707,5	408,20	299,30	42,30

Fonte: Autor, 2018

O valor mínimo da DQO_t apresentado após o tratamento na ETE Conjunto Araturi foi de 246,20mg/L no mês de abril e a maior concentração no mês de julho com o valor de 462,42mg/L. Com relação ao limite máximo exigido para concentração de DQO pela Resolução SEMACE, todos os valores apresentados são superiores a 200mg/L, ou seja, fora dos padrões. Analisando os valores com o limite da Resolução COEMA, apenas o mês de julho supero o máximo exigido de 450,00mg/L, ver tabela 10.

A ETE Conjunto Palmeira faz o uso da Lagoa de estabilização para o tratamento dos efluentes e apresentou uma média de IQE_f de 74,04% de eficiência nos valores de DQO, ver tabela 7.

O mês de agosto apresentou o maior valor de IQE_f na diminuição da concentração de DQO na ETE Conjunto Palmeiras, com 82,37% e o mês de julho apresentou o menor IQE_f com 55,08%, de acordo com a tabela 11.

Tabela 81 - Eficiência da ETE Conjunto Palmeiras

ETE	Tecnologia	Mês	DQO_b	DQO_t	IQE_f	%
Conjunto Palmeiras	Lagoa de Estabilização	Abril	484,60	103,80	380,8	78,58
		Maio	688,72	140,62	548,10	79,58
		Junho	622,72	158,14	464,58	74,60
		Julho	424,26	190,59	233,67	55,08
		Agosto	986,63	173,9	812,73	82,37

Fonte: Autor, 2018

O valor mínimo da DQO_t apresentado após o tratamento na ETE Conjunto Palmeiras foi de 103,80mg/L no mês de abril e a maior concentração no mês de julho com o valor de 190,59mg/L. Ou seja, no período dos 5 meses analisados, para os valores de DQO_t , a ETE Conjunto Palmeiras apresentou valores de concentração dentro dos limites exigidos para DQO nas Resoluções SEMACE e COEMA, ver tabela 11.

A ETE Conjunto Pequeno Mondubim faz o uso da tecnologia de Decanto digestor/Filtro anaeróbio para o tratamento dos efluentes e apresentou uma média de IQE_f de 67,66% nos valores de DQO, tabela 7.

Tabela 12 - Eficiência da ETE Conjunto Pequeno Mondubim

ETE	Tecnologia	Mês	DQO _b	DQO _t	IQE _f	%
Conjunto Pequeno Mondubim	Decanto digestor/Filtro anaeróbio	Abril	383,30	98,70	284,60	74,25
		Maio	278,77	145,26	133,51	47,89
		Junho	256,15	104,47	151,68	59,21
		Julho	762,33	132,13	630,20	82,67
		Agosto	454,58	116,89	337,69	74,29

Fonte: Autor, 2018

Na tabela 12, referente à ETE Conjunto Pequeno Mondubim, o mês de julho apresentou o maior IQE_f na diminuição da concentração de DQO, com 82,67% e o mês de maio apresentou o menor IQE_f com 47,89%.

O valor mínimo da DQO_t apresentado após o tratamento na ETE Conjunto Pequeno Mondubim foi de 98,70mg/L no mês de abril e a maior concentração no mês de maio com o valor de 145,26mg/L. Ou seja, no período dos 5 meses analisados, para os valores de DQO_t, a ETE Conjunto Pequeno Mondubim apresentou valores de concentração dentro dos limites exigidos para DQO nas Resoluções SEMACE e COEMA, ver tabela 12.

A ETE Conjunto Tancredo Neves faz o uso da tecnologia de Lagoa de Estabilização para o tratamento dos efluentes e apresentou uma média de IQE_f de 39,81%, tabela 7, nos valores de DQO.

