



INSTITUTO FEDERAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE PERNAMBUCO

Campus Recife

Gestão Ambiental

ROBERTA LAIS CAMPELO SILVA

**CARACTERIZAÇÃO DOS LODOS DE DECANTADOR E ÁGUA DE LAVAGEM DE
FILTROS GERADOS NA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA PRESIDENTE
CASTELLO BRANCO**

Recife

2019

ROBERTA LAIS CAMPELO SILVA

**CARACTERIZAÇÃO DOS LODOS DE DECANTADOR E ÁGUA DE LAVAGEM DE
FILTROS GERADOS NA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA PRESIDENTE
CASTELLO BRANCO**

Monografia de conclusão do curso do Superior de Tecnologia em Gestão Ambiental, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco, como requisito para aprovação final da entrega do trabalho, para obtenção do título de Tecnólogo em Gestão Ambiental.

Orientadora: Alessandra Lee Barbosa
Firmo

Recife
2019

Ficha elaborada pela bibliotecária Emmely Cristiny Lopes Silva CRB4/1876

S586c
2019

Silva, Roberta Laís Campelo.

Caracterização dos lodos de decantador e água de lavagem de filtros gerados na estação de tratamento de água Presidente Castello Branco / Roberta Laís Campelo Silva. --- Recife: O autor, 2019.
78f. il. Color.

TCC (Curso Superior de Tecnologia em Gestão Ambiental) – Instituto Federal de Pernambuco, Departamento Acadêmico de Ambiente, Saúde e Segurança - DASS, 2019.

Inclui Referências.

Orientadora: Professor Dr^a. Alessandra Lee Barbosa Firmo.

1. Estação de tratamento de água. 2. Efluentes. 3. Lodo. 4. Resíduos sólidos. I. Título. II. Firmo, Alessandra Lee Barbosa (orientadora). III. Instituto Federal de Pernambuco.

CDD 628.16 (21ed.)

ROBERTA LAIS CAMPELO SILVA

**CARACTERIZAÇÃO DOS LODOS DE DECANTADOR E ÁGUA DE LAVAGEM DE
FILTROS GERADOS NA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA PRESIDENTE
CASTELLO BRANCO**

Monografia aprovada como requisito final do Trabalho de Conclusão de Curso, para obtenção do título de Tecnólogo em Gestão Ambiental, do Curso Superior de Tecnologia em Gestão Ambiental, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco.

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof.^a Dr.^a Alessandra Lee Barbosa Firmo
(Orientadora)

Prof.^a Dr.^a Verônica de Barros Araújo Sarmiento
(Examinador Interno)

MSc. Hudson Tiago dos Santos Pedrosa
(Examinador Externo)

Recife, 28 de fevereiro de 2019.

Dedico este trabalho a minha família.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pois sem Ele não teria chegado até aqui.

Agradeço a minha família, pai, mãe e irmãs, que sempre me apoiaram nas minhas escolhas. A meu esposo que durante todo o curso e na elaboração deste trabalho esteve ao meu lado me incentivando e apoiando com carinho, amor, atenção e um pouco de distração também.

Agradeço aos professores do IFPE pelo incentivo e ajuda sem medir esforços. A minha orientadora Alessandra Lee Barbosa Firmo pelo suporte e paciência.

Agradeço aos operadores, laboratoristas e coordenador da ETA Presidente Castello Branco pela ajuda, explicação e disponibilização de materiais que contribuíram para a construção deste trabalho.

A meu antigo gerente e eterno professor Daniel Genuíno pelas palavras de incentivo e apoio, sempre me estimulando a crescer profissionalmente e ser uma pessoa melhor.

Agradeço a minha amiga Franciane Vieira que, quando pensei em desistir, ela me incentivou a concluir o trabalho. Sem o apoio dela este trabalho não estaria pronto ainda.

Agradeço a meus colegas de turma, em especial Maria Alice Borges pelo companheirismo que levarei por toda minha vida, ela é um verdadeiro exemplo para mim.

Agradeço a todos que contribuíram direta e indiretamente para a conclusão deste trabalho.

Suba o primeiro degrau com fé. Não é necessário que você veja toda a escada. Apenas dê o primeiro passo.

Martin Luther King

RESUMO

A produção de água potável é essencial para consumo humano, porém para tal processo, é necessário que a água bruta passe por tratamento físico-químico. Esse processo de tratamento consiste em retirar impurezas (físicas, químicas e biológicas), por meio de tecnologias específicas, mas a medida que trata a água, gera resíduos (lodo), que não podem ser lançados de forma in natura no meio ambiente, pois pode impactá-lo negativamente. Este trabalho tem como objetivo, caracterizar os lodos gerados na Estação de Tratamento de Água (ETA) Presidente Castello Branco, identificar os possíveis impactos ambientais ocasionados pela atual prática de disposição e propor melhorias na gestão desse resíduo e também no processo de tratamento de água. A ETA é do tipo convencional, e está situada às margens da BR 232 no bairro do Curado em Jaboatão dos Guararapes, abastece a Região Metropolitana do Recife (RMR), abrangendo a cidade de Camaragibe, parte da cidade do Recife e parte do município do Jaboatão dos Guararapes. O principal efluente gerado na ETA consiste no lodo gerado no processo de decantação e filtração. Para lavagem decantadores e dos filtros, foram realizadas análises para avaliar os parâmetros físico-químicos e realizaram-se comparações dos parâmetros padrão estabelecidos pela Resolução 430/2011 e outros trabalhos semelhantes. Verificou-se que os lodos de lavagem de filtros tem qualidade completamente diferente do lodo de decantador, uma vez que apenas o parâmetro cor, foi que ultrapassou os parâmetros exigidos. Quanto ao lodo da descarga do decantador convencional foi o que mais excedeu nos valores, ultrapassando os padrões de lançamento exigidos na Resolução 430/2011 do CONAMA, com exceção do parâmetro pH, portanto o lodo não pode ser lançado sem tratamento prévio, para não degradar o meio ambiente. É imprescindível que, diante dos argumentos expostos, deve haver mais pesquisas sobre o tema, para tentar encontrar alternativas positivas para aperfeiçoar o processo de tratamento de água e o descarte adequado do lodo gerado, tendo em vista que há uma gama de opções para a destinação do mesmo. Pode-se ainda realizar análises físico-químicas mais específicas a fim de avaliar a viabilidade socioeconômica e ambiental do uso e destinação deste resíduo.

PALAVRAS CHAVE: Estação de tratamento de água. Efluente. Lodo. Resíduos sólidos.

ABSTRACT

Water production is essential for human consumption, but for the process it is raw water must undergo physical-chemical treatment. This process of The treatment consists of removing impurities (physical, chemical and biological) by means of specific technologies, but as it treats the water, it generates waste (sludge), which can not be launched in an in natura way in the environment, as it can negatively impact it. This work has the objective of characterizing the sludge generated at the Water Treatment (ETA) President Castello Branco, identify the possible environmental impacts caused by the current disposal practice and propose improvements in the management of this waste and also in the water treatment process. ETA is of the type and is located on the banks of BR 232 in the district of Curado in Jaboatão dos Guararapes, supplies the Metropolitan Region of Recife (RMR), covering the Camaragibe, part of the city of Recife and part of the municipality of Jaboatão dos Guararapes. The main effluent generated in the ETA consists of the sludge generated in the decantation and filtration. For washing decanters and filters, analysis of physical-chemical parameters and standard parameters established by Resolution 430/2011 and other work similar. It has been found that the filter washing sludge has completely different from the decanter sludge, since only the color parameter, exceeded the required parameters. As for the sediment discharge sludge conventional method was the one that exceeded the values, exceeding the required by Resolution 430/2011 of CONAMA, with the exception of the parameter pH, therefore the sludge can not be released without pretreatment, so as not to degrade the environment. It is imperative that, given the arguments put forward, there should be more research on the topic, to try to find positive alternatives to improve the water treatment process and the proper disposal of the sludge generated, with a view to that there are a range of options for the destination of the same. One can also carry out more specific physical-chemical analyzes to assess socioeconomic viability and environmental aspects of the use and disposal of this waste.

KEYWORDS: Water treatment station. Effluent. Sludge. Solid waste.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Unidades de um sistema de abastecimento de água.....	21
Figura 2- Visualização de satélite de um trecho do Rio Capibaribe	23
Figura 3 – Classificação de adutora quanto a natureza da água transportada .	24
Figura 4 - Energia utilizada para o escoamento da água.....	25
Figura 5 - Classificação de adutora quanto ao modo de escoamento..	26
Figura 6 - Etapas do tratamento de água no modelo convencional.	29
Figura 7 - Etapas de tratamento convencional de água e pontos onde os lodos são gerados.	32
Figura 8 - Rede de interação dos possíveis impactos ambientais negativos gerados pelo lançamento in natura do lodo proveniente de ETAs.....	37
Figura 9 - Localização das instalações da Estação de Tratamento de Água Presidente Castello Branco (Sistema Tapacurá).....	39
Figura 10 – Unidades de apoio localizadas na área da ETA Tapacurá.....	40
Figura 11 - Localização dos mananciais utilizados para captação de água bruta..	42
Figura 12 - Coleta de lodo do decantador.....	45
Figura 13 - Amostra de lodo do decantador convencional.....	45
Figura 14 - Coleta da amostra do efluente gerado na lavagem dos filtros.....	46
Figura 15 - Erlenmeyer com amostras, onde é possível visualizar a diferença de coloração em cada etapa de coleta.	47
Figura 16 - Pontos de lançamento do lodo de descarga dos decantadores	50
Figura 17 - Chegada de água bruta na ETA Castello Branco.	51
Figura 18 - Medição de vazão e mistura rápida na calha Parshall..	51
Figura 19 - Floculador em operação.....	52
Figura 20 - Floculador mecânico de eixo vertical. no momento em que a câmara de floculação foi esvaziada para limpeza.....	52
Figura 21 - Decantador convencional.....	53
Figura 22 - Decantador Tubular (rápido).....	54
Figura 23 - Filtros; Filtros em operação.	54
Figura 24 - Filtros em operação.	55
Figura 25 - Câmara de desinfecção em operação.	55

Figura 26 - Limpeza do floculador.	56
Figura 27 - Limpeza do decantador.	57
Figura 28 - Injeção de ar comprimido para desagregação do lodo no filtro.	58
Figura 29 - Lavagem com água tratada no filtro.	58
Figura 30 - Dimensões floculador	60
Figura 31 - Dimensões do decantador convencional.....	60
Figura 32 – Decantadores tubulares.....	62
Figura 33 - Turbidez elevada no corpo receptor após o lançamento in natura de lodo da descarga do decantador convencional da ETA Presidente Castello Branco.....	65
Figura 34 - Rede de Interação dos Impactos Ambientais gerados pelo lançamento in natura do lodo proveniente da ETA Castello Branco (elipse vermelha).	66
Figura 35 - Tubulação de saída de lodo da lavagem dos filtros da ETA Presidente Castello Branco.....	69
Figura 36 - Vista superior da saída de lodo da lavagem dos filtros da ETA.	70
Figura 36 - Vista superior da saída de lodo da lavagem dos filtros da ETA.	70

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Parâmetros utilizados para caracterizar o lodo da ETA Castello Branco	47
Tabela 2 - Somatório do lodo gerado na ETA	59
Tabela 3 - Cálculo de volume de lodo gerado no floculador e decantador	61
Tabela 4 - Cálculo de volume de lodo gerado no floculador e decantador tubular diariamente	61
Tabela 5 - Cálculo do volume de lodo gerado na lavagem dos filtros.....	63
Tabela 6 - Características físico-químicas do efluente dos decantadores convencional comparadas com os padrões de lançamento de efluentes estabelecidos pela Resolução 430/2011 e ETA do Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Formiga – SAAE de Minas Gerais.....	63
Tabela 7 - Parâmetros físico-químicos do lodo de lavagem dos filtros	68
Tabela 8 - Valores médios das características físico químicas do lodo de lavagem de filtros comparadas com os padrões de lançamento de efluentes estabelecidos pela Resolução 430/2011 e ETA Anápolis –Goiás.	69

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Tipos de mananciais que são utilizados para captação de água.....	22
Quadro 2- Classificação de adutora quanto a energia utilizada para o escoamento da água.....	25
Quadro 3 - Classificação de adutora quanto ao modo de escoamento.....	26
Quadro 4 - Classificação de adutora quanto a vazão de dimensionamento.....	26
Quadro 5 – Classificação da água bruta e tratamento requerido	28
Quadro 6 - Descrição da construção da ETA Castello Branco	39
Quadro 7 - Mananciais de captação do sistema Tapacurá	41
Quadro 8 - Equações para as estimativas do volume dos flocladores e decantadores convencionais	44
Quadro 9 - Equações para as estimativas do volume dos flocladores e decantadores tubulares	44
Quadro 10 - Equação para a estimativa do volume de lodo gerado nas lavagens de filtros	44
Quadro 11 – Legislação e outros estudos que foram utilizados para comparação das análises físico-química dos decantadores e da lavagem dos filtros da ETA Castello Branco.....	48

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	20
2.1 Sistema de abastecimento de água	20
2.2 Etapas e processos envolvidos no tratamento da água e geração de efluentes	21
2.2.1 Captação.....	21
2.2.2 Adução.....	23
2.2.3 Tratamento	27
<i>2.2.3.1 Etapas do tratamento de água convencional.....</i>	<i>30</i>
2.2.4 Reservação.....	30
2.2.5 Distribuição	31
2.3 Efluentes de uma ETA	31
2.3.1 Lançamentos de efluentes de acordo com a Resolução CONAMA 430/2011.....	33
2.4 Lavagem dos decantadores e filtros.....	33
2.5 Principais poluentes.....	34
2.6 Gerenciamento de lodo ETA.....	34
2.6.1 Técnicas de aproveitamento e beneficiamento do lodo de ETA	35
2.7 Impactos ambientais ocasionados por uma ETA	35
2.7.1 Rede de interações dos impactos de lançamento de sólidos suspensos num corpo receptor.....	36
3 METODOLOGIA.....	38
3.1 Caracterização da área de estudo	38
3.2 Descrição estrutural da ETA Presidente Castello Branco.....	38
3.3 Mananciais de captação da ETA Presidente Castello Branco	40
3.4 Etapas envolvidas no desenvolvimento deste trabalho.....	43
3.4.1 Levantamento de dados para o desenvolvimento deste trabalho.....	43
3.4.2 Equações para estimativa de lodos gerados	43
3.5 Coleta dos lodos gerados na ETA Presidente Castello Branco	44
3.5.1 Coleta do lodo do decantador convencional (primeira etapa).....	45
3.5.2 Coleta dos lodos da lavagem dos filtros da primeira e segunda etapa	46

