

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
INSTITUTO DE QUÍMICA E BIOTECNOLOGIA
CURSO DE QUÍMICA TECNOLÓGICA E INDUSTRIAL

MAYANA MARQUES NASCIF SOUSA

**TRATAMENTO DE ÁGUA PARA ABASTECIMENTO PÚBLICO: ESTUDO DE
CASO DO DEPARTAMENTO DE ÁGUA E ESGOTO DE CORURIBE (DAESC)**

Maceió- AL

2019

MAYANA MARQUES NASCIF SOUSA

TRATAMENTO DE ÁGUA PARA ABASTECIMENTO PÚBLICO: ESTUDO DE CASO
DO DEPARTAMENTO DE ÁGUA E ESGOTO DE CORURIBE (DAESC)

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Instituto de Química e Biotecnologia (IQB) da Universidade Federal de Alagoas (UFAL), como requisito à obtenção do grau de Bacharel em Química Tecnológica e Industrial.

Orientador: Prof. Dr. José Edmundo Accioly de Souza

Maceió- Alagoas

2019

MAYANA MARQUES NASCIF SOUSA

TRATAMENTO DE ÁGUA PARA ABASTECIMENTO PÚBLICO: ESTUDO DE CASO DO DEPARTAMENTO DE ÁGUA E ESGOTO DE CORURIBE (DAESC)

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Instituto de Química e Biotecnologia (IQB) da Universidade Federal de Alagoas (UFAL), como requisito à obtenção do grau de Bacharel em Química Tecnológica e Industrial.

Aprovado em: 04/09/2019

BANCA EXAMINADORA

Presidente: Prof. Dr. José Edmundo Accioly de Souza. IQB - UFAL

Membro 01: MSc. Maria Janaína de Oliveira. IQB-UFAL

Membro 02: MSc Sara dos Santos Nascimento. IQB-UFAL

Maceió- Alagoas

2019

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus, que foi meu refúgio e fortaleza diante de todos os percalços que surgiram durante essa longa jornada. Agradeço aos meus pais, em especial à minha mãe, que sempre me deu todo o apoio emocional para que eu nunca desistisse, por mais que parecesse impossível, ao meu noivo e futuro esposo, por ter me auxiliado em todos os momentos que precisei.

Agradeço em especial a algumas pessoas que me ajudaram durante toda a minha vida acadêmica: meu irmão de coração Eric, que compartilhou todos os momentos comigo, minhas amigas Laira e Sara que nunca me deixaram duvidar da minha capacidade. Se hoje estou concluindo essa etapa, devo muito a todos vocês.

E por fim um agradecimento especial ao meu professor orientador Edmundo Accioly, que me acolheu e aceitou me guiar e orientar durante esse processo.

O meu muito obrigado a todos vocês.

RESUMO

A água é um importante recurso ambiental e está estritamente ligada ao desenvolvimento social e econômico de uma população, fornecer água de qualidade significa promover e ampliar processos de urbanização e industrialização, bem como o crescimento do ambiente local. O objetivo deste trabalho foi analisar o funcionamento do Departamento de Água e Esgoto de Coruripe, os métodos empregados e propor melhorias para o sistema, visando o aumento da eficiência do tratamento e água de qualidade para a população. Sabendo-se que a matéria orgânica pode ser encontrada nas águas subterrâneas e que as substâncias húmicas são alguns de seus constituintes, através do processo de desinfecção, a reação entre substâncias húmicas e o cloro utilizado podem gerar subprodutos de desinfecção: Os trihalometanos, agentes nocivos à saúde humana. O emprego de métodos de remoção de matéria orgânica de clarificação ou carvão ativado são alternativas para evitar ou minimizar o surgimento dos subprodutos de desinfecção. Além disso, constata-se a necessidade também de realizar análises com a água bruta captada para que possa ser realizado o tratamento de acordo com as características da água captada.

Palavras-chave: Tratamento de água, trihalometanos, contaminação de águas subterrâneas, subprodutos de cloração.

ABSTRACT

Water is an important environmental resource and is closely linked to the social and economic development of a population, providing quality water means promoting and expanding urbanization and industrialization processes, as well as the growth of the local environment. The objective of this work was to analyze the operation of the Coruripe Department of Water and Sewage, the methods employed and to propose improvements to the system, aiming at increasing the efficiency of treatment and quality water for the population. Knowing that organic matter can be found in groundwater and that humic substances are some of its constituents, through the disinfection process, the reaction between humic substances and chlorine used can generate disinfection byproducts: Trihalomethanes, harmful agents to human health. The use of clarifying organic matter or activated carbon removal methods are alternatives to prevent or minimize the emergence of disinfection by-products. In addition, there is also a need to perform analyzes with the raw water captured so that treatment can be performed according to the characteristics of the water captured.