Tabela 13 - Eficiência da ETE Conjunto Tancredo Neves

ETE	Tecnologia	Mês	DQO _b	DQO _t	IQE _f	%
Conjunto Tancredo Neves	Lagoa de Estabilização	Abril	524,10	335,30	188,80	36,02
		Maio	657,90	352,20	305,70	46,47
		Junho	623,13	370,12	253,01	40,60
		Julho	815,31	507,72	307,59	37,73
		Agosto	858,15	530,01	328,14	38,24

Fonte: Autor, 2018

O mês de maio apresentou o maior IQE_f na diminuição da concentração de DQO na ETE Conjunto Tancredo Neves, com 46,77% e o mês de abril apresentou o menor IQE_f com 36,02%. O valor mínimo da DQO_t apresentado após o tratamento foi de 335,30mg/L no

mês de abril e a maior concentração no mês de agosto com o valor de 858,15mg/L. Nos cinco meses analisados os valores de DQO_t são superiores ao valor mínimo permitido pela Resolução SEMACE. Os valores de DQO_t entre os meses de abril e junho estão dentro do limite permitido pela Resolução COEMA. Os valores de DQO_t dos meses de julho e agosto extrapolam os valores mínimos permitidos pelas duas Resoluções, ver tabela 13.

A ETE Dias Macedo utiliza o UASB como tecnologia de tratamento dos efluentes e apresentou uma média de IQE_f de 73,00% de eficiência nos valores de DQO, tabela 7.

Tabela 14 - Eficiência da ETE Dias Macedo

ETE	Tecnologia	Mês	DQO_b	DQO_t	IQE_f	%
Dias Macedo	UASB	Abril	903,70	40,80	862,90	95,48
		Maio	832,40	431,60	400,80	48,15
		Junho	1016,64	274,09	742,55	73,04
		Julho	829,45	209,67	619,78	74,71
		Agosto	880,42	231,85	648,57	73,66

Fonte: Autor, 2018

O mês de abril apresentou o maior IQE_f na diminuição da concentração de DQO na ETE Dias Macedo, com 95,48% e o mês de maio apresentou o menor IQE_f com 48,15%. A mesma apresentou o seu menor valor de concentração de DQO_t de 40,80mg/L no mês de abril e a maior concentração no mês de maio com o valor de 431,60mg/L. Nos cinco meses analisados apenas o mês de abril apresentou concentração de DQO dentro dos padrões exigidos pelas duas Resoluções. Entre os meses de maio e agosto, as concentrações de DQO estiveram dentro do limite exigido pela Resolução COEMA, ver tabela 14.

A ETE Irmã Dulce II utiliza o Decanto digestor/Filtro anaeróbio como tecnologias de tratamento dos efluentes e apresentou uma média de IQE_f de 32,44% nos valores de DQO, de acordo com a tabela 7.

O mês de julho apresentou o maior IQE_f na diminuição da concentração de DQO na ETE Irmã Dulce II, com 65,88% e o mês de abril apresentou o menor IQE_f com 13,72%, de acordo com a tabela 15.

Tabela 15 - Eficiência da ETE Irmã Dulce II

ETE	Tecnologia	Mês	DQO _b	DQO _t	IQE _f	%
Irmã Dulce II	Decanto digestor/Filtro anaeróbio	Abril	415,31	358,21	57,00	13,72
		Maio	340,81	280,30	60,51	17,75
		Junho	356,07	248,33	107,74	30,26
		Julho	698,47	238,28	460,19	65,88
		Agosto	379,78	248,33	131,45	34,61

Fonte: Autor, 2018

A ETE Irmã Dulce II obteve o menor valor de concentração de DQO_t de 238,28mg/L no mês de julho e a maior concentração no mês de abril com o valor de 358,21mg/L. Assim, em nenhum dos cinco meses analisados os valores de DQO_t estão dentro do parâmetro de DQO exigido pela Resolução SEMACE. Por outro lado, todos os valores estão em acordo com o limite máximo exigido para DQO da Resolução COEMA, ver tabela 15.

A ETE Itaperi I utiliza a tecnologia UASB para o tratamento dos efluentes e apresentou uma média de IQE_f com 44,58% nos valores de DQO, levando em conta quatro meses já que não houve informação de DQO_t no mês de agosto, ver tabela 7.

Tabela 16- Eficiência da ETE Itaperi I

ETE	Tecnologia	Mês	DQO _b	DQO _t	IQE _f	%
Itaperi I	UASB	Abril	559,90	375,70	184,20	32,90
		Maio	611,49	420,30	191,19	31,27
		Junho	1335,19	583,27	751,92	56,31
		Julho	1706,92	719,83	987,09	57,83
		Agosto	948,67			

Fonte: Autor, 2018

Os valores analisados mostram que o maior IQE_f na diminuição da concentração de DQO, na ETE Itaperi I, ocorreu no mês de julho com 57,83% e o mês de maio apresentou o menor IQE_f com 31,27%, ver tabela 7.