3.6 Caracterização físico-química dos lodos gerados na ETA Presidente Castello Branco	47
3.7 Comparações dos resultados.....	48
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	49
4.1 Etapas e processos envolvidos no tratamento da água e geração de lodo na ETA Presidente Castello Branco	49
4.1.1 Lavagem dos flocladores e decantadores.....	56
4.1.2 Lavagem dos filtros.....	57
4.2 Quantificação do lodo gerado na ETA Presidente Castello Branco.....	59
4.2.1 Caracterização quantitativa dos lodos nos decantadores convencionais.....	59
4.2.2 Caracterização quantitativa do lodo gerado nos decantadores tubulares.....	61
4.2.3 Caracterização quantitativa do lodo gerado na lavagem de filtro.....	62
4.3 Caracterização qualitativa do lodo gerado na ETA Presidente Castello Branco	63
4.3.1 Caracterização qualitativa do lodo de descarga do decantador convencional.....	63
4.3.2 Propostas de melhorias	67
4.3.3 Caracterização qualitativa do lodo de lavagem dos filtros	67
4.3.4 Proposta de melhorias	71
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÃO	72
REFERÊNCIAS	74

1 INTRODUÇÃO

Já dizia Hipócrates (460-354 a.C, apud HELLER; DE PÁDUA, 2006) que “a influência da água sobre a saúde é muito grande”. A água é um recurso natural fundamental no desenvolvimento da sociedade e do meio ambiente, pois é vital para a sobrevivência dos seres, tanto animal como vegetal, no planeta Terra. A água não é um bem importante apenas para a saúde, sendo também bastante importante para o setor econômico, que visa a qualidade adequada e suficiente para suprir as necessidades da sociedade tanto no âmbito sanitário, como no desenvolvimento econômico do país (OLIVEIRA, 1976).

Quando se trata de tratamento de água, deve-se proporcionar também a sua utilização sustentável, pois de acordo com a Política Nacional de Recursos Hídricos – PNRH, Lei 9.433, “a água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico” e “a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas” (BRASIL, 1997).

Um dos objetivos da Lei supracitada é “assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos”. Sendo assim, para atribuir padrões de qualidade adequados à população, deve-se cumprir o que diz a Portaria 05, do Ministério da Saúde, onde ressalta que compete às entidades gestoras garantir e exercer o controle da qualidade da água produzida e distribuída, havendo a introdução de técnicas de tratamento adequadas para garantir a qualidade de consumo exigida nos termos desta Portaria (BRASIL, 2017).

De acordo com De Oliveira; Barcelo; Colares (2012), alguns processos fundamentais compõem o sistema de tratamento de água, denominados de “coagulação, floculação, decantação, filtração e desinfecção, também conhecido por sistema convencional ou ciclo completo”.

Conforme a Resolução 430, qualquer estação de tratamento de água se constitui, na sua essência, em parte de uma unidade industrial, a qual recebe a matéria-prima e a manipula de modo a colocá-la à disposição da comunidade (CONAMA, 2011). No caso específico de tratamento de água, o controle de qualidade deve ser o mais rigoroso possível, pois, durante o processo são gerados

resíduos que podem ser tóxicos ao homem e ao meio ambiente, devendo ser tratados de forma especial.

A Lei 6.938, que trata da Política nacional do Meio Ambiente visa controlar o lançamento de poluentes no meio ambiente, proibindo o lançamento em níveis nocivos ou perigosos para os seres humanos e outras formas de vida (BRASIL, 1981).

Em consonância com a NBR 10.004, aplicam-se as seguinte definição para resíduos sólidos (ABNT, 2004):

Resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível (grifo do nosso).

A atividade industrial de geração de água potável, conforme Saraiva Soares *et al* (2009), produz um subproduto (resíduo) chamado de “Lodo de ETA ou LETA”, o qual representa altos níveis de riscos que podem comprometer a qualidade dos corpos receptores. Conforme a Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS, Lei 12.305, toda atividade industrial que gera resíduos sólidos deve cumprir com o que está na legislação, onde determina que a (BRASIL, 2010):

destinação de resíduos que inclui a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético ou outras destinações admitidas pelos órgãos competentes do Sisnama, do SNVS e do Suasa, entre elas a disposição final, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos.

Segundo o estudo de Parsekian (1998), existiam em torno de 7.500 estações de tratamento de água, na maioria convencionais, que lançavam os resíduos gerados, in natura, diretamente nos corpos receptores.

A Lei 9.605, de Crimes Ambientais, é um dos instrumentos utilizados pelos governantes como forma de coibir essa forma de descarte, pois ela dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente (BRASIL, 1998). Visando tentar mudar este hábito, é importante

incentivar uma nova cultura, focando também na conservação da natureza, onde se deve repensar a forma como serão descartado tais resíduos.

Os responsáveis pelo sistema de produção de água potável se preocupam bastante com um padrão de água a ser distribuído, porém o processo de tratamento de água envolve outros fatores que são bem relevantes. Segundo Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental – ABES (2001), “a qualidade da água bruta, os produtos químicos empregados no tratamento, a concepção, o projeto da ETA e as condições operacionais” fazem toda diferença e são bastante importantes para que o desempenho dos sistemas sejam ambientalmente adequado.

Tendo em vista que a água é um bem finito e que é necessário minimizar os impactos provenientes de resíduos sólidos ou semi-sólidos não tratados devidamente, pode-se pensar em maneiras para o reuso da água, reutilizando a água de lavagem dos filtros, como alternativa, assim como criar soluções viáveis para destinação ou disposição adequada do lodo gerado nos decantadores da Estação de Tratamento de Água. Para isso, é indispensável desenvolver técnicas para a otimização do processo produtivo, sem alterar a qualidade da água para abastecimento humano e sem afetar o meio ambiente.

Este trabalho tem como objetivo geral caracterizar os lodos gerados na Estação de Tratamento de Água (ETA) Presidente Castello Branco, identificar os possíveis impactos ambientais ocasionados pela atual prática de disposição e propor melhorias na gestão desse resíduo e também no processo de tratamento de água. E como objetivos específicos identificar as etapas e os processos envolvidos no tratamento da água na ETA Castello Branco; caracterizar quantitativamente e qualitativamente o lodo dos decantadores convencionais e água de lavagem de filtros da ETA Castello Branco; caracterizar quantitativamente o lodo do decantador tubular da ETA; avaliar os parâmetros físico-químicos pH, Turbidez e Cor, Ferro, Manganês e Alumínio do lodo gerado na decantação e filtração comparando-os com os limites estabelecidos na Resolução CONAMA 430/2011 e outros estudos semelhantes; identificar os possíveis impactos ambientais ocasionados pelo lançamento dos lodos de uma ETA num corpo receptor; e propor melhorias na ETA estudada para minimizar os possíveis impactos ambientais identificados tanto no desperdício de água, quanto no lançamento dos lodos in natura.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Sistema de abastecimento de água

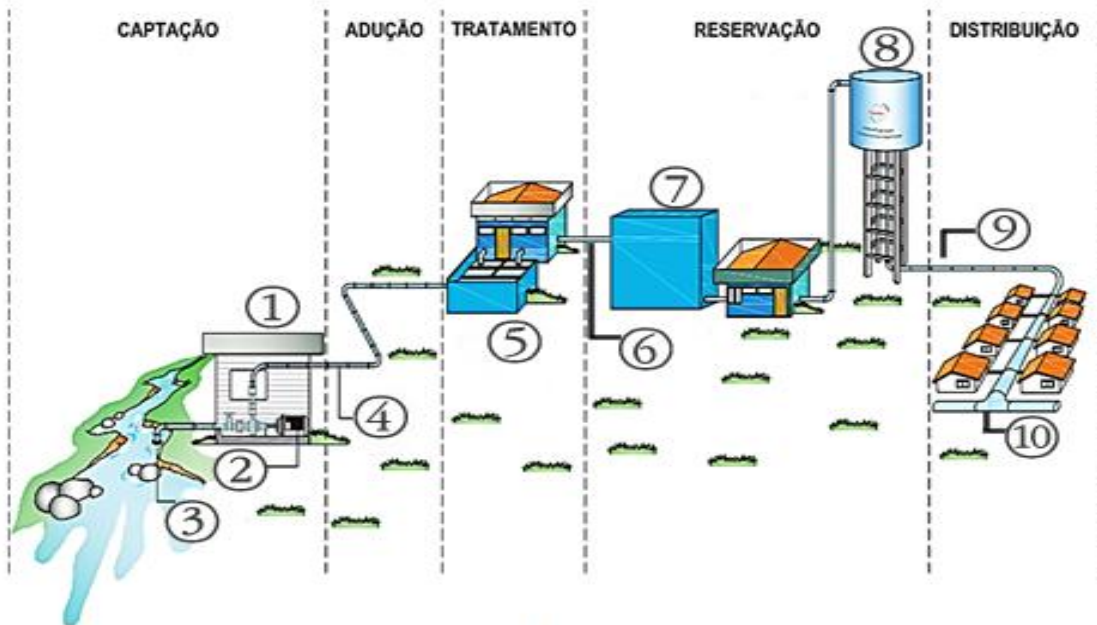
Sendo indispensável para sobrevivência, a água constitui um elemento essencial à vida vegetal e animal, e o homem não pode privar-se do consumo de água, com qualidade adequada e em quantidade suficiente para atender às suas necessidades, visando sua saúde e seu desenvolvimento como um todo (FUNASA, 2015).

O responsável pelo sistema de abastecimento de água, de acordo com a Portaria 05, do Ministério da Saúde tem por obrigação (BRASIL, 2017):

- exercer o controle da qualidade da água;
- garantir a operação e a manutenção das instalações destinadas ao abastecimento de água potável em conformidade com as normas técnicas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e das demais normas pertinentes;
- manter e controlar a qualidade da água produzida e distribuída, nos termos desta Portaria, por meio de: controle operacional do(s) ponto(s) de captação, adução, tratamento, reservação e distribuição, quando aplicável.

O sistema, após implantado, é constituído pelas etapas fundamentais representados na Figura 1.

Figura 1 - Unidades de um sistema de abastecimento de água. Estação elevatória de água bruta (1); Bomba (2); Ponto de captação (3); Adutora de água bruta (4); Estação de tratamento de água – ETA (5); Adutora de água tratada (6); Reservatório apoiado (7); Reservatório elevado (8); Rede de distribuição (9); Ligação predial (10).



Fonte: Adaptada de FUNASA (2015).

2.2 Etapas e processos envolvidos no tratamento da água e geração de efluentes

2.2.1 Captação

A captação é o conjunto de instalações e equipamentos usados para coletar água de um manancial, com o intuito de direcioná-la ao sistema de tratamento para abastecimento (FUNASA, 2014).

É realizada em mananciais, que são reservas hídricas ou fontes de água utilizadas no abastecimento, podendo ser classificados como manancial superficial e subterrâneo, descritos no Quadro 1 (FUNASA, 2015).

Quadro 1 - Tipos de mananciais que são utilizados para captação de água

TIPOS DE MANANCIAIS	LOCAIS
Manancial superficial	Águas doces dos córregos, ribeirões, rios, lagos e reservatórios artificiais como açudes e lagos represados (barragens).
Manancial subterrâneo	Poços rasos ou profundos, poços escavados ou tubulares, galerias de infiltração, barragens subterrâneas ou pelo aproveitamento das nascentes (fontes de encosta).

Fonte: FUNASA (2015).

Para cada tipo de manancial, é empregado um tipo diferente de equipamento, tendo as possíveis formas de captação apresentadas abaixo (FUNASA, 2014):

- a) Água de chuva: superfície de coleta;
- b) Nascente de encosta: caixa de tomada;
- c) Fundo de vales: galeria filtrante;
- d) Lençol freático: poço escavado;
- e) Lençol subterrâneo: poço tubular profundo;
- f) Mananciais de superfície: tomada direta de rios, lagos, açude e barragens (lagos artificiais).

Deve-se ter atenção ao escolher o manancial adequado para captação de água, levando em consideração os seguintes fatores “bacia hidrográfica a montante da captação da água, fatores físicos, bióticos e socioeconômicos, geologia, relevo, solo, vegetação, fauna e às atividades humanas aí desenvolvidas” (FUNASA, 2014). Para seguir os padrões de captação segura, é utilizada a Resolução 357 (CONAMA, 2005).

Dos problemas relacionados a captação, são destacados “a transmissão de protozooses (giardíase e criptosporidiose) e o desenvolvimento de cianobactérias”, o qual o último envolve um caráter mais preocupante, pois ocasiona na proliferação de algas, o qual é causado a partir de “problemas de poluição que envolve os esgotos

domésticos e efluentes oriundos da fertilização na agricultura” (BRASIL, 2014), o que causam níveis maiores de matéria orgânica no manancial.

O rio Capibaribe (uma das fontes de captação da ETA estudada) sofre com o aumento de matéria orgânica no manancial (Figura 2), resultando na proliferação de um tipo de vegetação aquática conhecida popularmente como “baronesa” (SANTOS, 2015), do gênero *Eichornia*. A multiplicação desse vegetal causa problemas operacionais nas estações elevatórias de água bruta, pois as mesmas são sugadas pelos equipamentos de bombeamento, causando problemas mecânicos, e assim, prejudicando o abastecimento.

Figura 2- Visualização de satélite de um trecho do Rio Capibaribe (localização: 7°59'43.14”S e 35°03'11.10”O) com proliferação de baronesa (gênero *Eichornia*). Elevatória de água bruta Castelo – COMPEA - ponto de captação (seta).