Keywords: Water treatment, trihalomethanes, groundwater contamination, chlorination by-products.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
2 OBJETIVOS	9
2.1 Objetivos gerais.....	9
2.2 Objetivos específicos	9
3 REVISÃO LITERÁRIA	10
3.1 Características da água.....	10
3.1.1 Características biológicas.....	10
3.1.1.1 Bactérias	10
3.1.1.2 <i>Vírus</i>	11
3.1.1.3 <i>Protozoários</i>	11
3.1.1.4 Algas e Cianobactérias	12
3.1.2 Características físicas	12
3.1.2.1 Temperatura.....	12
3.1.2.2 Cor.....	13
3.1.2.3 Turbidez.....	13
3.1.3 Características químicas	13
3.1.3.1 pH.....	13
3.1.3.2 Ferro e Manganês	14
3.2 Tratamento de Água	14
3.2.1 Processo de captação.....	16
3.2.2 Processo de clarificação	17
3.2.3 Processo de desinfecção	18
3.3 Departamento de Água e Esgoto de Coruripe- DAESC	19
4. MATERIAL E MÉTODOS	20
5. SUGESTÕES DE MELHORIAS	25
6. CONCLUSÃO	27
7. REFERÊNCIAS	28

1. INTRODUÇÃO

Á água é um recurso indispensável para todos os seres vivos, componente corporal essencial para as funções orgânicas do ser humano, para a sobrevivência da vida animal e vegetal. Além disso, participa de inúmeros processos industriais, sendo matéria-prima majoritária em alguns deles, está diretamente ligada ao processo de desenvolvimento social e econômico de uma região.

Uma Estação de Tratamento de Água (ETA) tem papel fundamental nesse processo de desenvolvimento, sendo responsável por fornecer água de qualidade para a população e para as indústrias, atendendo as necessidades e exigências de ambos.

Em uma ETA a água passa por diversas, sendo divididas em: captação, pré-oxidação, clarificação, desinfecção e distribuição. No Departamento de água e esgoto de Coruripe, a água bruta não passa por todos os processos presentes em uma estação de tratamento de água convencional, realizam-se apenas três processos: captação, cloração (desinfecção) e distribuição. Devido à água captada ser proveniente de fontes subterrâneas, a mesma apresenta menor risco de contaminação, quando comparadas às águas superficiais, por esse motivo são realizadas apenas as três operações unitárias citadas.

O Departamento de água e esgoto de Coruripe é uma companhia de água municipal, pertencente à Prefeitura Municipal de Coruripe e conta com unidade de tratamento de água responsável pelo fornecimento de água do município.

No Brasil as companhias de água municipais são as grandes responsáveis em sua maioria pelo fornecimento de água e tem a responsabilidade de fornecer água de qualidade para a população e para as indústrias, por se tratar de um recurso natural de fácil escassez, com o alto crescimento populacional, o consumo cada vez maior de água, atrelados aos grandes problemas de saneamento a distribuição de água pelas companhias municipais se torna um trabalho cada dia mais desafiador.

O presente trabalho tem por finalidade apresentar as operações realizadas na companhia de tratamento de água da DAESC, responsável por fornecer água potável, livre de contaminantes químicos e orgânicos e dentro da legislação para a cidade de Coruripe, assim após analisar as operações unitárias presentes no sistema, pôde-se propor melhorias que podem ser empregadas no sistema.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivos gerais

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o funcionamento do Departamento de água e esgoto de Coruripe, analisando as operações unitárias envolvidas e indicando métodos para promover o melhoramento do desempenho da unidade de tratamento.

2.2 Objetivos Específicos

Conhecer do funcionamento da estação de tratamento de água;

Avaliar as operações unitárias envolvidas;

Avaliar da inserção dos métodos de clarificação, adsorção por carvão ativado, e realização de análises da água bruta para promover a melhoria no sistema.

3. REVISÃO LITERÁRIA

3.1 Características da água

O tratamento de água consiste em melhorar as características da água bruta captada com o intuito de torná-la própria para o consumo humano. São as características físicas, químicas e biológicas (BRASIL, 2014).

Características físicas: Ter aspecto agradável, não possuir sabor e odor objetáveis, não ter cor ou apresentar turbidez acima dos limites pré-estabelecidos pela legislação. Características Químicas: Não conter substâncias tóxicas ou mesmo nocivas à saúde humana, respeitando os valores máximos permissíveis (VMP). Características Biológicas: não conter micro-organismos patogênicos (UNICAMP, 2019).

3.1.1 Características biológicas

3.1.1.1 Bactérias

As bactérias são organismos celulares que podem provocar diversos tipos de doenças aos seres humanos que ingerem água contaminada pelos mesmos.

Segundo Braga (2014) grande parte das doenças transmitidas através da água são causadas por agentes patogênicos de origem fecal.