A ETE Itaperi I obteve o menor valor de concentração de DQO_t de 375,70mg/L no mês de abril e a maior concentração no mês de julho com o valor de 719,83mg/L, ver tabela 16. Desta forma, em nenhum dos quatro meses analisados, os valores de DQO_t estão dentro do parâmetro de DQO exigido pela Resolução SEMACE de 200 mg/L. As concentrações de DQO_t no meses de abril e maio apresentaram valores dentro do limite

máximo da Resolução COEMA e os meses de junho e julho obtiveram valores acima do permitido nas duas Resoluções.

A ETE Itaperussu utiliza a tecnologia de Lodos ativados para o tratamento dos efluentes e apresentou uma média de IQE_f com 60,61%, nos valores de DQO, levando em conta quatro meses já que não houve informação de DQO_b no mês de agosto, ver tabela 7.

Tabela 97 - Eficiência da ETE Itaperussu

ETE	Tecnologia	Mês	DQO_b	DQO_t	IQE_f	%
Itaperi I	Lodos Ativados	Abril	478,80	228,40	250,40	52,30
		Maio	250,84	116,38	134,46	53,60
		Junho	674,55	208,51	466,04	69,09
		Julho	819,82	266,89	552,93	67,44
		Agosto		548,06		

Fonte: Autor, 2018

Os valores mostram que o maior IQE_f ocorreu no mês de junho com 69,09% de diminuição na concentração de DQO e no mês de abril o menor IQE_f com 52,30%. A ETE Itaperussu obteve o menor valor de concentração de DQO_t de 116,38 mg/L no mês de maio e a maior concentração no mês de agosto com o valor de 548,06 mg/L, ver tabela 17. Desta forma, apenas o mês de maio apresentou valor de DQO_t dentro do limite exigido pela Resolução SEMACE de 200 mg/L. Nos outros meses apenas o mês de agosto não apresentou valor de DQO_t dentro do limite máximo exigido pela Resolução COEMA.

Verificando os valores de DQO_t , nos oito meses em que se tem essa informação, pode-se afirmar que as ETE's: Bandeirantes 05, Conjunto Araturi, Conjunto Tancredo Neves e Itaperi I, não obtiveram sucesso no cumprimento do limite máximo exigido pela Resolução SEMACE, uma vez que todos os valores mensais estão acima de 200 mg/L. Porém, na análise com a Resolução COEMA, que tem o limite máximo exigido de 450 mg/L, essas ETE's apresentaram valores de DQO_t dentro desse limite em 25%, 75%, 75% e 42,86%, respectivamente.

As ETE's Centro de Eventos, Conjunto Palmeiras e Conjunto Pequeno Mondubim apresentaram valores abaixo do limite máximo de DQO_t para a Resolução SEMACE e conseqüentemente para a Resolução COEMA. As ETE's Dias Macedo, Irmã Dulce II e Iapareussu apresentaram valores dentro do exigido pela Resolução SEMACE em 12,50%,

12,50% e 37,5%, respectivamente. Em relação a Resolução COEMA os valores dentro do exigido são de 75%, 100% e 75%, respectivamente. Ver tabela 18.