Fonte: Adaptada de Imagens Históricas de Google Earth (2018).

2.2.2 Adução

O conjunto de tubulações, peças especiais e obras estruturais encontradas entre a “captação e a ETA; captação e o reservatório de distribuição; captação e a rede de distribuição; ETA e o reservatório de distribuição; ETA e a rede de

distribuição”, é denominado de adutora e as tubulações derivadas de adutora, é denominadas de subadutora (FUNASA, 2014).

As adutoras são classificadas com relação a natureza da água transportada (Figura 3), a energia utilizada para o escoamento da água (Quadro 2), ao modo de escoamento(Quadro 3) e a vazão de dimensionamento (Quadro 4).

Figura 3 – Classificação de adutora quanto a natureza da água transportada (adutora de água bruta; Adutora de água tratada).



Fonte: A autora (2018).

Quadro 2- Classificação de adutora quanto a energia utilizada para o escoamento da água. Figura 4 - Energia utilizada para o escoamento da água. Adutora por gravidade - linha piezométrica 1; aqueduto 2; sifão invertido 3 – (a); adutora por recalque - linha piezométrica 1 – (b); mista - linha piezométrica por recalque 4; linha piezométrica por gravidade 5 – (c).

ENERGIA UTILIZADA PARA O ESCOAMENTO DA ÁGUA		
Adutora por gravidade	Aproveita o desnível existente entre o ponto inicial e o final da adução	(a)
Adutora por recalque	Utiliza um meio elevatório qualquer (conjunto moto-bomba e acessórios);	(b)
Mista	Utiliza parte por recalque, e parte por gravidade	(c)

Fonte: YASSUDA; NOGAMI (1976).

Quadro 3 - Classificação de adutora quanto ao modo de escoamento. Figura 5 - Classificação de adutora quanto ao modo de escoamento. Adutora em conduto livre - linha piezométrica com o nível d'água 6 – (a) ; adutora em conduto forçado - linha piezométrica 1 – (b).

MODO DE ESCOAMENTO		
Adutora em conduto livre	Mantém a superfície sob o efeito da pressão atmosférica. Os condutos podem ser abertos (canal) ou fechados. A água ocupa apenas parte da seção de escoamento, não funciona a seção plena (totalmente cheios).	(a)
Adutora em conduto forçado	A água ocupa a seção de escoamento por inteiro, mantendo a pressão interna superior à pressão atmosférica. Permite à água movimentar-se, quer em sentido descendente por gravidade, quer em sentido ascendente por recalque, graças à existência de uma carga hidráulica.	(b)

Fonte: YASSUDA; NOGAMI (1976).

Quadro 4 - Classificação de adutora quanto a vazão de dimensionamento

VAZÃO DE DIMENSIONAMENTO	
Adução Contínua	A vazão aduzida é contínua, ou seja, 24h/dia
Adução Intermitente	Há intermitência na vazão aduzida, por exemplo: parada do sistema em horário de ponta para economia de energia.

Fonte: YASSUDA; NOGAMI (1976).

2.2.3 Tratamento

Os processos integrantes do sistema de tratamento de água são determinados a partir de análises realizadas para estabelecer qual classe a água se enquadra. A padronização das técnicas de tratamento é seguida através da Resolução 357, onde mostra o tratamento solicitado de acordo com a classificação da água bruta (CONAMA, 2005). As classes e o nível de tratamento solicitado estão representados no Quadro 5.

De acordo com Mancuso; Santos (2003), para água destinada ao abastecimento público, é recomendada fonte (manancial) de boa qualidade e o tratamento adequado é o convencional, o qual é definido pelo processo, partindo da seguinte ordem: “coagulação, floculação, decantação, filtração e desinfecção, ou de remoção dos contaminantes”, dessa maneira, sendo possível assegurar atender aos padrões de qualidade exigidos pela legislação.

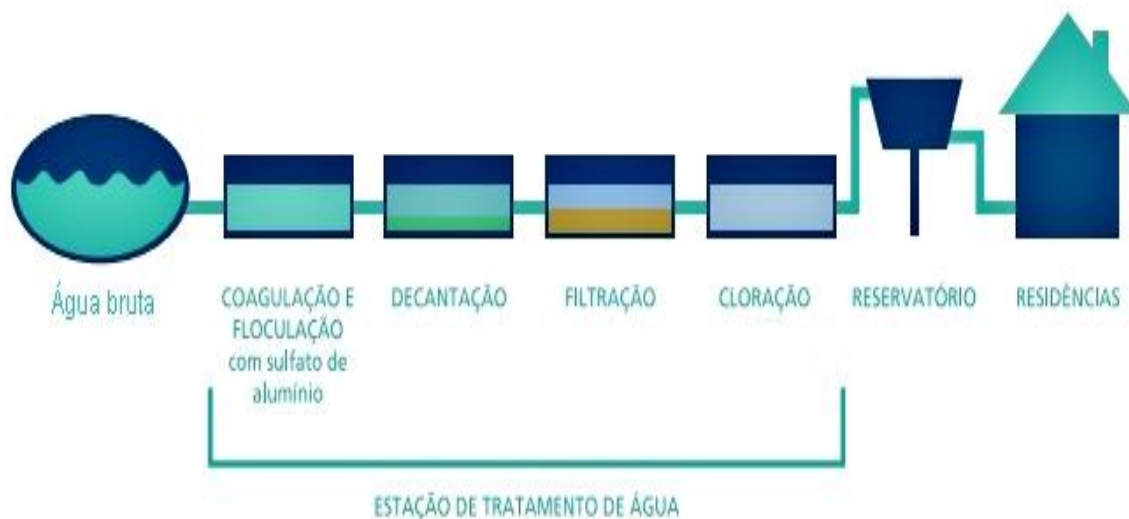
Quadro 5 – Classificação da água bruta e tratamento requerido

CLASSIFICAÇÃO DA ÁGUA	TRATAMENTO SOLICITADO	ETAPAS DE TRATAMENTO
Classe Especial	Desinfecção	Remoção ou inativação de organismos potencialmente patogênicos
Classe 1	Tratamento Simplificado	Clarificação por meio de filtração e desinfecção e correção de pH quando necessário
Classe 2	Tratamento Convencional	Clarificação com utilização de coagulação e floculação, decantação e filtração, seguida de desinfecção e correção de pH
Classe 3	Tratamento Convencional	Clarificação com utilização de coagulação e floculação, decantação e filtração, seguida de desinfecção e correção de pH
Classe 4	Águas destinadas a usos menos exigentes*	Não se aplica tratamento por se tratar de águas de navegação e harmonia paisagística

*Águas de Classe 4 não são destinadas ao abastecimento público, com usos menos nobre. Fonte: Resoluções 357 (CONAMA, 2005) e 430 (CONAMA, 2011).

No Brasil o processo de tratamento em sua maioria é empregado o método identificado como convencional ou tradicional. Segundo Botero (2008), trata-se do uso das operações de coagulação, floculação, sedimentação (decantação) e filtração para a clarificação da água, seguida de correção de pH e desinfecção (Figura 6). Os outros tipos de tratamento utilizados são o não convencional (clarificador de contato, ETAs compactas, filtragem rápida, etc.) e a simples desinfecção das águas captadas, com a utilização de hipoclorito de sódio (NaClO) ou seus compostos, objetivando a eliminação de organismos patogênicos.

Figura 6 - Etapas do tratamento de água no modelo convencional.



Fonte: Adaptada de BNDES (2014).

De acordo com Azevedo Netto (1976), o tratamento de água pode ser feito para atender a várias finalidades:

Finalidades higiênicas: remoção de bactérias e vírus, de substâncias venenosas ou nocivas, redução do excesso de impurezas, teores elevados de compostos orgânico, protozoários e outros microrganismos;
 Finalidades estéticas: correção da cor, odor e sabor;
 Finalidades econômicas: redução da corrosividade, da dureza, cor, turbidez, ferro, manganês, odor e sabor.

2.2.3.1 Etapas do tratamento de água convencional

- **Coagulação e floculação:** nesta etapa do tratamento é adicionado o coagulante (geralmente o sulfato de alumínio) para transformar as impurezas encontradas em suspensão fina, na condição coloidal em flocos (partículas maiores) para serem removidas por sedimentação, e/ou filtração ou, em algumas situações, por flotação, de acordo com Campos; Povinelli (1976). A coagulação e floculação são consideradas as partes mais importantes do processo de tratamento de água, visando o abastecimento, pois qualquer erro nessa seção pode vir a comprometer a qualidade da água e causar prejuízos no custo do abastecimento público.

- **Decantação e filtração:** são etapas de clarificação da água, onde para Netto (1976) “a decantação ou sedimentação é um processo dinâmico de separação de partículas sólidas suspensas na água. Essas partículas, sendo mais pesadas do que a água, tenderão a cair para o fundo”. Na ETA estudada, depois desta etapa, a água segue para o processo de filtração que tem por finalidade reter os sólidos em suspensão que não foram removidos na etapa de decantação, melhorando os aspectos de cor, odor e sabor da água. É na etapa de decantação e filtração que há a geração de lodos que, se não tratados antes de dispor no meio ambiente, podem causar impactos negativos.

- **Desinfecção:** segundo Rossin (1976) entende-se por desinfecção a destruição de organismos patogênicos, capazes de produzir doenças, ou de outros organismos indesejáveis.

2.2.4 Reservação

A reservação da água potável é realizada por meio de reservatórios, os quais é outro constituinte de um sistema de abastecimento de água. Tem a função de estabilizar as variações entre vazões de adução e de distribuição e adequar às vazões na rede de distribuição, assim, viabilizar a continuidade do abastecimento quando houver parada na produção de água. Os tipos de reservatório podem ser classificados quanto à sua localização, podendo ser instalados no início da rede de distribuição (reservatório à montante), ou instalados no extremo ou em pontos estratégicos do sistema (reservatório à jusante). Ou classificados quanto à sua

forma estrutural, podendo ser com a cota de fundo superior a cota do terreno, geralmente edificados sobre colunas (reservatório elevado) ou com o fundo em contato com o terreno (reservatório apoiado, enterrado e semi-enterrado) (FUNASA, 2015).

2.2.5 Distribuição

A distribuição da água é bastante importante para promover o acesso de água potável à população de forma contínua e com pressão adequada. É composta por tubulações, conexões, registros e peças especiais específicos para o sistemas de abastecimento de água. A distribuição tem dois tipos de rede os quais são denominadas de ramificadas e malhadas (FUNASA, 2015).

2.3 Efluentes de uma ETA

Uma ETA, apesar do foco-produto ser a água tratada, existe a formação de outros sub-produtos, como os efluentes e resíduos sólidos.

A Resolução 357, diz que efluente “é o termo usado para caracterizar os despejos líquidos provenientes de diversas atividades ou processos” (CONAMA, 2005).

Sendo a estação de tratamento de água, uma atividade industrial, seus resíduos gerados deverão ser tratados como resíduos industriais, que de acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos, são aqueles “gerados nos processos produtivos e instalações industriais” (BRASIL, 2010). Neste estudo, os resíduos da ETA utilizados para análise, referem-se apenas aqueles provenientes da descarga dos decantadores e lavagem dos filtros, o qual é tratado como “efluente” por alguns trabalhos (CASTRO, *et al.*, 1997; SCALIZE, 2003; SALUM, 2016).

Porém esse efluente também é tratado como lodo, que segundo Oliveira; Rondon (2016) define o “lodo” gerado em ETA como:

O aglomerado de substâncias retiradas da água durante o processo de tratamento. É referente ao tipo de coagulante utilizado no processo de tratamento, em razão de que diferentes locais de retirada de água bruta garantem propriedades distintas e, logo, diferentes dosagens de

coagulantes. Quanto mais deteriorada for a água bruta, maior quantidade de produtos adicionados no tratamento.

Quando se trata de Estações de Tratamento de Água, a produção de lodo (Figura 7), de acordo com Soares; Achon; Megda (2004) será “resultado do processo de lavagem dos filtros e descarga dos decantadores, os quais na maioria dos casos são lançados aos corpos de água sem tratamento”.

Figura 7 - Etapas de tratamento convencional de água e pontos onde os lodos são gerados.



Fonte: A Autora (2018).

Conforme Fadanelli; Wiecheteck (2010), na maior parte dos casos, o lodo dos decantadores integra a maior composição dos sólidos retirados no tratamento de água. O volume total de efluente que é produzido na ETA, decorre do tipo de captação atual, do processo de tratamento de água aplicado, levando em

consideração “a qualidade da água bruta, dos tipos de coagulantes utilizados, da sazonalidade, da dureza e da qualidade final desejada”.

No presente estudo foi utilizado o termo “lodo” para descrever os resíduos provenientes das etapas de decantação e filtração.

2.3.1 Lançamentos de efluentes de acordo com a Resolução CONAMA 430/2011

A Resolução CONAMA 430/2011, diz que quando se tratar de lançamento de efluentes de qualquer fonte poluidora diretamente em corpos receptores d’água, os mesmos “somente poderão ser lançados diretamente nos corpos receptores após o devido tratamento e desde que obedeçam às condições, padrões e exigências” na forma da resolução supracitada.

Quando se tratar de disposição de efluentes no solo, a mesma Resolução determina que, “mesmo tratados, não está sujeita aos parâmetros e padrões de lançamento dispostos nesta Resolução, não podendo, todavia, causar poluição ou contaminação das águas superficiais e subterrâneas”.

2.4 Lavagem dos decantadores e filtros

As ETAs convencionais removem o lodo gerado no decantador de forma manual com jatos d’água ou ainda o remove constantemente utilizando raspadores de fundo. Quando os mesmos estão com bastante resíduo acumulado, determina-se a limpeza manual, para evitar sobrecargas nos filtros (BOTERO, 2008).