De acordo com dados do IBGE (tabela 01) no ano de 2008 em Alagoas, apenas 42 municípios do estado possuíam rede coletora de esgoto, no entanto todos os 102 municípios possuem rede geral de distribuição de água, pode-se observar também que o avanço de ações públicas voltadas para a promoção da saúde por meio do saneamento básico no período de 2000 a 2008 foi baixo, considerando que no intervalo de oito anos apenas 04 cidades instalaram redes coletoras de esgoto.

A falta de saneamento básico contribui para a contaminação tanto de águas superficiais, quanto subterrâneas, acarretando em inúmeras doenças de origem fecal, que podem comprometer à saúde da população e comprometer a qualidade da água e de vida. Foram observadas alterações nas características de águas subterrâneas causadas pela contaminação por resíduos provenientes de fossa séptica. (SILVA et al., 2014) .

Tabela 1- Dada da Pesquisa Nacional de saneamento básico

Estado		Municípios com algum serviço de saneamento básico			
		Rede geral de distribuição de água		Rede coletora de esgoto	
Alagoas	ANO	2000	2008	2000	2008
	Nº DE MUNICÍPIOS	101	102	38	42

Fonte: Adaptado de IBGE (2008)

Dentre as bactérias que podem utilizar a água como meio de contaminação estão a *Salmonella typhi*, que provoca as febres: Tifoide e paratifoide e *Entamoeba coli* que provoca a Amebíase. (COPASA a, 2019)

É de extrema importância que seja realizado o controle desses contaminantes na água coletada pelas ETA's, por isso se faz necessário o monitoramento desses patógenos por meio de micro-organismos indicadores. Como o próprio nome diz, os micro-organismos indicadores atuam indicando a presença dos contaminantes no meio. A *Escherichia coli* (*E. coli*) é o micro-organismo mais utilizado como indicador, pois só se desenvolve em ambientes poluídos, sendo liberada em grandes quantidades nas fezes de animais (BRAGA, 2014).

3.1.1.2 Vírus

Os vírus são micro-organismos patogênicos que também podem ser transmitidos através de águas contaminadas ou que não passaram pelo processo eficiente de desinfecção.

A hepatite A é uma doença causada pelo vírus VHA que pode ser transmitido através de água ou alimentos contaminados pelo vírus através de material fecal. Observa-se que a incidência da infecção varia de acordo com as condições sanitárias e com o grau de higiene da população. (PEREIRA e GONÇALVES, 2013).

3.1.1.3 Protozoários

A *Giardia Lambia* é um protozoário flagelado, transmissor da giardíase. A infecção ocorre através da ingestão de água ou alimentos contaminados com fezes principalmente em regiões onde não há saneamento básico e a população está exposta a rejeitos humanos, é um contaminante que pode sobreviver meses em água fria, devido a sua camada espessa. A transmissão pode ocorrer de uma pessoa para a outra, através dos cistos dos protozoários presentes nas fezes do infectado, no mecanismo chamado mão-boca ou

através de água e alimentos contaminados, sendo a água um meio de maior infecção quando comparado com alimentos. (PEDROSO, AMARANTE, 2006).

A giárdia apresenta capacidade de resistência o processo de desinfecção, ou seja, mesmo após a cloração, os cistos ainda permanecem presentes na água. Uma alternativa para promover a remoção desse protozoário da água e assim torná-la própria para consumo é através da remoção de turbidez. Como esses protozoários tem facilidade em aderir à matéria orgânica e inorgânica que compõem a turbidez, removendo a mesma, por consequência remove-se também o protozoário (BRAGA, 2014).

3.1.1.4 Algas e Cianobactérias

A presença de algas e cianobactérias na água da captação pode provocar a formação de trihalometanos (THM), por meio da matéria orgânica algogênica, que provém da biomassa que é gerada através das atividades metabólicas de células de algas e de cianobactérias, formando essas espécies nocivas à saúde humana. (FRANCO, 2018)

3.1.2 Características físicas

3.1.2.1 Temperatura

Quando se utiliza de substâncias químicas sabe-se que a temperatura é parâmetro que pode interferir diretamente na velocidade das reações químicas. Em estações de tratamento de água não é diferente.

Durante o tratamento são empregadas as operações unitárias de coagulação/floculação, sedimentação e filtração. A temperatura pode interferir nesses processos, por exemplo, a eficiência do coagulante sulfato de alumínio aumenta com o aumento da temperatura da água, logo o processo de clarificação será mais eficiente utilizando esse agente coagulante (SCALIZE et al., 2012), além disso, o aumento da temperatura também promove a redução da viscosidade da água, que acarreta no aumento da velocidade de sedimentação, otimizando a etapa de clarificação. (ALMEIDA et al, 2007)

A temperatura tem efeito significativo nos processos de coagulação, floculação e sedimentação, o seu aumento provoca redução da viscosidade da água e melhora a velocidade de formação de espécies hidrolisadas do metal presentes no coagulante (SCALIZE et al., 2012).