Tabela 10 - Valores de DQOt das ETE's

ETE	COLETA	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SEMACE	COEMA
BANDEIRANTES 05	CAIXA DE SAÍDA	358.4	1066.7	761.5	509.9	849.6	586.3	560.2	393.4	200 mg/L	450 mg/L
CENTRO DE EVENTOS	CAIXA DE SAÍDA	77.6	131.5	65.8	50	69.5	102.3	52.3	78.6	200 mg/L	450 mg/L
CONJUNTO ARATURI	SAIDA CORPO RECEPTOR	541.9	330.6	359	246.2	295.8	384.5	462.4	408.2	200 mg/L	450 mg/L
CONJUNTO PALMEIRAS	CAIXA DE SAÍDA	200	182.2	126	103.8	140.6	158.1	190.6	173.9	200 mg/L	450 mg/L
CONJUNTOVPEQUENO MONDUBIM	CAIXA DE SAÍDA	115.3	117.4	100.4	98.7	145.3	104.5	132.1	116.9	200 mg/L	450 mg/L
CONJUNTO TANCREDO NEVES	SAIDA VERTEDOURO	441.4	329.4	390.5	335.3	325.2	370.1	507.7	530	200 mg/L	450 mg/L
DIAS MACEDO	CAIXA DE SAÍDA	258.7	471.5	649	40.8	431.6	274.1	209.7	231.6	200 mg/L	450 mg/L
IRMA DULCE II	CAIXA DE SAÍDA	184	272	257.7	358.2	280.3	248.3	238.3	248.3	200 mg/L	450 mg/L
ITAPERI I	CAIXA DE SAÍDA	670.6	425.7	984.6	375.7	420.3	583.3	719.8		200 mg/L	450 mg/L
ITAPERUSSU	CAIXA DE SAÍDA	4204.8	200	147	228.4	116.4	208.5	266.9	548.1	200 mg/L	450 mg/L

Fonte: Autor, 2018

4.3. Potencial Hidrogeniônico (Ph)

Foram analisadas 62 amostras para a determinação de pH. Os valores de pH apresentaram o valor mínimo, para os oito meses analisados e nas dez ETE's estudadas, de 6,58 e valor máximo de 9,51 com uma mediana de 7,49, ver tabela 19.

A resolução SEMACE 154/2002 no Artº 4 determina que os valores de pH estejam entre 5,0 e 9,0. A Resolução COEMA 20/2009, no seu §3º, afirma que o parâmetro pH deverá atender aos padrões da Resolução SEMACE 154/2002.

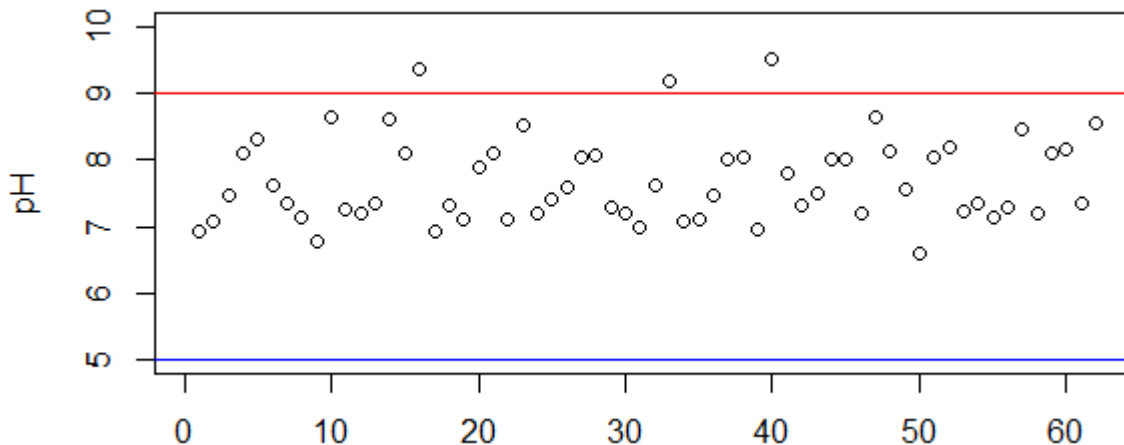
Tabela 19- dados estatísticos de pH

Parâmetro	Mínimo	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	Máximo
pH	6,58	7,21	7,49	8,10	9,51

Fonte: Autor, 2018

Analisando os 62 valores de pH verificou-se que, somente em três ocasiões, 4,84%, o efluente tratado apresentou valores de pH acima do padrão máximo exigido pela resolução da SEMACE, ver Figura 4.

Figura 4- valores de pH



Fonte: Autor, 2018.

— limite máximo — limite mínimo

A ETE Conjunto Palmeiras apresentou os maiores valores de pH, entre as ETE's estudadas, no meses de janeiro a agosto. Dentre eles os três valores que não obedeceram à norma. 9,36, 9,18 e 9,51.