Netto (1976), diz que em relação a limpeza do decantador convencional, o mesmo deve ser paralisado na operação para limpeza e lavagem e ter descarga de fundo para permitir o esvaziamento em tempo rápido e facilitar a descarga e remoção do lodo. Segundo a Secretaria Nacional de Saneamento

Ambiental (2008), “a limpeza dos decantadores pode ser manual ou com raspadores mecanizados. Deve ser periódica, evitando-se que flocos sejam arrastados para os filtros, sobrecarregando-os”.

Segundo Netto (1976) existem duas maneiras para determinar o momento ideal da lavagem de um filtro, que são:

- Limite de água mais alto no filtro (perda de eficiência do filtro); e
- Análise de turbidez,

Há também duas situações para escolher o filtro para ser lavado:

- Limpeza é realizada no que estiver operando a mais tempo; e
- Limpeza é realizada no que mostrar pior resultado em relação a análise de turbidez.

2.5 Principais poluentes

Geralmente as maiores taxas de constituintes existentes no lodo de uma ETA, são de ferro e alumínio (metais pesados), estes são utilizados como agentes na coagulação da água, um dos processos que faz parte do tratamento de água. Porém, de acordo com Cardoso (2008), os mesmos são coagulantes do tipo inorgânico, ou seja, não são biodegradáveis. Segundo Monaco *et al.* (2010), tanto o ferro quanto o alumínio são considerados de baixo custo, por isso a sua alta utilização pelas empresas de tratamento de água, entretanto, podem causar elevado volume de lodo e por estarem na forma de cátion Al^{3+} e Fe^{3+} , quando em grande quantidade, podem gerar impactos nocivos ao meio ambiente como um todo, se não forem tratados e dispostos de forma adequada. A Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB (2016), diz que embora o ferro não tenha teor tóxico, gera problemas ao abastecimento público, de forma que modifica a coloração e o sabor da água, além disso, pode provocar manchas em roupas e utensílios sanitários e pode também, causar incrustamento em tubulações e ferro-bactérias, estas causam contaminação biológica na água.

2.6 Gerenciamento de lodo ETA

São princípios da Política Nacional de Resíduos Sólidos assegurar a gestão integrada de resíduos sólidos, destinado-os e dispendo-os de forma ambientalmente adequada (BRASIL, 2010). O elevado volume de lodo gerado numa ETA necessita de um gerenciamento e disposição final para não impactar o meio ambiente.

2.6.1 Técnicas de aproveitamento e beneficiamento do lodo de ETA

O aproveitamento e/ou disposição adequada dos lodos de estações de tratamento de água são importantes medidas alternativas para obtenção de lucro, redução de custos e minimização de impactos socioeconômicos e ambientais (TAKADA *et al*, 2013).

Diversos autores dão soluções viáveis para o aproveitamento desse resíduo em outros segmentos industriais como incorporação em massas cerâmicas (MEDEIROS, 2010), agregado miúdo em concreto para calçadas (COSTA, 2011), na fabricação de tijolos (SILVA, 2011), disposição em estação de tratamento de esgoto - ETE (PEREIRA, 2011), desaguamento em leito de drenagem/secagem com manta geotêxtil (SILVEIRA, 2012), disposição em aterros sanitários (SILVEIRA; KOGA; KURODA, 2013), entre outros.

2.7 Impactos ambientais ocasionados por uma ETA

O impacto ambiental pode ser definido conforme a legislação ambiental brasileira na Resolução 001 (CONAMA, 1986) como:

Qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente causada por qualquer forma de matéria ou energia resultantes das atividades humanas que direta ou indiretamente, afeta:

- a saúde, a segurança e o bem-estar da população;
- as atividades sociais e econômicas;
- a biota;
- as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; e
- a qualidade dos recursos ambientais.

O principal impacto ocasionado por uma ETA é o lançamento inadequado de resíduos provenientes dos decantadores e da água de lavagem de filtros em corpos d'água. Esta ação, por sua vez, pode causar a poluição de corpos hídricos, degradação hídrica, perturbação da fauna nativa, geração de odores, veiculação de doenças, danos à saúde e ao bem-estar, perturbação da população local, interferências em áreas ambientalmente sensíveis ou protegidas, perda de recursos naturais, e a proliferação de pragas e vetores (JÚNIOR, 2013).

2.7.1 Rede de interações dos impactos de lançamento de sólidos suspensos num corpo receptor

Vários impactos são gerados pelo lançamento do lodo in natura da ETA em corpos d'água, ocasionando outros impactos, formando uma rede de interação.

Júnior (2013), diz que os impactos positivos gerados pelo sistema de abastecimento de água, consistem com o comprometimento da melhoria da saúde e do bem-estar da população e os impactos negativos estão associados à vulnerabilidade da área de implantação do sistema e à operação inadequada desse sistema, que podem causar degradação ao meio ambiente (Figura 8), inviabilizando o uso social e econômico do corpo hídrico.

Figura 8 - Rede de interação dos possíveis impactos ambientais negativos gerados pelo lançamento in natura do lodo proveniente de ETAs.



Fonte: Adaptada de SOARES; ACHON; MEGDA (2004).

3 METODOLOGIA

3.1 Caracterização da área de estudo

A Estação de Tratamento de Água Presidente Castello Branco, também conhecida como ETA Tapacurá, trata-se de uma ETA do tipo convencional operada pela Companhia Pernambucana de Saneamento, com capacidade nominal para tratamento de 4m³/s e reservação de total de 81.000m³, está situada às margens da BR 232 no bairro do Curado em Jaboatão dos Guararapes. Seu universo de atendimento é de atualmente 24,7%, aproximadamente, do volume distribuído na Região Metropolitana do Recife (RMR), abrangendo a cidade de Camaragibe, parte da cidade do Recife e parte do município do Jaboatão dos Guararapes (COMPESA, 2016).

3.2 Descrição estrutural da ETA Presidente Castello Branco

O projeto de construção da ETA está dividido em duas etapas, como podem ser vistas na Figura 9. A primeira etapa teve seu início de operação em 1975 e a segunda etapa em 1982, com características distintas vistas no Quadro 6 (COMPESA, 2016).

No setor de utilidades, a ETA possui um pavilhão com capacidade para 24 cilindros de cloro em estado gasoso, além do local onde estacionam as carretas de cloro líquido. Atualmente a ETA estudada utiliza o cloro no estado líquido que, antes da etapa de desinfecção, o cloro passa por um vaporizador e em seguida é aplicado na água. Já o cloro gasoso é utilizado apenas em casos de emergência, como por exemplo, quando há vazamento na carreta. No processo de coagulação, o coagulante fica armazenado em tanques (tinhas), dentro do prédio de química, onde é aplicado diretamente na água bruta (COMPESA, 2016).

Ainda no espaço da ETA Tapacurá, existem outras unidades, denominadas “unidades de apoio”, para auxiliar no processo operacional da mesma (Figura 10).

Figura 9 - Localização das instalações da Estação de Tratamento de Água Presidente Castello Branco (Sistema Tapacurá); Primeira etapa em 1975 (vermelho); Segunda etapa em 1982 (amarelo).



Fonte: Adaptada de GOOGLE EARTH PRO (2017).

Quadro 6 - Descrição da construção da ETA Castello Branco, em duas etapas distintas

Primeira etapa – Finalizada em 1975 Capacidade nominal de 2m³/s.	Segunda etapa – Finalizada em 1982 Capacidade nominal de 2m³/s.
Calha Parshall com garganta de 3,05m e capacidade de vazão de 5.000l/s	Caixa de mistura da água bruta de Tapacurá e Duas Unas
04 Floculadores mecânicos com capacidade de tratamento de 2.760l/s	04 Floculadores mecânicos com capacidade de tratamento de 2.760l/s
04 Decantadores convencionais com capacidade de tratamento de 2.286l/s	04 Decantadores rápidos (módulo tubular) com capacidade de tratamento de 2.164l/s

Primeira etapa – Finalizada em 1975 Capacidade nominal de 2m³/s.	Segunda etapa – Finalizada em 1982 Capacidade nominal de 2m³/s.
08 Filtros rápidos de gravidade com capacidade de tratamento de 1.634l/s	08 Filtros rápidos de gravidade com capacidade de tratamento de 1.634l/s
02 reservatórios semi-apoiados cada um com capacidade de 23.000m ³	01 reservatório semi-apoiado com capacidade 35.000m ³

Fonte: Adaptada de COMPESA (2016).

Figura 10 – Unidades de apoio localizadas na área da ETA Tapacurá.



Fonte: Adaptada de COMPESA (2016).

3.3 Mananciais de captação da ETA Presidente Castello Branco

Os mananciais que são utilizados para captação de água bruta destinada para a ETA estudada são as barragens Tapacurá e Duas Unas e o Rio Capibaribe, através das estações elevatórias de água bruta (EEAB) Castello e Tiúma (Figura 11). Para que estas elevatórias operem normalmente, o Rio Capibaribe foi regularizado através das Barragens do Carpina e Goitá (estando esta última localizada no Rio Goitá, um de seus afluentes) que, inicialmente foram construídas

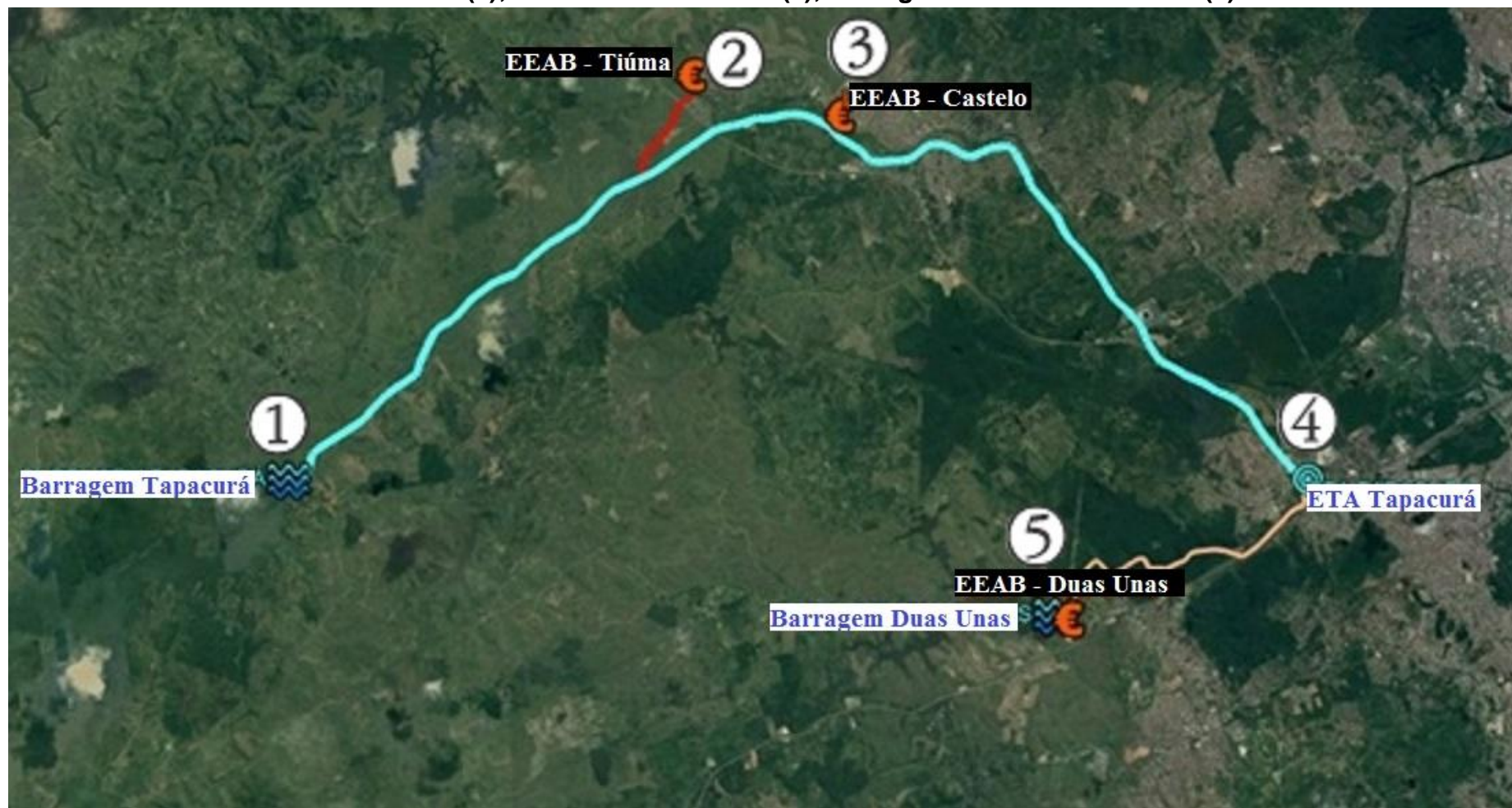
para contenção de enchentes e passaram a desempenhar também a função de abastecimento público (COMPESA, 2016).

A vazão nominal (capacidade de projeto) de captação dos mananciais, de acordo com a Agência Nacional de Águas - ANA (2009), é descrita abaixo no Quadro 7.

Quadro 7 - Mananciais de captação do sistema Tapacurá

MANANCIAL	LOCALIZAÇÃO	VAZÃO NOMINAL DE CAPTAÇÃO
Barragem Tapacurá	São Lourenço da Mata	3.100 l/s
Barragem/EEAB Duas Unas	Jaboatão dos Guararapes	1.200 l/s
Estação Elevatória de Água Bruta Tiúma	Rio Capibaribe em São Lourenço da Mata	1.300 l/s
Estação Elevatória de Água Bruta Castelo	Rio Capibaribe em São Lourenço da Mata	1.000 l/s

Figura 11 - Localização dos mananciais utilizados para captação de água bruta. Barragem Tapacurá (1); EEAB Tiúma (2); EEAB Castelo (3); ETA Castelo Branco (4); Barragem e EEAB Duas Unas (5).



Fonte: GOOGLE EARTH (2018).

3.4 Etapas envolvidas no desenvolvimento deste trabalho

O estudo foi desenvolvido entre 04 de janeiro e 04 de fevereiro de 2017, e a metodologia utilizada para o desenvolvimento deste está descrita nos tópicos a seguir.