A formação de trihalometanos também sofre o efeito da temperatura, o aumento deste parâmetro na água gera a maior formação dessas espécies, devido ao aumento na taxa

reacional dos precursores (substâncias húmicas) com o oxidante (cloro). (DE SALVO, 2002) A partir desta afirmativa pode-se constatar que os períodos com clima mais quente favorecem a formação de trihalometanos.

3.1.2.2 Cor

A presença de cor na água para consumo pode provocar rejeição da mesma pelo consumidor, por isso eliminar a cor é uma exigência também estética.

A cor é resultado da reflexão da luz que incide nas micropartículas presentes na água, que são de origem orgânica como, por exemplo, os ácidos húmicos e fúlvicos ou de origem mineral, no caso do ferro e manganês, que ao sofrerem oxidação promovem a coloração da água. (BRASIL, 2014)

3.1.2.3 Turbidez

A turbidez corresponde à medida do grau de redução da passagem da luz através do líquido (BRASIL, 2014). Assim como a cor, a turbidez pode ser considerada apenas um fator estético, mas não é. A turbidez da água captada está ligada a diversos fatores como, por exemplo, a vegetação no meio, ou a falta dela. Locais que apresentação pouca vegetação ou área devastada estão mais propensas a sofrer com a erosão e deslocamento do material mineral durante períodos onde a incidência de chuvas é maior (BRAGA, 2014).

A turbidez desempenha papel importante no processo de desinfecção, pois quanto mais elevado o nível de turbidez, maior a presença de matéria suspensa, com isso as partículas suspensas presentes na água acabam aderindo aos micro-organismos, causando um efeito denominado “efeito escudo” que faz com que eles estejam protegidos da ação do agente desinfetante utilizado (BRAGA, 2014).

3.1.3 Características químicas

3.1.3.1 pH

O pH é um parâmetro que indica a acidez, basicidade ou neutralidade de um meio reacional por meio da análise dos íons H_3O^+ . Nas águas subterrâneas, o pH pode variar entre 5,5 e 8,5 e é proveniente do meio em que elas se encontram, tendo influência da atividade humana da região e também do meio geológico. (GOMES et al., 2015)

O pH é monitorado durante todo o processo de tratamento de água e é fator primordial para a eficiência do mesmo. Nos processos de coagulação e floculação a adição de

alguns tipos de coagulantes gera espécies ácidas, o que faz com que ocorra a diminuição do pH, o controle desse parâmetro nesta etapa tem o intuito de se obter um meio com intervalos de pH ideais, através da reação das espécies ácidas geradas pelo coagulante com as espécies alcalis que são adicionadas, como por exemplo, carbonato de cálcio, para reagir com o excesso de espécies ácidas para que se obtenha um pH ideal para a formação dos flocos ocorra de forma eficiente. (BRAGA, 2014)

3.1.3.2 Ferro e manganês

O ferro e manganês são elementos provenientes de rochas, do solo e estão presentes nas águas captadas conferindo a elas cor indesejada, sendo encontradas na forma solúvel de (Fe^{+2} , Mn^{+2}) em condições anaeróbias ou na forma iônica pouco solúvel. (Fe^{+3} , Mn^{+3} e Mn^{+4}) após a oxidação. (BRASIL, 2014)

A retirada do ferro e manganês nas águas que passam pelo processo de tratamento nas ETA's pode ser feito através do processo de pré-oxidação ou pré-cloração. O processo consiste em adicionar cloro à água bruta para promover a oxidação dessas espécies, para isso, o pH do meio deve ser elevado o suficiente para a formação de hidróxidos, as espécies pouco solúveis, que podem então ser eliminadas na etapa de decantação. (MEYER, 1994)

3.2 Tratamento de água

A água é um recurso renovável, importante para o desenvolvimento econômico e social de um país. Apesar de ser renovável, faz-se necessário o uso correto do mesmo, durante anos a população utilizou a água sem que houvesse a preocupação com sua preservação ou reutilização. Devido a problemas de falta de água e escassez da mesma em algumas regiões do mundo, há o início de um crescente pensamento de preservação e reutilização da água (LORO, 2015).

A contaminação da água ainda é um grande problema, desde rejeitos humanos até substâncias químicas despejadas de forma indevida, deve-se promover um tratamento adequado para torná-la potável. Por se tratar de um poderoso solvente a água dissolve determinadas porções de praticamente tudo que entra em contato. A água residual, derivados do petróleo, bactérias, e o próprio cloro na desinfecção da água que gerando trihalometanos, são exemplos de contaminantes. Há também a contaminação por meio do uso de fertilizantes que são carregados pela chuva e infiltram o solo contaminando mananciais subterrâneos e os lençóis freáticos, há também a contaminação da água da chuva por meio da poluição presente

no ar e a contaminação industrial que a contamina com as mais diversas substâncias químicas. (GUERREIRO, 2019)

De acordo com a tabela 1 da página 11, pode-se observar que o número de cidades que tem acesso à água proveniente de rede de distribuição é muito maior do que o número de cidades que tem rede coletora de esgoto (IBGE, 2008), com isso pode-se constatar que as ações das políticas públicas precisam estar voltadas para a prevenção, pois o investimento em saneamento básico diminuiria a contaminação de mananciais por fezes humanas e assim haveria uma economia em saúde pública no processo de tratamento de água. (GUERREIRO, 2019; IBGE 2008).