4.4. Coliformes Termotolerantes

Na tabela 20, foram analisadas 63 amostras para a determinação de Coliformes Termotolerantes (CT). Os valores de CT apresentaram o valor mínimo, para os oito meses analisados e nas dez ETE's estudadas, de $1,0e+00$ e valor máximo de $2,4e+07$ com uma mediana de $2,4e+05$. A resolução SEMACE 154/2002 no Artº 4 determina que os valores de CT estejam abaixo de 5000 NMP/100mL, assim como a Resolução COEMA 20/2009.

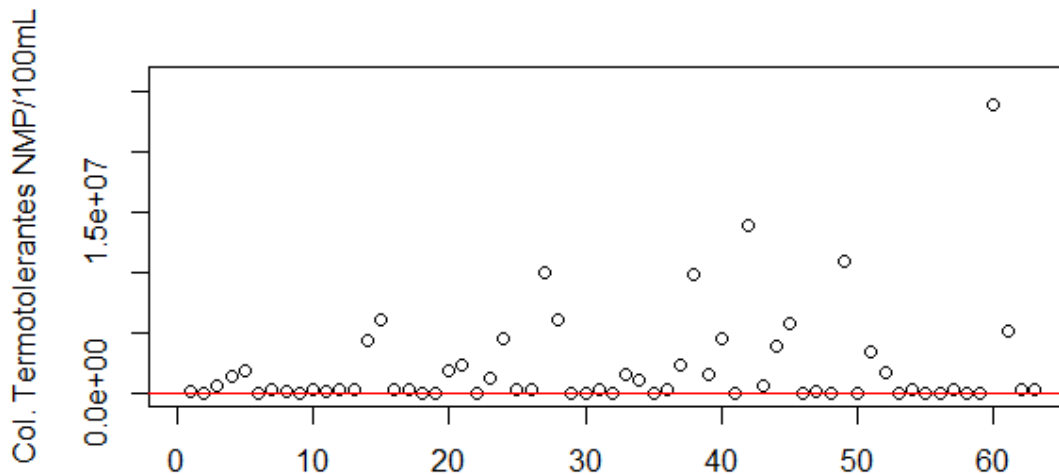
Tabela 20- dados estatísticos de Coliformes Termotolerantes

Parâmetro	Mínimo	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	Máximo
CT	$1,0e+00$	$3,9e+03$	$2,4e+05$	$2,1e+06$	$2,4e+07$

Fonte: Autor, 2018

Dos 63 valores analisados verificou-se que, somente em 17 amostras, 26,98%, o efluente tratado apresentou valores de CT obedecendo ao limite máximo exigido pela resolução da SEMACE, ver Figura 5.

Figura 5- valores de CT



Fonte: Autor, 2018.

— limite máximo /Resolução SEMACE

Neste contexto, verificou-se que em 73,02% das amostras de efluente tratado estão fora dos padrões de atendimento da Norma. Como não houve determinação de CT no efluente bruto, não foi possível determinar as eficiências de cada tecnologia empregada nas ETE's estudadas, quando a diminuição da concentração de CT.

4.5. Grau de atendimento

Analisando o Grau de Atendimento a norma, para os parâmetros estudados, com relação a tecnologia empregada em cada ETE. Chegou-se ao resultado de que o pH é o parâmetro que possui o maior grau de atendimento a Norma. Nas ETE's operadas por UASB, Decanto digestor/Filtro anaeróbio e Lodos ativados o Grau de Atendimento foi de 100% e de 87,50% nas ETE's operadas por Lagoa de Estabilização, ver tabela 21.

O resultado do Grau de Atendimento do parâmetro Coliforme Termotolerantes, indicou que nenhuma ETE que utiliza Lagoa de Estabilização como tecnologia de tratamento do efluente atendeu a Norma, ou seja, o Grau de Atendimento dessas ETE's foi de 0%. Por outro lado os resultados são melhores quando se analisa as demais tecnologias estudadas. A tecnologia UASB apresentou o maior grau de atendimento com 45,83%, seguido do Decanto digestor/Filtro anaeróbio e Lodos Ativados com 37,5% e 33,33%, respectivamente, ver tabela 21.