3.4.1 Levantamento de dados para o desenvolvimento deste trabalho

O levantamento dos dados relativos ao funcionamento da ETA Presidente Castello Branco foi realizado através de visitas in loco, com intuito de coletar informações com gestores, operadores e consulta aos projetos da ETA, para obter dados como as dimensões dos decantadores e floculadores, o método utilizado na limpeza e a frequência (intervalos entre as lavagens), além da vazão de água potável produzida e volume despendido na lavagem dos filtros.

3.4.2 Equações para estimativa de lodos gerados

Foram utilizados dados do projeto da ETA, para estimar o volume de lodo gerado nas etapas de floculação, decantação (convencional e tubular) e lavagem de filtros através de equações.

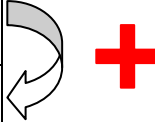
Para a estimativa do volume de lodo gerado nos floculadores e decantadores convencionais, que são somados, pois são interligados, considerou o intervalo de 20 dias entre as lavagens, pois de acordo com os operadores e laboratoristas da ETA, os flocos passam mais tempo para decantar nesse tipo de decantador, caso esse tempo não seja atendido ocorre sobrecarga dos filtros.

Já a lavagem dos decantadores tubulares acontece diariamente, devido sua eficiência e rapidez na decantação dos flocos.

As equações para as estimativas dos floculadores, decantadores convencionais e tubulares estão descritas no Quadro 8 e 9:

Quadro 8 - Equações para as estimativas do volume dos floculadores e decantadores convencionais

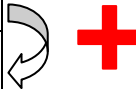
LOCAL	EQUAÇÃO
FLOCULADOR	$\frac{(C \times L \times P) \times 4}{20 \text{ dias}}$
DECANTADOR	$\frac{(C \times L \times P) \times 4}{20 \text{ dias}}$



Fonte: A autora (2017).

Quadro 9 - Equações para as estimativas do volume dos floculadores e decantadores tubulares

LOCAL	EQUAÇÃO
FLOCULADOR	$(C \times L \times P) \times 3$
DECANTADOR	$(C \times L \times P) \times 1$



Sendo: C= comprimento; L= largura; e P= profundidade, para ambas equações. Fonte: A autora (2017).

A equação utilizada para estimativa de volume de lodo de lavagem de filtro (Quadro 10), considerou o volume de 480m³ (volume de projeto) em cada lavagem, sendo lavados 5 filtros diariamente.

Quadro 10 - Equação para a estimativa do volume de lodo gerado nas lavagens de filtros

EQUAÇÃO
$480\text{m}^3 \times 5$

Sendo: 480m³ = Volume de água tratada utilizado na lavagem de cada filtro; 5= Número de filtros lavados por dia. Fonte: A autora (2017).

3.5 Coleta dos lodos gerados na ETA Presidente Castello Branco

As técnicas utilizadas para coleta de lodo seguiram os procedimentos operacionais da empresa, os quais são baseados na metodologia do Standard

Methods for the Examination of Water and Wastewater (AWWA, APHA, WPCF, 2005).

3.5.1 Coleta do lodo do decantador convencional (primeira etapa)

A coleta da amostra de lodo do decantador convencional foi realizada no momento da descarga de fundo. Para isso o laboratorista utilizou um cordão preso a um recipiente com alça para coletar e içar a amostra (Figura 12). Logo em seguida a mesma foi encaminhada para o laboratório, onde foi colocada em outro recipiente (Figura 13), para iniciar as análises físico-químicas.

Realizou-se coleta apenas do lodo de decantador convencional por ter maior facilidade em coletá-lo, diferentemente do decantador tubular que é coberto com telhas, o que dificulta o acesso para a coleta.

Figura 13 - Coleta de lodo do decantador.



Fonte: A autora (2017).

. Figura 12 - Amostra de lodo do decantador convencional



Fonte: A Autora (2017).

3.5.2 Coleta dos lodos da lavagem dos filtros da primeira e segunda etapa

Para a realização da coleta do lodo da lavagem dos filtros, foi utilizado o mesmo método de coleta do decantador (cordão preso a um recipiente) para içar a amostra (Figura 14).

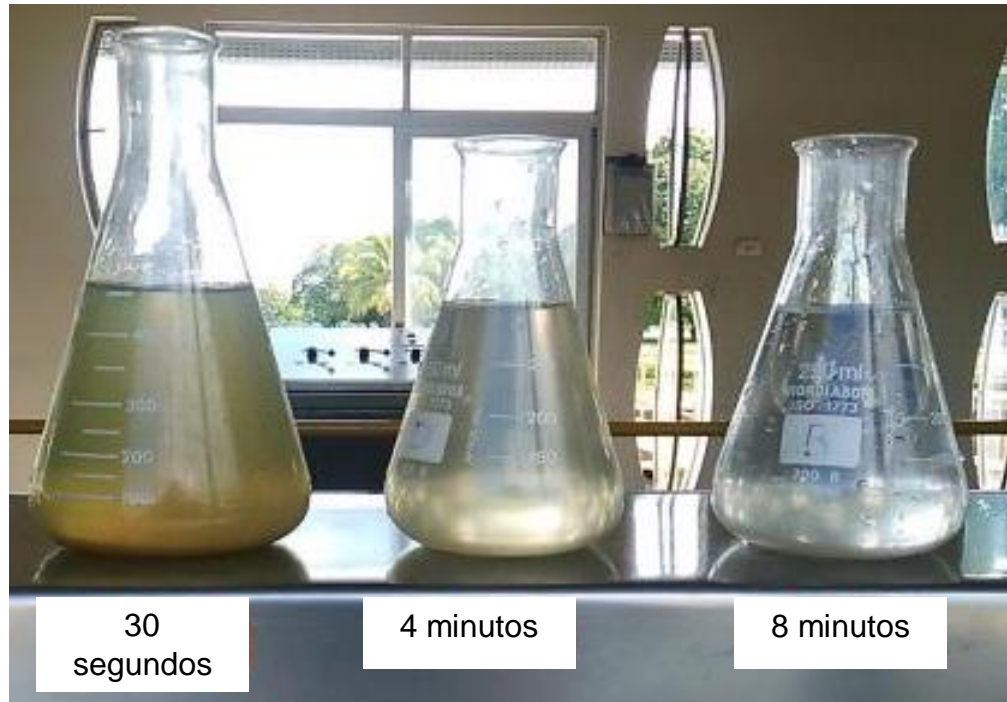
Como o lodo varia suas características conforme o tempo de lavagem dos filtros foi realizada três coletas, sendo uma amostra nos primeiros 30 segundos, outra aos 4 minutos e a última com 8 minutos, sabendo-se que a lavagem dos filtros tem duração de 8 minutos (Figura 15).

Figura 14 - Coleta da amostra do efluente gerado na lavagem dos filtros.



Fonte: A Autora (2017).

Figura 15 - Erlenmeyer com amostras, onde é possível visualizar a diferença de coloração em cada etapa de coleta.



Fonte: A Autora (2017).

3.6 Caracterização físico-química dos lodos gerados na ETA Presidente Castello Branco

A caracterização físico-química das amostras individuais do lodo foi realizada utilizando os seguintes parâmetros: pH, turbidez e cor (análise físicas) e ferro, manganês, alumínio (análises químicas). As análises foram realizadas baseando-se nas metodologias prescritas no Manual de Operação do Sistema Tapacurá que segue o Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, (AWWA, APHA, WPCF, 2005), descritas na Tabela 1.

Tabela 1- Parâmetros utilizados para caracterizar o lodo da ETA Castello Branco

PARÂMETRO	TÉCNICA/MÉTODO
pH	pHmetro de bancada Quimis, modelo Q400A
Ferro	Colorimetria
Manganês	Colorimetria
Alumínio	Colorimetria
Turbidez	Turbidímetro HACH 2100N
Cor	Colorimetria

3.7 Comparações dos resultados

Os resultados físico-químicos das amostras dos lodos gerados na ETA Presidente Castello Branco foram confrontados com os padrões estabelecidos pela Resolução nº 430/2011 do Conselho Nacional de Meio Ambiente para lançamento de efluentes em corpos receptores. Os resultados obtidos também foram comparados com os de outros autores que se assemelham com o objetivo deste trabalho (Quadro 11). Os resultados do lodo referente ao decantador foram comparados com o trabalho de Amâncio (2018), que objetivou caracterizar o lodo gerado no decantador da ETA do Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE) do município de Formiga – Minas Gerais, de forma física, química e biológica, permitindo quantificar sua capacidade de poluição em corpos hídricos receptores. Já o estudo de Oliveira; Barcelo; Colares (2012), objetivou caracterizar através de análises físico-químicas e microbiológicas a água de lavagem de filtros da ETA convencional da cidade de Anápolis em Goiás com a finalidade de propor uma tecnologia adequada visando o retorno dessa água ao processo inicial de produção, a fim de minimizar os lançamentos de resíduos das ETAs na natureza.

Quadro 11 – Legislação e outros estudos que foram utilizados para comparação das análises físico-química dos decantadores e da lavagem dos filtros da ETA Castello Branco

GERAÇÃO DE LODO	LEGISLAÇÕES E OUTROS ESTUDOS
Lavagem dos filtros	Padrões de lançamento de efluentes estabelecidos na resolução 430 (CONAMA, 2011); Estudo da ETA Anápolis/GO (DE OLIVEIRA; BARCELO; COLARES, 2012)
Decantadores	Padrões de lançamento de efluentes estabelecidos na resolução 430 (CONAMA, 2011); Estudo da ETA do Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Formiga – SAAE de Minas Gerais (AMÂNCIO, 2018).

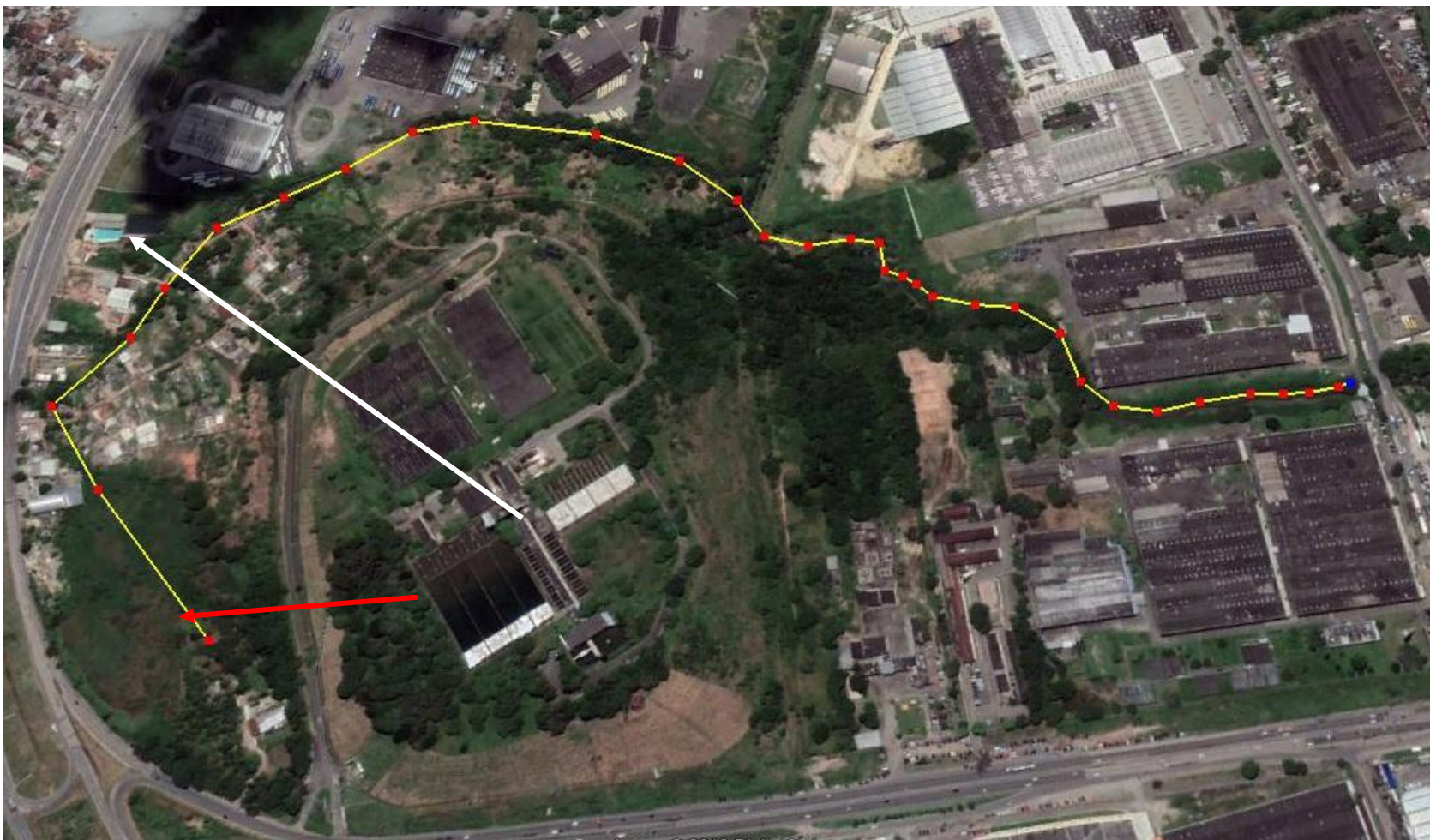
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Etapas e processos envolvidos no tratamento da água e geração de lodo na ETA Presidente Castello Branco

No período em que foi realizado este trabalho, entre 04 janeiro e 04 fevereiro de 2017 (baixo índice pluviométrico), a estação de tratamento estava produzindo 68% de sua capacidade nominal, ou seja, cerca de 2.700 l/s. Esta redução foi necessária devido à queda de vazão do rio Capibaribe e a diminuição do volume das barragens de Duas Unas e Tapacurá.

O estudo se baseou no lançamento dos lodos dos decantadores e de lavagem dos filtros, os quais são lançados num dos afluentes do rio Tejiipió de forma in natura (Figura 16).