O tratamento de água tem o objetivo fornecer água potável, com os menores custos de implantação, manutenção e operação possíveis. A escolha da tecnologia mais adequada deve ser guiada por alguns fatores. São eles: As características químicas, físicas e biológicas apresentadas pela água bruta captada, os custos envolvidos em todo o processo, desde a rede de captação até os gastos com a rede de distribuição, o manuseio e confiabilidade dos equipamentos, além de sua manutenção, a localização geográfica e características da população, além da finalidade de uso da água (LIBÂNEO, 2010).

Além de melhorar a qualidade da água o tratamento realizado visa atender também a padrões estéticos e econômicos. Para os padrões estéticos deve-se promover a remoção de cor, sabor e odor e para atender os padrões econômicos promove-se a redução de turbidez, teor de ferro e dureza. (UNICAMP, 2019).

Mesmo a água da chuva já traz consigo impurezas provenientes da poluição atmosférica, assim quando entra em contato com o solo o número de contaminantes aumenta, devido ao seu poder de diluição. A diluição de substâncias químicas alteram características como cor, sabor, entre outras, a diluição destas na água promove a diminuição da sua qualidade, desde cálcio e magnésio, que dão a ela característica de dureza até substâncias que conferem cor e sabor, como por exemplo, ferro. A dureza é definida como a resistência à ação do sabão proveniente da presença de sais de cálcio e magnésio, na forma de carbonatos e bicarbonatos, além de cloretos, nitratos e sulfatos (UNICAMP, 2019).

O Departamento de Água e Esgoto de Coruripe- DAESC, não se trata de uma estação de água convencional, que dispões de todos esses processos, trata-se de uma companhia água, que visa captar e tratar a água, também adequando ela a legislação vigente.

3.2.1 Processo de captação

Figura 01 - Fluxograma com as etapas de tratamento de água convencionais



Fonte: Autora, 2019

De acordo com a Figura 01 pode-se observar as principais operações unitárias que envolvem o tratamento de água convencional. A captação é a primeira etapa para se iniciar o tratamento de água. Devem ser analisadas condições para uma rede de captação. São elas: A quantidade da água presente no manancial ou fonte de água a ser captada, a qualidade dessa água, a economia das instalações e a localização do local de captação (GUIMARÃES, CARVALHO e SILVA, 2007).

A escolha do local de captação é de extrema importância na construção de um sistema de tratamento e abastecimento de água, onde todas as condições citadas anteriormente são analisadas, incluindo também a vazão do manancial em tempos de cheia e em tempos de seca, além de possíveis focos de contaminação, que pode elevar os custos do tratamento. (GUIMARÃES, CARVALHO e SILVA, 2007).

O processo de captação consiste em captar e transportar através de sistemas de tubulação a água de fontes subterrâneas ou superficiais. As águas superficiais são expostas a

vários tipos de poluentes e são consideradas menos “puras”, são águas obtidas através de captação em rios, lagos ou mesmo represas e são captadas por bombeamento, onde, deve ser construída uma casa de bombas, com um conjunto de motobombas com potência capaz de captar a água em diferentes níveis e enviar ao sistema de tratamento, já as águas subterrâneas passam pela menor exposição, são encontradas abaixo da superfície da Terra em falhas ou fissuras de rochas compactas ou ainda nos poros ou vazios de rochas sedimentares. (GUIMARÃES, CARVALHO e SILVA, 2007).

O sistema de captação é um ponto importante em um sistema de tratamento de água. Deve ser realizada uma análise das condições da água a ser coletada e os eventuais custos com o tratamento, além dos gastos com tubulações, casas de bombas e todas as operações e equipamentos necessários para promover a captação e envio da água até a estação de tratamento. Outro ponto importante é analisar os níveis da água em tempos de cheia e em tempos de seca em casos de águas superficiais, pois se em tempos de seca o nível de água seja insuficiente se faz necessário à captação de uma fonte próxima para que seja feita a complementação do abastecimento, ou em casos mais extremos se faz necessária à escolha de outra fonte de captação. (GUIMARÃES, CARVALHO e SILVA, 2007).