Tabela 21 - resultados do grau de atendimento das tecnologias de tratamento

Tecnologia de Tratamento	Grau de Atendimento (%)			
	pH	CT	DQO _t	Média
UASB	100,00	45,83	37,5	61,11
Lagoa de Estabilização	87,50	0	33,33	40,27
Decanto Digestor/Filtro Anaeróbio	100,00	33,33	37,5	56,94
Lodos Ativados	100,00	37,5	37,5	58,33

Fonte: Autor, 2018

Com relação a DQO_t os valores de Grau de Atendimento das tecnologias empregadas ficaram bem próximas. Sendo que UASB, Decanto digestor/Filtro anaeróbio e Lodos ativados apresentaram 37,5% de Grau de Atendimento e Lagoa de estabilização com 33,33%.

Quando se analisa a média do grau de atendimento dos três parâmetros estudados, referente a cada tecnologia de tratamento empregada das ETE's, tem-se o resultado de que UASB apresenta maior média de Grau de Atendimento com 61,11%, o que demonstra que essa tecnologia apresentou melhores resultado em todos os parâmetros estudados. A

tecnologia de Lodos Ativados, apenas com uma ETE analisada, apresentou uma média Grau de Atendimento de 58,33%, seguido do Decanto digestor/Filtro anaeróbio com 56,94% e por último a Lagoa de Estabilização com 40,27%, ver Tabela 21.

5. CONCLUSÕES

A análise das concentrações de DQO nas 10 Estações de Tratamento de Esgoto, operadas pela CAGECE, realizada no âmbito desta pesquisa, permitiram o melhor conhecimento das eficiências das tecnologias adotadas nas ETE's.

A Estações de Tratamento que utilizam a tecnologia de UASB, Centro de Eventos, Dias Macedo e Itaperi I, apresentaram uma média maior de IQE_f , entre as três, de 64,51%. As ETE's que fazem o uso do Decanto digestor/Filtro anaeróbio obtiveram uma média de IQE_f , na diminuição da concentração de DQO, de 52,79%. A menor média desse índice foi obtida pelas ETE's que utilizam a Lagoa de estabilização como tecnologia com IQE_f de 51,36%. Nesse contexto, pode-se concluir que o reator UASB possui o melhor rendimento para o tratamento de efluentes com altos valores de DQO.

Das 10 ETE's estudadas e operadas pelas CAGECE, apenas 3 lançaram seus efluentes, no momento da coleta, dentro dos limites exigidos pelas Resoluções da SEMACE e do COEMA. Apenas 36,25% das amostras obtiveram concentração de DQO abaixo de 200mg/L exigido pela Resolução SEMACE e 76,78% das amostras apresentaram concentrações de DQO abaixo de 450 mg/L exigido pela Resolução COEMA.

É possível concluir que existe ineficiência, quando se usa a Resolução SEMACE como parâmetro. Essa ineficiência se pode dar por lançamentos de efluentes industriais sem pré-tratamento, o que é proibido, na rede coletora da CAGECE ou por um mau dimensionamento da Estação de Tratamento de Efluentes.

O parâmetro pH se mostrou com maior facilidade de atendimento aos limites exigidos pela Norma com média no Grau de Atendimento com 96,87%. Podendo-se concluir que, dentre as tecnologias de tratamento aqui estudadas, todas se mostraram eficientes em relação ao parâmetro pH.

Entretanto, o parâmetro Coliforme Termotolerantes apresentou os menores valores de Grau de Atendimento. Nas ETE's operadas por Lagoa de Estabilização todos os valores de Efluente tratado não obedeceram ao limite de 5000 NMP/100mL. Podendo-se concluir que esse modelo de tratamento não é eficiente exclusivamente para esse parâmetro. As demais tecnologias apresentaram Grau de Atendimento acima de 30%, porém se mostram pouco eficientes para o tratamento dos CT.

REFERÊNCIAS

ANA – **AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS**. Disponível em: <<http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>> Acesso em: 10 de maio de 2018.

BARROS, R.T.V. et al. Saneamento. **Manual de saneamento e proteção ambiental para os municípios**. Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG, 1995. 221p.

BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. **Impacto Ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**. Embrapa: Jaguariúna, 2000. 312p.

BORGES, M., GALBIATTI, J., & FERRAUDO, A. (2003). **Qualidade Hídrica e Eficiência de Interceptores de Esgostos em Cursos d'Água Urbanos da Bacia Hidrográfica do Córrego Jaboticabal**. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 161-171.