Figura 16 - Pontos de lançamento do lodo de descarga dos decantadores (seta vermelha); lodo de lavagem de filtros (seta branca); curso do corpo receptor - rio Tejipió (linha amarela).



Fonte: Adaptada de GOOGLE EARTH PRO (2017).

Na ETA Presidente Castello Branco, o processo se inicia com a chegada da água bruta (Figura 17), seguindo para a calha Parshall onde é realizada a medição de vazão, adicionado o coagulante e realizada a mistura rápida (Figura 18).

Figura 17 - Chegada de água bruta na ETA Castello Branco.



Fonte: A Autora (2017).

Figura 18 - Medição de vazão e mistura rápida na calha Parshall. Adição de coagulante (seta vermelha); sentido da água (seta branca).



Fonte: A Autora (2017).

Em seguida, a água coagulada é submetida à agitação para a formação de flocos no decantador. Essa etapa é realizada nos floculadores. (Figura 19 e 20).

Figura 19 - Floculador em operação.



Fonte: A Autora (2017).

Figura 20 - Floculador mecânico de eixo vertical. no momento em que a câmara de floculação foi esvaziada para limpeza. Motor de acionamento de rotor (amarelo); hélices para agitar o fluido (setas).



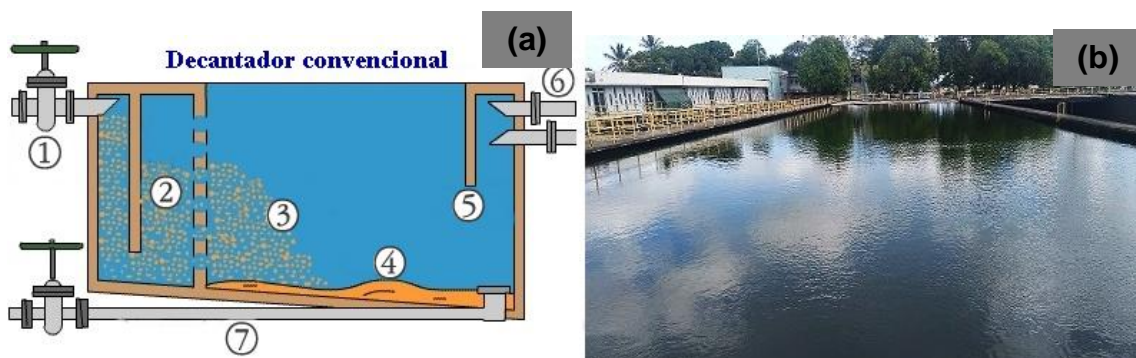
Fonte: A Autora (2017).

Após a etapa da floculação, a água segue para os decantadores. Na ETA estudada são utilizados dois tipos de decantadores, o convencional, com capacidade de tratamento de 2.286l/s e o decantador tubular (módulo rápido), com capacidade 2.164l/s.

O funcionamento do decantador de escoamento horizontal ou convencional (Figura 21), de acordo com Netto (1976), se dá pela entrada da água numa extremidade, move-se longitudinalmente até a outra extremidade. A desvantagem deste tipo de decantador é que a água necessita de um maior tempo de detenção e ocupa uma grande área e a produção de lodo é menor, porém em grande concentração.

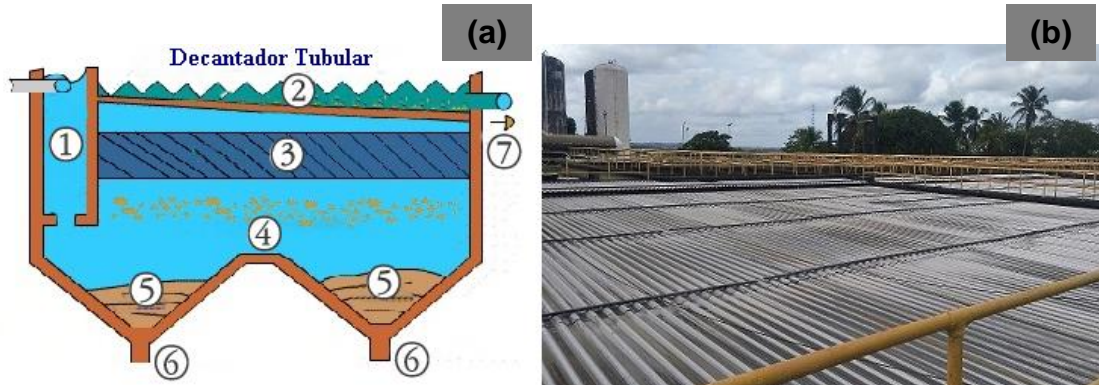
Por outro lado, o decantador tubular (rápido) (Figura 22), segundo Netto (1976) é do tipo de decantador mais recente na ETA e tem maior eficiência, tendo como vantagem a rapidez – menor tempo de detenção - e ocupa uma área menor. No decantador da ETA em questão, são realizadas descargas diárias, dessa forma há uma maior geração de lodo, porém menos concentrado, ou seja, mais diluído.

Figura 21 - Decantador convencional – [Entrada de água floculada (1); Zona de turbilhonamento (2); Zona de decantação (3); Zona de repouso (4); Zona de ascensão (5); Saída para o filtro (6); Descarga do lodo (7)] – (a); Decantador convencional da ETA Castello Branco (b).



Fonte: GEOCITIES (2017) (a). A Autora (2017) (b).

Figura 22 - Decantador Tubular (rápido) – [Entrada de água floculada (1); Canaleta de água decantada (2); Módulos tubulares (3); Manto de lodo floculado (4); Lodo (5); Descarga (6); Saída para o filtro (7)] – (a); Decantador rápido da ETA Castello Branco (b).



Fonte: GEOCITIES (2017) (a); A Autora (2017) (b).

Após a decantação, a água clarificada é filtrada por gravidade em 16 filtros rápidos (Figura 23 e 24).

Figura 23 - Filtros; Filtros em operação.



Fonte: A Autora (2017).

Figura 24 - Filtros em operação.



Fonte: A Autora (2017).

Na ETA estudada, a água filtrada é encaminhada para a câmara de desinfecção, onde é adicionado cloro, após esta etapa a água segue para os reservatórios (Figura 25).

**Figura 25 - Câmara de desinfecção em operação (a); Reservatórios semi-
apoiados (b).**



Fonte: A Autora (2017).

4.1.1 Lavagem dos floculadores e decantadores

Visando manter a qualidade da água produzida na ETA, os decantadores devem ser postos fora de operação para limpeza e lavagem periodicamente, para não prejudicar o abastecimento da população.

A limpeza dos floculadores (Figura 26) e decantadores (Figura 27) inicia fechando-se a comporta de entrada dos mesmos, em seguida abre-se a descarga de fundo para remoção do lodo depositado, após o esvaziamento é executada a limpeza manual. Ao concluir a limpeza, o decantador e floculador são colocados em operação fechando-se a descarga de fundo e abrindo-se a comporta de entrada de água coagulada.

Figura 26 - Limpeza do floculador.



Fonte: A Autora (2017).

Figura 27 - Limpeza do decantador.



Fonte: A Autora (2017).

4.1.2 Lavagem dos filtros

Na ETA Castello Branco, é mais utilizada a limpeza dos filtros levando em consideração apenas o limite de água mais alto no filtro, pois acontece a perda de eficiência do mesmo, devido a colmatação (obstrução) do leito filtrante.

A lavagem dos filtros dá início fechando-se a comporta de entrada de água decantada, em seguida é fechado o registro de água filtrada, posteriormente realiza-se a injeção de ar comprimido durante 6 minutos para desagregação do lodo (Figura 28). Em seguida é realizada a lavagem com água tratada por 8 minutos ou até que a água saia do filtro razoavelmente limpa (Figura 29).

Figura 28 - Injeção de ar comprimido para desagregação do lodo no filtro.



Fonte: A Autora (2017).

Figura 29 - Lavagem com água tratada no filtro.



Fonte: A Autora (2017).

4.2 Quantificação do lodo gerado na ETA Presidente Castello Branco

Sabendo-se que no decantador convencional é realizada a lavagem a cada 20 dias, o resultado foi dividido por 20 para obter o volume diário. Já o decantador tubular e os filtros são lavados diariamente. (Tabela 2).

Tabela 2 - Somatório do lodo gerado na ETA

Etapa de Tratamento	Lodo gerado por dia (m³)
Floculação e Decantação convencional	1.499,40
Floculação e Decantação tubular	1.738,37
Filtração	2.400,00
TOTAL	5.637,77

Fonte: A Autora (2017).

O detalhamento dos resultados (memória de cálculo) citados acima está descrito nas Tabelas 3, 4 e 5 representadas mais a diante.

4.2.1 Caracterização quantitativa dos lodos nos decantadores convencionais

De acordo com o projeto, o floculador (Figura 30) e decantador convencional (Figura 31) têm medidas que se refere às dimensões de largura, comprimento e profundidade as quais estão representadas na Tabela 3.

Figura 30 - Dimensões flocculador 21 x 20 x 3,5m (b). Sendo largura, comprimento e altura.



Fonte: A Autora (2017).

Figura 31 - Dimensões do decantador convencional 21,0 x 82,0 x 3,5m (a). Sendo largura, comprimento e altura.



Fonte: A Autora (2017).

Sabendo-se as medidas dos floculadores e decantadores convencionais, que foram somados, pois são interligados, foi possível aplicar a Equação (Quadro 9) e realizar o cálculo para saber o volume do lodo lançado (Tabela 3).

Tabela 3 - Cálculo de volume de lodo gerado no floculador e decantador convencional.

Tratamento	Comp. (m)	Larg. (m)	Prof. Útil (m)	Quant. (unidade)	Vol. (m3)
Floculador	20	21	3,5	4	5.880
Decantador	82	21	3,5	4	24.108
TOTAL (em 20 dias)					29.988,00
TOTAL DIÁRIO					1.499,40

Fonte: A Autora (2017).

4.2.2 Caracterização quantitativa do lodo gerado nos decantadores tubulares

A descarga ocorre diariamente nos decantadores tubulares, onde cada um é interligado a 03 floculadores (Figura 32).

Para quantificar, foi utilizado o mesmo método do decantador convencional, onde se calculou o volume útil dos floculadores e decantadores tubulares, totalizando 1.738,37m³ por dia (Tabela 4).

Tabela 4 - Cálculo de volume de lodo gerado no floculador e decantador tubular diariamente

Tratamentos	Comprimento (m)	Largura (m)	Profundidade útil (m)	Quantidade (unidade)	Volume diário (m3)
Decantador	20,8	20,4	2,4	1	1.018,37
Floculador	10	10	2,4	3	720,00
TOTAL					1.738,37

Fonte: A Autora (2017).

Figura 32 – Decantadores tubulares – (1, 2, 3, 4) e floculadores (vermelho e amarelo); Limpeza do decantador (4), juntamente com 03 floculadores (amarelo).



Fonte: Adaptada de Imagens Históricas de Google Earth (2018).

4.2.3 Caracterização quantitativa do lodo gerado na lavagem de filtro

No período de realização do estudo, a ETA estava trabalhando com 68% de sua capacidade nominal (capacidade de projeto). Em virtude desta redução, houve também a redução de lavagem de filtros, sendo 5 unidades lavadas por dia (Tabela 5).

De acordo com o projeto, o reservatório de água de lavagem tem volume útil de 580m³, sendo utilizado 480m³ em cada lavagem. Assim, resta, após a lavagem de cada filtro, 100m³ de água para utilização nos demais serviços da ETA.

Tabela 5 - Cálculo do volume de lodo gerado na lavagem dos filtros

Tratamento	Volume utilizado (m ³)	Qtd. Filtros/dia	Volume diário (m ³)
Lavagem dos Filtros	480	5	2.400

Fonte: A Autora (2017).

4.3 Caracterização qualitativa do lodo gerado na ETA Presidente Castello Branco

4.3.1 Caracterização qualitativa do lodo de descarga do decantador convencional

Os resultados das análises do lodo gerado no decantador convencional foram comparados com os padrões de lançamento de efluentes estabelecidos pela Resolução CONAMA 430/2011 e com o estudo de Amâncio (2018), na ETA do Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Formiga – SAAE de Minas Gerais (Tabela 8).

Tabela 6 - Características físico-químicas do efluente dos decantadores convencional comparadas com os padrões de lançamento de efluentes estabelecidos pela Resolução 430/2011 e ETA do Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Formiga – SAAE de Minas Gerais

Parâmetros	ETA Presidente Castello Branco	CONAMA	ETA do SAAE – junho/2011	ETA do SAAE - Abril/2012
		430/2011 – padrão de lançamento de efluentes		
pH	6,5	5,0 – 9,0	6,7	8,1
Ferro (mg l-1)	90	15	46,96	27,70
Manganês (mg l-1)	75	1	0,30	0,06
Alumínio (mg l-1)	160	0,1 (*)	119	71,66
Turbidez (NTU)	1532	100 (*)	- (*)	- (*)
Cor (Pt-Co/L)	1000	75 (*)	- (*)	- (*)

(*) Conforme Art. 5º da Resolução CONAMA 430/2011.

Analisando os resultados da caracterização qualitativa do lodo do decantador convencional da ETA Presidente Castello Branco, verificou-se que o pH, embora tenha sido menor em comparação com o da ETA do Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Formiga – SAAE de Minas Gerais (AMÂNCIO, 2018), ambos estudos se enquadram ao padrão exigido pela Resolução CONAMA 430/2011. Já os demais parâmetros (ferro, manganês, alumínio, turbidez e cor) estão acima tanto dos resultados do estudo de Amâncio (2018), quanto dos padrões exigidos pela Resolução citada acima. Portanto, o lodo proveniente dos decantadores da ETA Castello Branco não pode ser lançado tanto em corpos hídricos como também em solos, sem antes realizar análises que comprovem não haver o risco de contaminação por meio da percolação desses elementos químicos do lodo, podendo contaminar águas subterrâneas, visto que, de acordo com a Resolução 430/2011, “a disposição de efluentes no solo, mesmo tratados, não está sujeita aos parâmetros e padrões de lançamento dispostos nesta Resolução, não podendo, todavia, causar poluição ou contaminação das águas superficiais e subterrâneas”. A Figura 33 mostra o lançamento no corpo receptor (afluente do rio Tejipió) e a turbidez elevada do lodo gerado na ETA em questão.