3.2.2 Processo de Clarificação

Após a captação, a água é recebida na estação de tratamento, e de acordo com os parâmetros avaliados pode-se empregar a pré-cloração, que consiste em oxidar os metais presentes na água que conferem cor e sabor, as espécies solúveis após a oxidação assumem as formas de espécies pouco solúveis, para que possam ser eliminadas na etapa de clarificação. O ferro e o manganês são os metais normalmente encontrados, eles se apresentam dissolvidos nas águas brutas (ROSA, VIEIRA, MENAIA, 2009; BRASIL, 2014) O processo de oxidação também auxilia na eliminação de matéria orgânica presente, ocasionando a formação de subprodutos de cloração, os trihalometanos (MEYER, 1994).

Após a oxidação, faz-se necessária a correção do pH do meio reacional para a etapa de coagulação/floculação, que consiste na remoção de partículas, material em suspensão ou coloidal que conferem cor e turbidez a água e devido ao tamanho das partículas que o compõem não são sedimentadas pela força da gravidade, onde grande parte desse matéria particulada se origina de matéria orgânica (PUC-RIO, 2019).

O coagulante atua desestabilizando as partículas coloidais permitindo a formação dos flocos através das colisões entre essas partículas presentes no meio reacional. Na etapa de coagulação a água é fortemente homogeneizada, o intuito é promover o aumento na dispersão

do coagulante e a desestabilização das micropartículas em suspensão (GARCIA, 2018). O sulfato de alumínio é um dos coagulantes mais utilizados, em solução aquosa ocorre a sua dissociação, promovendo o aumento do pH do meio reacional (PUC-RIO, 2019).

Dois fenômenos estão envolvidos no processo de coagulação: Químico e físico. O fenômeno químico consiste na reação de hidrólise do coagulante, onde há o surgimento das espécies iônicas. O segundo fenômeno é físico e consiste no movimento de “transporte” gerado por meio da mistura rápida que promove a dispersão do coagulante pelo meio, para que seja possível o maior contato entre as espécies do coagulante e as espécies coloidais (PUC-RIO, 2019). A relação entre coagulante- coloide- solvente envolve a dissolução do coagulante, produzindo cátions e ânions, os cátions neutralizam a carga negativa do coloide, durante essa etapa ainda não há a formação visível do floco, microflocos são formados e devido à atração de cargas as partículas são recobertas pelo coagulante (PUC-RIO, 2019).

A etapa seguinte é a floculação, onde o sistema é agitado lentamente promovendo o contato entre as partículas, e com isso, os microflocos formados na etapa de coagulação se tornam flóculos com maior densidade e tamanho. Esses flóculos formados são então encaminhados para outra etapa do tratamento, que é a sedimentação/decantação. (PUC-RIO, 2019)

Na etapa de sedimentação/decantação o sistema permanece em repouso (água), enquanto as partículas sólidas vão se depositando na parte inferior do tanque com uma determinada velocidade de sedimentação. O processo final da etapa de clarificação é a filtração, que elimina as impurezas ainda presentes. A água passa por filtros de areia e material adsorvente como, por exemplo, carvão ativado onde por meio do processo de adsorção as impurezas são retidas. (GARCIA, 2018)

3.2.3 Processo de Desinfecção

A etapa de desinfecção é de extrema importância no tratamento de água, um tratamento eficiente garante que a água fornecida seja de qualidade e evite a disseminação de doenças. Como discutido anteriormente, a água é um grande meio de contaminação de doenças, por isso exige-se rigor nas etapas de tratamento, inclusive na desinfecção, visto que a mesma é utilizada não só para consumo humano, mas também é utilizada na agricultura e em diversos setores da indústria.

O objetivo da desinfecção é destruir ou inativar organismos patogênicos precursores de doenças que podem ser transmitidas através da água. Além da temperatura, fatores como pH, oxigênio, nutrientes, são alguns dos fatores que contribuem para a

sobrevivência desses contaminantes no meio (MEYER, 1994). O processo de desinfecção nem sempre esteriliza a água totalmente, a eficiência do processo muitas vezes consiste apenas em reduzir o nível de micro-organismos presentes no meio a um nível máximo permitido pela legislação de forma a se obter uma água considerada segura para consumo. Além de reduzir a carga microbiológica, a desinfecção deve minimizar a formação de subprodutos levando em consideração também o custo-benefício, o melhor método com o menor custo analisando também o fator de segurança relacionado ao manuseio e armazenamento. (MEYER, 1994)

A cloração é o processo de desinfecção mais utilizado pelas estações de tratamento de água e atua em duas etapas no processo de tratamento. A primeira etapa consiste na oxidação, onde os metais presentes na água responsáveis pela cor e sabor são oxidados. O processo de oxidação também auxiliar na eliminação de matéria orgânica presente. A segunda etapa é a de desinfecção e para que ela ocorra de forma eficaz deve-se haver o controle de alguns parâmetros como temperatura e pH (BRAGA, 2014).