BRAGA, E. D. A. S.; AQUINO, M. D.; MALVEIRA, J. Q.; NETO, J. C.; ALEXANDRINO, C. D. **Avaliação da biodegradabilidade das águas de lavagem provenientes da etapa de purificação do biodiesel produzido com óleo extraído das vísceras de tilápia**. REGA, Porto Alegre , v. 9, n. 2, p.35-45, jul./dez. 2012. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/10677/1/2012_art_jcneto_avaliacao.pdf> Acesso em 28 de abril de 2018.

CAGECE – **COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTO DO ESTADO DO CEARÁ**. Disponível em <<https://www.cagece.com.br/esgotamento-sanitario/tratamento>>. Acesso em 09 de maio de 2018.

CETESB - **COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL**. **Relatório de qualidade das águas superficiais do estado de São Paulo**. Apêndice A. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente, 2008. Disponível em <<http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/aguas-superficiais/35-publicacoes/-relatorios>>. Acesso em 25 de abril de 2018.

CETESB. **COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL**. Disponível em: <<http://aguasinteriores.cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/12/2013/11/Ap%C3%AAndice-C-%C3%8Dndices-de-Qualidade-das-%C3%81guas-2.pdf>>. Acesso em: 11 de maio de 2018.

COEMA – **CONSELHO ESTUDUAL DE MEIO AMBIENTE**. Resolução N° 2, 2017. Disponível em <<http://www.semace.ce.gov.br/wp-content/uploads/2017/03/Resolucao-Coema-02-2017.pdf>> Acesso: 09 de maio de 2018.

CONAMA – **Conselho Nacional de Meio Ambiente**. Decreto N° 430, 2011.

de ARAÚJO, P. R. F. **Modelagem de oxigênio dissolvido no córrego Salobinha, Montes Claros de Goiás**. Monografia (graduação). Universidade Federal de Goiás. Escola de Engenharia Civil. Goiania/GO, 2013.

FEISTEL, J.C. **Tratamento e destinação de resíduos e efluentes de matadouros e abatedouros. Coordenadoria de Inspeção Sanitária Dos Produtos de Origem Animal.** Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Escola de Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Goiás. Goiânia, 2011. Disponível em: <https://portais.ufg.br/up/67/o/semi2011_Janaina_Costa_2c.pdf>. Acesso em 24 de abril de 2018.

GLEBER, L. **Redução de riscos de impacto ambiental na produção integrada das maçãs.** Circular técnica, n. 38, julho/2002.

HENNRICH, I. **Inter-relação entre as políticas públicas e o consumo de água não tratada nas comunidades de Santa Rosa e São Pedro no município de PORTO UNIÃO-SC.** 103f. 2010. Dissertação (mestrado) - Universidade do Contestado, Programa de mestrado em desenvolvimento regional, Canoinhas. 2010.

IBGE – **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.** Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/fortaleza/panorama>> Acesso em: 10 de maio de 2018.

ITB-**Instituto Trata Brasil.** Disponível em: <www.tratabrasil.org.br> Acesso em: 20 de abril de 2018.

LEONETI, A.B.; PRADO, E. L.; OLIVEIRA, S.V.W.B de. **Saneamento básico no Brasil: considerações sobre investimentos e sustentabilidade para o século XXI.** Revista de Administração Pública. 45(2):331-48, mar./abr. 2011, Rio de Janeiro.

LINS, G. A. **Impactos ambientais em estações de tratamento de esgotos (ETEs).** 2010. 236 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Escola Politécnica e Escola Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em <<http://dissertacoes.poli.ufrj.br/dissertacoes/dissertpoli491.pdf>>. Acesso em 25 abr. 2018.

LUDUVICE, M.L.; PINTO, M. A. T.; NEDER, K. D. **Controle de odores em estações de Tratamento de Esgotos.** ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. 19º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental.

MADUREIRA, Luiz. **Determinação de Oxigênio Dissolvido em Água pelo Método de Winkler (modificado).** Disponível em: <<http://www.qmc.ufsc.br/analitica/2012-1/qmc/qmc-exp-2/det-OD-rev-2011-2.pdf>> Acesso em 03 de mai de 2018.

MACIEL, P. J. **Zoneamento das águas: um instrumento de gestão dos recursos hídricos.** Belo Horizonte: 2000.