De Oliveira; Barcelo; Colares (2012), dizem que o descarte inapropriado de resíduos gerados em ETAs “contaminam o meio ambiente prejudicam a qualidade das águas, comprometendo mananciais e águas superficiais e geram um grande desperdício no lucro das empresas”.

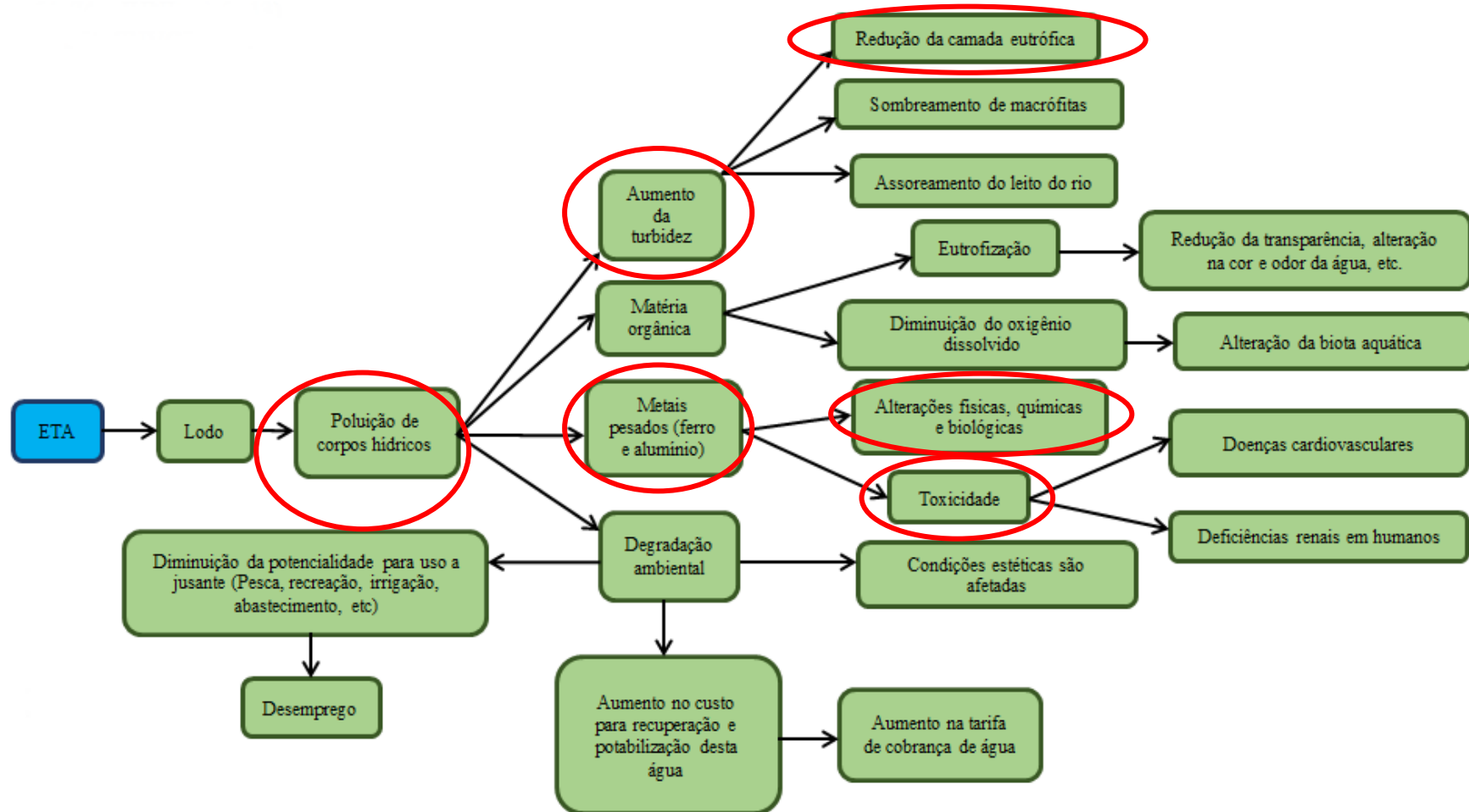
De acordo com os estudos realizados por Soares; Achon; Megda (2004), é possível observar os prováveis impactos ambientais provocados pelo lançamento e disposição final do lodo das ETAs, representados na rede de interações (Figura 34), após realizar caracterização qualitativa e quantitativa do lançamento in natura, proveniente de Estações de Tratamento de Águas em corpos hídricos.

Figura 33 - Turbidez elevada no corpo receptor após o lançamento in natura de lodo da descarga do decantador convencional da ETA Presidente Castello Branco.



Fonte: SOUZA (2016).

Figura 34 - Rede de Interação dos Impactos Ambientais gerados pelo lançamento in natura do lodo proveniente da ETA Castelo Branco (elipse vermelha).



Fonte: Adaptada de SOARES;ACHON;MEGDA (2004).

4.3.2 Propostas de melhorias

Richter (2001), diz que é algo extremamente difícil encontrar um local adequado para disposição do lodo gerado em ETA, a aplicação deste resíduo em outras atividades industriais é a prática mais viável. O autor sugere introduzir o lodo na fabricação de “tijolos refratários, agente plastificador em cerâmica, na pavimentação de estradas e na produção de cimento”. A aplicação para tais segmentos vai diferir das características do lodo.

Em relação ao lodo oriundo dos decantadores, o mais viável seria utilizar a manta de geotêxtil para redução do volume do lodo, o qual se pode reutilizar a água que é drenada na fase de lodo líquido, onde a mesma poderá retornar ao início do tratamento, pois reduz os sólidos retidos na manta (SILVEIRA, 2012), em seguida realizar a destinação para reutilização em diversas atividades da construção civil (ZANCAN; TONIOLLO; MIOTTO, 2015) ou à disposição em aterros sanitários (SILVEIRA; KOGA; KURODA, 2013). Outra alternativa para aproveitar o lodo gerado, seria adicioná-lo à fabricação de tijolo, tendo em vista que no processo de tratamento da ETA estudada não se utiliza cal como corretivo de pH. Este composto químico compromete a qualidade do tijolo produzido (MEGDA; SOARES; ACHON, 2005).

4.3.3 Caracterização qualitativa do lodo de lavagem dos filtros

Foram realizadas análises para avaliar os parâmetros físico-químicos, com as 3 amostras retiradas de 1 filtro em diferentes momentos da lavagem dos filtros (30 segundos, 4 minutos e 8 minutos), onde se verificou as médias das três amostras de cada parâmetro (Tabela 7).

Tabela 7 - Parâmetros físico-químicos do lodo de lavagem dos filtros

Parâmetros	Amostra 1 30 seg	Amostra 2	Amostra 3 8 min	Média
Ph	7,0	6,9	6,9	6,93
Ferro (mg l-1)	3,0	0,6	0,2	1,26
Manganês (mg l-1)	0,5	0,3	0,1	0,3
Alumínio (mg l-1)	2,4	1,2	0,7	1,43
Turbidez (NTU)	182	30	5,6	72,53
Cor (Pt-Co)	500	200	80	260

Fonte: A Autora (2017).

Nota-se que conforme passado o tempo de coleta, os teores de ferro, manganês, alumínio, turbidez e cor, vão diminuindo e que os teores de pH permanecem praticamente na mesma faixa de valor nas amostras coletadas.

Na Tabela 8 foi feita uma comparação dos resultados dos valores médios das características físico-químicas do lodo de lavagem de filtros com os padrões de lançamento de efluentes, estabelecidos pela Resolução do CONAMA 430/2011 e do estudo realizado na ETA Anápolis/GO (DE OLIVEIRA; BARCELO; COLARES, 2012).

Os resultados da caracterização do lodo de lavagem dos filtros da ETA Castello Branco atende aos padrões exigidos pela Resolução 430 (CONAMA, 2011). Com exceção dos parâmetros alumínio e cor, que ultrapassaram os padrões exigidos pela resolução do CONAMA 430/2011. Com relação ao estudo da ETA Anápolis/GO (OLIVEIRA; BARCELO; COLARES, 2012), verificou-se que os valores de seus parâmetros foram maiores que os da ETA Presidente Castello Branco, com exceção do parâmetro manganês.

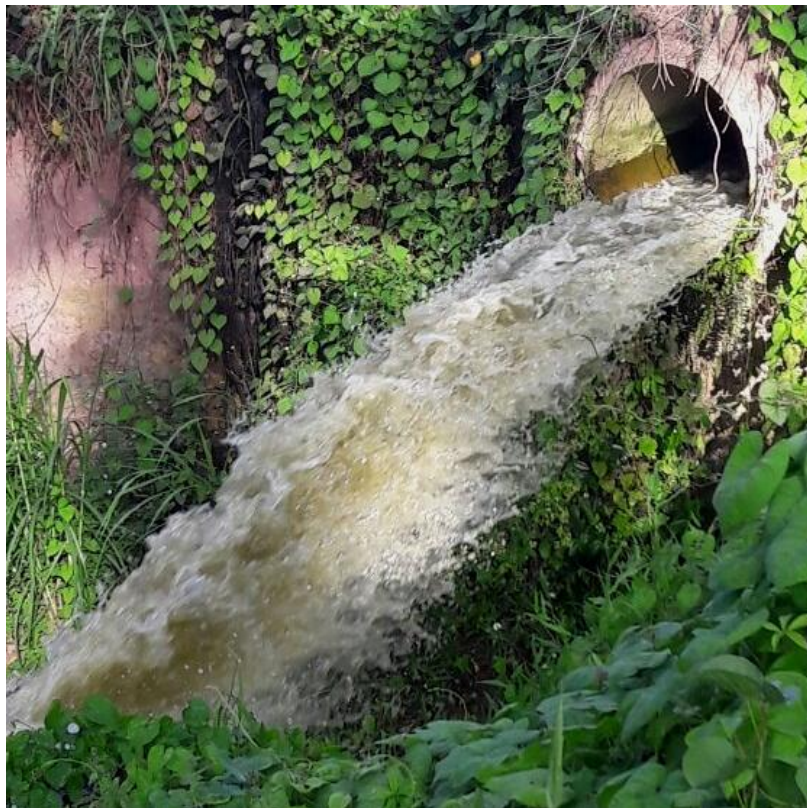
Tabela 8 - Valores médios das características físico químicas do lodo de lavagem de filtros comparadas com os padrões de lançamento de efluentes estabelecidos pela Resolução 430/2011 e ETA Anápolis –Goiás.

Parâmetros	ETA Presidente Castello Branco	CONAMA 430/2011 – Padrões de lançamento de efluentes	ETA Anápolis/GO
pH	6,93	5,0 – 9,0	7,80
Ferro (mg l-1)	1,26	15	2,49
Manganês (mg l-1)	0,3	1	0,02
Alumínio (mg l-1)	1,43	0,1 (*)	2,41
Turbidez (NTU)	72,53	100 (*)	140,8
Cor (Pt-Co/L)	260	75 (*)	-

(*) Conforme Art. 5º da Resolução CONAMA 430/2011.

A Figura 35, 36 e 37 mostra a tubulação de saída de lodo da lavagem dos filtros da ETA em questão e o lançamento deste, no corpo receptor (afluente do rio Tejipió).

Figura 35 - Tubulação de saída de lodo da lavagem dos filtros da ETA Presidente Castello Branco.



Fonte: SOUZA (2016).

Figura 36 - Vista superior da saída de lodo da lavagem dos filtros da ETA.



Fonte: SOUZA (2016).

Figura 37 - Vista superior da saída de lodo da lavagem dos filtros da ETA.



Fonte: SOUZA (2016).

4.3.4 Proposta de melhorias

Uma alternativa para corrigir o parâmetro cor, seria encaminhar o lodo novamente para o início do tratamento (caixa de reunião de água bruta), pois reduz a perda de água durante o tratamento (OLIVEIRA; BARCELO; COLARES, 2012). Já os demais parâmetros se encontram adequados para serem lançados em corpos receptores, entretanto, caso esse efluente não seja tratado, os parâmetros que apresentarem nível acima do estabelecido pela legislação, podem causar danos ao meio ambiente.

Outra opção que pode ser aplicada é a implantação de um tanque de sedimentação, que foi desenvolvido por LUSTOSA (2017). Segundo o autor, esse tanque de sedimentação tem a finalidade de separar duas fases, sólida (referente ao lodo) e líquida (referente a água de recirculação). Para a parte sólida é utilizado um leito de secagem bem simples e econômico, onde se podem reaproveitar quantidades bastante significativas da água de lavagem dos filtros, dessa forma o desaguamento do lodo e drenagem são de forma rápida e baixo custo operacional, ainda podendo gerar elevados teores de sólidos.

De acordo com Richter (2001), em virtude da água de lavagem dos filtros apresentar uma menor concentração de sólidos precipitados na coagulação, pode então retornar a cadeia produtiva inicial (por recalque) misturando-se a água bruta, pois não é prejudicial a eficiência do processo de tratamento, podendo então resultar em benefícios, como redução no consumo de coagulante, além de reduzir as perdas de água no processo.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÃO

Com a crescente demanda do consumo de água, há uma grande preocupação com a escassez deste importante recurso, então é essencial que seja utilizado de forma racional, consciente e sustentável, não poluindo corpos hídricos, sendo muito importante a otimização dos processos produtivos nas indústrias, principalmente nas estações de tratamento de água que ao produzir água potável, gera lodos que na sua grande maioria é lançado in natura no meio ambiente.