O controle do pH é de extrema importância no processo de desinfecção, a reatividade do cloro diminui à medida que se promove o aumento do pH do meio reacional, por meio deste parâmetro o comportamento reacional frente a formação das espécies muda. Em solução aquosa o hipoclorito de sódio se dissocia, formando duas espécies: O ácido hipocloroso (HClO) e íons hipoclorito (OCl⁻). Para valores mais baixos de pH onde a disponibilidade de íons H⁺ no meio reacional é maior, majoritariamente há a formação de ácido hipocloroso que é a espécie que atua como agente desinfetante, com o risco de haver corrosão nas tubulações devido aos valores muito baixos de pH, trabalha-se com pH entre 6,5 e 7,5. Para valores de pH inferiores a 6 a dissociação do ácido hipocloroso é fraca, com isso há predominância do ácido hipocloroso no meio reacional (MEYER, 1994).

3.3 Departamento de Água e Esgoto de Coruripe- DAESC

O Departamento de Água e Esgoto Sanitário de Coruripe – DAESC foi criado através da Lei Municipal nº 1135 de 28 de Outubro de 2009, com sede administrativa localizada na Rua do Sol, 389-C, Bairro Com. Tércio Wanderley, é o órgão responsável por captar, tratar, e fornecer água de qualidade para toda a população da cidade de Coruripe, sendo mais de 10.000 ligações ativas. O fornecimento é realizado através de águas subterrâneas, por meio de poços semi artesianos localizados em diversas regiões da cidade (DAESC, 2019).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

A proposta deste trabalho foi realizar um estudo de caso, baseado no funcionamento do Departamento de Água e Esgoto de Coruripe (DAESC). Foram realizadas 02 visitas técnicas com o intuito de atingir a proposta dos objetivos específicos desta pesquisa.

Realizou-se o monitoramento referente ao funcionamento da DAESC e das operações unitárias envolvidas no processo de tratamento de água. A partir dessa análise realizou-se uma revisão literária com o intuito de propor melhorias para o sistema.

A Figura 02 se refere ao tratamento de água empregado pelo Departamento de Água e Esgoto de Coruripe, que consiste em três operações unitárias: Captação, desinfecção e distribuição.

Figura 02 – Fluxograma das etapas de tratamento realizadas pelo Departamento de Água e Esgoto de Coruripe



Fonte: Autora, 2019

A água utilizada é proveniente de poços semi artesianos (Figura 03), eles recebem essa classificação devido à utilização de bombas para a captação da água. São diversos poços espalhados pela cidade e uma rede de tubulação de mais de 200 metros.

Figura 03 - Construção de poço semi artesiano



Fonte: DAESC, 2019.

A água é captada por meio de bombas, por isso são construídas casas de bombas que tem o papel de bombear as águas dos poços semi artesianos até reservatórios (para as localidades mais distantes) ou direcionadas para os cloradores (para as regiões que já dispõem dos mesmos).

Devido à enorme extensão territorial de Coruripe, se faz necessária à construção de reservatórios nos pontos extremos da cidade. O primeiro reservatório está localizado na região central da cidade, no próprio departamento de água, o segundo, está na região do povoado Lagoa do Pau e um terceiro reservatório encontra-se na região de Pindorama. Para o reservatório das regiões de Lagoa do Pau e Pindorama, ainda não se dispõe de cloradores, a água é captada e então é direcionada para reservatórios onde são colocadas pastilhas de hipoclorito de cálcio para promover a desinfecção.

Os cloradores (Figura 05) são equipamentos compactos e de fabricação própria, são instalados próximos (Figura 04). Para as captações realizadas nas regiões que já dispõem de cloradores, após ser captada a água do poço segue pela tubulação e é direcionada em dois fluxos simultâneos (Figura 06):

- i. No primeiro fluxo (setas em azul da Figura 06) a água (1), é direcionada sem que haja contato com o cloro, diretamente pela extremidade inferior da tubulação em fluxo horizontal.
- ii. No segundo fluxo (setas em verde da Figura 06) a água (2), é direcionada em fluxo ascendente até a parte superior do clorador e através de um fluxo descendente entra em contato com pastilhas de hipoclorito de cálcio promovendo a liberação das

espécies desinfetantes presentes na pastilha e como consequência promovendo a desinfecção da solução. A água desinfetada é direcionada para a saída do clorador onde entra em contato com a água (1), com isso há a redução do teor de cloro da água (2) ao mesmo tempo em que se realiza a cloração/desinfecção da água (1).

A cloração é realizada em média três vezes por semana, em dias alternados, ou de acordo com a necessidade do sistema, essa necessidade é avaliada pelo teor de cloro residual presente na água, que pelas normas deve estar entre 0,2 a 2,0 mg L⁻¹, de acordo com a portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde.(BRASIL 2011)

Após a desinfecção a água vai para reservatórios e/ou é distribuída para a população. Nas regiões rurais ainda não há cloradores instalados, por isso quando a água é bombeada dos poços ela é levada diretamente para reservatórios e a cloração é feita diretamente no mesmo, por meio da inserção de pastilhas de hipoclorito de cálcio, em seguida a água é distribuída para a população.