METCALF & EDDY. Inc. **Wastewater Engineering treatment Disposal Reuse.** 4. ed. New York, McGraw - Hill Book, 1815p. 2003.

MIZUTORI, I. S., **Caracterização da Qualidade das Águas Fluviais em Meios Peri-urbanos: O Caso da Bacia Hidrográfica do Rio Morto -RJ.** Dissertação (Mestrado). Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Programa de Pós-graduação em Engenharia

Ambiental. Rio de Janeiro/RJ, Brasil. PPEA/UERJ, 2009.

MORENO-CASILLAS, H. A.; COCKE, D. L.; GOMES, J. A.; MORKOVSKY, P.; MOUNTEER, Ann H. et al. **Avaliação ecotoxicológica de águas residuárias e seus respectivos corpos receptores**. 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Belo Horizonte, Minas Gerais, 2 a 7 de setembro de 2007.

MOTA, S. (2008) **Gestão ambiental de recursos hídricos**. 3. ed. Rio de Janeiro: ABES. 344 p.

NUVOLARI, A. **Esgoto sanitário: coleta, transporte, tratamento e reúso agrícola**. 1. ed. São Paulo (SP): E. Blucher, 2003. 505 p. ISBN 8521203144

PINHEIRO, E. G. **Variação espacial e temporal da qualidade da água de três córregos tributários do Rio Bauru: respostas ao processo de recuperação de nascentes**. Monografia (graduação). Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Departamento de Química, da Faculdade de Ciências. Bauru/SP, 2013.

PINTO, D. B. F. **Qualidade dos recursos hídricos superficiais em sub-bacias hidrográficas da Região Alto Rio Grande – MG**. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Lavras. 2007.

PIVELI, R. P. **Tratamento de Esgotos Sanitários**. Universidade Federal de Alagoas. 2006. Disponível em : <<http://www.ctec.ufal.br/professor/elca/APOSTILA%20-%20TRATAMENTO%20DE%20ESGOTOS.pdf>> . Acesso em: 25 Abr. 2018.

PNSB- **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/multidominio/meio-ambiente/9073-pesquisa-nacional-de-saneamento-basico.html?=&t=series-historicas>> Acesso em 10 Mai. 2018.

ROCHA, J. C.; ROSA, A. H.; CARDOSO, A. A. **Introdução à química ambiental**. 1. ed. Porto Alegre: Bookman, 2004.

SAMPAIO, A. O.; GONÇALVES, M. C. **Custos operacionais de estações de tratamento de esgoto por lodos ativados: estudo de caso ETE-Barueri**. In: 20º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Rio de Janeiro. 1999. p. 702-709

SANEPAR (Companhia de Saneamento do Paraná). **Operação de Estação de Tratamento de Esgoto, Tratamento biológico anaeróbio; Manual de Treinamento**. Curitiba, 2005.

SPERLING, M. V. **Princípios básicos do tratamento de esgotos- Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. Belo Horizonte, UFMG. v.2.1996.

SPERLING, M.V. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental/Universidade Federal de Minas Gerais. 2005. p 243.

SPERLING, M.V.; COSTA, A.M.L.M.; CASTRO, A.A. (2003) Esgotos sanitários. In: BARROS, R.T.V.; CHERNICHARO, C.A.L.; HELLER, L.; VON SPERLING, M. (Org.).

Manual de saneamento e proteção ambiental para apoio aos municípios. 4. ed. Belo Horizonte: DESA-UFMG, v. 2, p. 113-160.

VALANDRO, K. Caracterização de efluentes líquidos de diferentes setores industriais da região metropolitana de porto alegre. 2012. 54 f. TCC (Bacharel) - Curso de Química, Centro Universitário La Salle - Unilasalle, Canoas, 2012.

WACHINSKI, M. C. Análise microbiológica da água consumida diretamente de bicas d'água na cidade de Canoinhas/SC. TCC (graduação). Universidade Federal de Santa Catarina. Centro de Ciências Biológicas. Canoinhas/SC, 2013.

ZAVALA, M.A.L.; ZUNIGA, H.C.; MAHLKNECHT, J. (2010) Application of a Harmonized Water Quality Index. In: World Water Congress. Anais... Canadá: International Water Association (IWA), p. 19-24.