As conclusões obtidas neste estudo, relativas às condições operacionais e ao lodo gerado na Estação de Tratamento de água Castello Branco, foram:

1) Após observar os processos de tratamento envolvidos na Estação de Tratamento de Água Presidente Castello Branco e analisar quantitativa e qualitativamente os lodos gerados das etapas de decantação e filtração, verificou-se que os lodos de lavagem de filtros tem qualidade completamente diferente do lodo de decantador, uma vez que apenas o parâmetro cor, foi que ultrapassou os parâmetros exigidos. Quanto ao lodo da descarga do decantador convencional foi o que mais excedeu nos valores, ultrapassando os padrões de lançamento exigidos na Resolução 430/2011 do CONAMA, com exceção do parâmetro pH, portanto o lodo não pode ser lançado sem tratamento prévio;

2) Diversos impactos ambientais podem ocorrer a jusante do corpo receptor onde são lançados os lodos gerados na ETA, tais como aumento de turbidez acarretando a redução da camada eutrófica, poluição do corpo hídrico com metais pesados causando a toxicidade da água, alterações físicas, químicas e biológicas, dentre outros;

3) As melhorias propostas para ETA estudada, em virtude de minimizar os possíveis impactos ambientais tanto no desperdício de água, quanto no lançamento dos lodos in natura, é além do reuso da água de diferentes maneiras, como também aproveitar as propriedades que o lodo gerado possui, para introduzi-lo e também adequá-lo à construção civil, dentre outros segmentos.

É imprescindível que, diante dos argumentos expostos, deve haver mais pesquisas sobre o tema, para tentar encontrar alternativas positivas para aperfeiçoar o processo de tratamento de água e o descarte adequado do lodo gerado, tendo em vista que há uma gama de opções para a destinação do mesmo. Pode-se ainda realizar análises físico-químicas mais específicas a fim de avaliar a viabilidade socioeconômica e ambiental do uso e destinação deste resíduo.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL – ABES. **Resíduos sólidos do saneamento**: processamento, reciclagem e disposição final. Rio de Janeiro, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICA. **NBR. 10004**: classificação de resíduos sólidos, 2004. Disponível em: <http://www.v3.eco.br/docs/NBR-n-10004-2004.pdf>. Acesso em: 05 de maio 2017.

AMÂNCIO, D. V.. *et al.* Caracterização do lodo gerado numa estação de tratamento de água. **Sustentare**, v. 1, n. 1, p. 29-44, 2018.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Atlas do Abastecimento de Água**. Brasília, 2009. Disponível em: http://portal1.snirh.gov.br/arquivos/Atlas_Abastecimento/11791-croqui-Existente-2603454-Camaragibe.pdf. Acesso em: 16 de mar. 2019.

AMERICAN, W. W. A.; AMERICAN, P. H. A.; Water, P. C. F. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. American Public Health Association, ed. 21, Washington, Estados Unidos da América, 2005.

BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. **Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário**. Guias Socioambientais do BNDES. Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: https://www.bndes.gov.br/wps/wcm/connect/site/f533cb52-2cf3-4993-9482-94e33b8b1f52/GuiaSocioAmbiental_Agua_e_Esgoto.pdf?MOD=AJPERES&CVID=lq0wl9e&CVID=lq0wl9e&CVID=lq0wl9e&CVID=lq0wl9e&CVID=lq0wl9e. Acesso em: 20 de abril 2017.

BOTERO, W. G. **Caracterização de lodo gerado em estações de tratamento de água: perspectivas de aplicação agrícola**. Araraquara, São Paulo, 2008. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/97748/botero_wg_me_araiq.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 20 de set. 2017.

BRASIL. **Lei 6.938. 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Disponível em: http://www.iap.pr.gov.br/arquivos/File/Legislacao_ambiental/Legislacao_federal/LEIS/LEI_FEDERAL_6938%20.pdf. Acesso em: 05 de maio 2017.

BRASIL. **Lei 9.433. 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=370>. Acesso em: 15 de jul. 2018.

BRASIL. **Lei 9.605. 1998.** Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e da outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/CCivil_03/leis/L9605.htm. Acesso em: 05 de maio 2017.

BRASIL. **Lei 12.305. 2010.** Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Lei/L12305.htm. Acesso em: 15 de jul. 2018.

BRASIL. **Portaria 05. 2017.** Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde. Ministério da Saúde Disponível em: <http://portalarquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2018/marco/29/PRC-5-Portaria-de-Consolida----o-n---5--de-28-de-setembro-de-2017.pdf>. Acesso em: 16 de mar. 2019.

FUNDAÇÃO Nacional De Saúde. Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS. Ministério da Saúde, Brasília, 2014

CAMPOS, J. R.; POVINELLI, J. Coagulação e floculação. Técnica de abastecimento e tratamento de água. *In: Técnica de abastecimento e tratamento de água*. 2ed. São Paulo: CETESB/ASCETESB, 1977, p. 19 – 661.

CASTRO, A. A. *et al.* Problema de caracterização qualitativa e quantitativa dos efluentes gerados nas estações de tratamento de água: o caso da unidade de tratamento e recuperação de resíduos-UTR do sistema Rio das Velhas. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 19 FEIRA INTERNACIONAL DE TECNOLOGIAS DE SANEAMENTO AMBIENTAL, 2., 2010. Anais da Academia Brasileira de Ciências (Impresso)*. Feira Internacional de Tecnologias de Saneamento Ambiental - FITABES, Minas Gerais. ABES, 1997.

COMPANHIA PERNAMBUCANA DE SANEAMENTO. **Sistema Tapacurá**. Recife, Pernambuco, 2016. Disponível em: <http://servicos.compesa.com.br/wp-content/uploads/2016/01/tapacura.pdf>. Acesso em: 05 de maio 2017.

CONAMA. **Resolução 001. 1986.** Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto. Disponível em: http://www2.mma.gov.br/port/conama/legislacao/CONAMA_RES_CONS_1986_001.pdf. Acesso em 15 de jul. 2018.

CONAMA. **Resolução 357. 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, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>. Acesso em: 05 de maio 2017.

CONAMA. **Resolução 430. 2011.** Complementa e altera a Resolução nº 357/2005. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>. Acesso em: 05 de maio 2017.

COSTA, Á. J. C.. **Análise de viabilidade da utilização de lodo de ETA coagulado com cloreto de polialumínio (PAC) composto com areia como agregado miúdo em concreto para recomposição de calçadas**: estudo de caso na ETA do município de Mirassol-SP 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica e Saneamento) Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

FADANELLI, L. E. A.; WIECHETECK, G. K.. Estudo da utilização do lodo de estação de tratamento de água em solo cimento para pavimentação rodoviária. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, v. 2, n. 2, p.31-37, Ago. 2010. Disponível em: <http://revistas2.uepg.br/index.php/ret/article/view/11323/209209209335>. Acesso em: 12 de set. 2017.

FUNDAÇÃO Nacional de Saúde. **Manual de Saneamento**. Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde. 4. ed., Brasília, 2015. Disponível em: https://funasa-my.sharepoint.com/personal/imprensa_funasa_gov_br/Documents/Biblioteca_Eletronica/Engenharia_de_Saude_Publica/eng_saneam2.pdf?slid=e00e6c9e-f044-6000-b8ce-c2d44b0ab5a6. Acesso em: 20 de set. 2017.

FUNDO Municipal de Água e Saneamento Básico. **Diagnóstico físico, técnico-operacional e gerencial dos sistemas e serviços de água e esgoto**. Plano Municipal de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário – PMAE. Prefeitura Municipal de Tubarão. Santa Catarina 2010.

GEOCITIES. **Métodos Gerais de Tratamento de Água**. Disponível em: <http://www.geocities.ws/pavilua/dec.htm>. Acesso em: 05 de maio 2017.

GOOGLE. **Google Earth**. Version Pro 7.3. 2018. Nota: ETA Castello Branco (Tapacurá). Função (Imagens históricas). Data da imagem 13 de maio 2015. Disponível em: <https://www.google.com.br/earth/download/gep/agree.html>. Acesso em: 12 de abril 2017.

COSTA JÚNIOR, M. A. F. **Manual de Impactos Ambientais do Saneamento**. Natal. Rio Grande do Norte. 2013.

LUSTOSA, J. B., *et al.* **Tratamento e aproveitamento de água de lavagem de filtro em estação de tratamento de água**. Revista DAE, p.44-61, 2017. Disponível em: http://revistadae.com.br/artigos/artigo_edicao_206_n_1671.pdf. Acesso em: 20 de set. 2017.

MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. (Ed.). **Reúso de água**. Barueri, São Paulo, 2003.

MEDEIROS, E. N. M.. **Uso da técnica de planejamento experimental para otimização de massa cerâmica com a incorporação de resíduos de cinza de casca de arroz, cinza de lenha e lodo de ETA**. Brasília. 2010.

MEGDA, C. R.; SOARES, L. V., & ACHON, C. L. (2005). **Propostas de aproveitamento de lodos gerados em ETAs**. 23 CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, p. 1-7. 2005. Disponível em:

<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/abes23/l-019.pdf>. Acesso em: 20 de set. 2017.

NETTO, J. M. A.. Decantação. **Técnica de abastecimento e tratamento de água**. In: _____. **Técnica de abastecimento e tratamento de água**. CETESB/ASCETESB, 2.ed, São Paulo, , 1977, p. 21 – 767.

NETTO, J. M. A.. Filtros Rápidos de Gravidade. **Técnica de abastecimento e tratamento de água**. In: _____. **Técnica de abastecimento e tratamento de água**. CETESB/ASCETESB. 2.ed. São Paulo, 1977, p. 22 – 829.

OLIVEIRA, C. A.; BARCELO, W. F.; COLARES, C. J. G.. **Estudo do reaproveitamento da água de lavagem de filtro na ETA-Anápolis/GO**. III CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, Goiânia. 2012. Disponível em: <http://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2012/IX-012.pdf>. Acesso em: 12 de set. 2017.

OLIVEIRA, I. Y. Q.; RONDON, O. C.. **Diagnóstico da gestão de lodo de estação de tratamento de água em Mato Grosso do Sul**. Campo Grande: Mato Grosso do Sul. 2016, p. 687-698.

OLIVEIRA, W. E., *et al.* **Técnica de abastecimento e tratamento de água**. 2. ed. CETESB. [s.l.]. 1976.

PARSEKIAN, M. P. S. **Análise e proposta de formas de gerenciamento de estações de tratamento de águas de abastecimento completo em cidades de porte médio do estado de São Paulo**. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento). Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18138/tde-24072003-173011/en.php>. Acesso em: 20 de set. 2017.

PEREIRA, V. E. *et al.* **Disposição de lodo adensado de ETA em ETE com tratamento primário quimicamente assistido**. Campinas, São Paulo, 2011.

SECRETARIA Nacional de Saneamento Ambiental. **Abastecimento de água: operação e manutenção de estações de tratamento de água**. REDE DE CAPACITAÇÃO E EXTENSÃO TECNOLÓGICA EM SANEAMENTO AMBIENTAL. Belo Horizonte. 2008.

RICHTER, C. A. Propriedades Reológicas – Transporte de Lodo. In: _____. **Tratamento de lodos de estações de tratamento de água**. Ed. Blucher, São Paulo, 2001.

ROSSIN, A. C. Desinfecção. **Técnica de abastecimento e tratamento de água**. In: _____. **Técnica de abastecimento e tratamento de água**. CETESB/ASCETESB, 2. ed., São Paulo, 1977, p. 24 – 883.

SALUM, F. C. *et al.* **Estudo de alternativas para o tratamento de efluentes gerados em Estações de Tratamento de Água do tipo Convencional em Santa Catarina**. Florianópolis, Santa Catarina, [s.n.], 2016.

SARAIVA, A. F.; L. S., F. A. E. ; MACHADO, A. O. V. ; CUNHA, A. B. L. . **Orientações Básicas Acerca do Impacto do Lodo Gerado nas ETAs, Alternativas de Tratamento/Disposição e Legislação Correlata.** Manual técnico. Ministério Público do Estado de Minas Gerais, [s.n.], Minas gerais, 2009.

SCALIZE, P. S.. **Disposição de resíduos gerados em estações de tratamento de água em estações de tratamento de esgoto.** Tese (Doutorado em Hidráulica e Saneamento), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

SILVA, M. V.. **Desenvolvimento de tijolos com incorporação de cinzas de carvão e lodo provenientes de estação de tratamento de água.** Dissertação (Mestrado em Tecnologia Nuclear), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

SILVEIRA, C.. **Desaguamento de lodo de estações de tratamento de águas por leito de drenagem/secagem com manta geotêxtil.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Edificações), Universidade Estadual de Londrina, Paraná, 2012. Disponível em: <http://www.uel.br/pos/enges/dissertacoes/74.pdf>. Acesso em: Acesso em: 20 de set. 2017.

SILVEIRA, C.; KOGA, D. S.; KURODA, E. K.. **Estudo da viabilidade de disposição final dos lodos de ETAs em aterros sanitários.** 9 FÓRUM AMBIENTAL DA ALTA PAULISTA. p. 251-265. 2013. Disponível em: https://www.amigosdanatureza.org.br/publicacoes/index.php/forum_ambiental/article/view/675/699. Acesso em: Acesso em: 20 de set. 2017.

SOARES, L. V.; ACHON, C. L.; MEGDA, C. R. **Impactos ambientais provocados pelo lançamento in natura de lodos provenientes de Estações de Tratamento de Água.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA EM RESÍDUOS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. Florianópolis, Santa Catarina, 2004. Disponível em: <https://www.ipen.br/biblioteca/cd/ictr/2004/ARQUIVOS%20PDF/08/08-020.pdf>. Acesso em: 12 de set. 2017.

TAKADA, C. R. S. *et al.* **Aproveitamento e disposição final de lodos de estações de tratamento de água no município de Palmas/TO.** Tocantins, 2013.

WIECHETECK, G. K., *et al.* **Gestão ambiental de sistemas de tratamento de água.** In: CONGRESO INTERAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL, México, 2002. Disponível em: <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/mexico26/viii-060.pdf>. Acesso em: 12 de set. 2017.

ZANCAN, N. P.; TONIOLLO, M.; MIOTTO, N.. **Reaproveitamento de resíduos de etas, uma alternativa para o desenvolvimento sustentável. VI Congresso Brasileiro de Gestão ambiental.** Porto Alegre, Rio Grande do Sul, 2015. Disponível em: <http://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2015/IX-017.pdf>. Acesso em: Acesso em: 20 de set. 2017.