Figura 04 - Poço e clorador



Fonte: DAESC, 2019.

Figura 05 - Clorador



Fonte: DAESC, 2019.

Figura 06 - Clorador com fluxo de água



Fonte: Adaptado de DAESC, 2019.

As análises laboratoriais são realizadas ao menos uma vez ao mês e são analisados os seguintes parâmetros: Turbidez, ferro, cloro residual. Coliformes totais e E. Coli.

Além das análises laboratoriais, após a distribuição da água, também são realizadas análises externas, de modo que, uma amostra de água é coletada em uma residência onde não se tenha caixa d'água, ou seja, a água recebida venha diretamente do departamento de água da cidade, sem que haja contato com algum reservatório ou filtro. A amostra coletada é então levada para análise laboratorial para que seja determinado o teor de cloro presente, para garantir que a quantidade esteja dentro dos padrões exigidos de 0,2 até 2,0 mg L⁻¹, segundo a Portaria nº 2.914 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011) .

Sabe-se que à medida que a água percorre a rede de distribuição ocorre um decaimento do cloro o teor de cloro de saída do departamento de água é maior do que o presente em uma ponta da rede (DA SILVA, 2017). Esse decaimento pode trazer algumas consequências como à demanda de uma alta dosagem de cloro no sistema para que se atinjam os valores estabelecidos nas extremidades da rede, com isso pode-se conferir sabor e odor indesejáveis para os consumidores que residem próximos ao Departamento de água e esgoto de Coruripe (DA SILVA, 2017). O controle de cloro residual também é fiscalizado pela vigilância municipal sanitária que realiza coletas em diferentes pontos da cidade.

5. SUGESTÕES DE MELHORIAS

O Departamento de água e esgoto de Coruripe utiliza exclusivamente águas subterrâneas para fornecimento populacional, por serem consideradas águas mais “puras” quando comparadas a águas superficiais. Essa consideração é feita, pois, as águas subterrâneas passam por um prévio tratamento natural promovido pelas rochas e areias em que a água atravessa até que se deposite nos lençóis freáticos, outro fator que corrobora com essa afirmativa é o fato de também estarem menos expostas a contaminantes externos.

Acreditava-se que essas águas estavam protegidas de possíveis contaminações devido às inúmeras camadas rochosas e sedimentares de seu entorno. No entanto, diante do enorme crescimento populacional, a falta de saneamento básico tem sido um problema e um risco a essas águas subterrâneas, passaram então a serem detectados traços de contaminações nas mesmas. (SILVA, 2014)

Isso porque, ao se cavar um poço para que seja feita a coleta da água subterrânea, por ventura a água pode não estar contaminada, no entanto o que pode acontecer são futuras contaminações provenientes de sistemas de fossa séptica construídas de forma inadequada o que promoverá a contaminação do lençol e por consequência do poço (CAPP et al, 2012). Um dos grandes riscos dessa contaminação por dejetos humanos provenientes de fossas sépticas são as inúmeras doenças causadas. Além disso, haverá um aumento na turbidez devido a maior quantidade de matéria orgânica disponível.

Tendo em vista os possíveis riscos de contaminação dos poços nota-se a necessidade de realizar análises laboratoriais de turbidez, DBO, DQO, SST, dureza, ferro e coliformes com a água de entrada advinda dos poços, atualmente só são realizados ensaios laboratoriais com a água de saída. Essa sugestão é importante, pois, se faz necessário conhecer as características físicas, químicas e biológicas de cada poço, para que seja possível mapear as possíveis regiões com maior risco de contaminação ou mesmo as áreas que já apresentem traços de contaminação e possíveis áreas que possam gerar os subprodutos de cloração, para que então sejam empregadas as operações unitárias necessárias.

O processo de clarificação seria uma das alternativas para a remoção das partículas de sujeiras e de micro-organismos, além de material orgânico, processo esse que corresponde às respectivas operações unitárias: Coagulação/Floculação, decantação e filtração. Ao realizar o processo de clarificação se reduziria os níveis de matéria orgânica e o risco de possíveis contaminantes patogênicos e por consequência o uso de desinfetantes. A

presença de matéria orgânica e o uso de agentes desinfetantes pode promover a formação de subprodutos de desinfecção, os trihalometanos (THMs), eles apresentam potencial cancerígeno mesmo que em pequenas concentrações (SILVA e MELO, 2015). O processo de clarificação empregado antes de se fazer uso do hipoclorito de cálcio promoveria a redução da possível formação desses subprodutos de cloração. Além de reduzir a formação de trihalometanos etapa de clarificação também se faz interessante para possíveis utilizações de águas superficiais.

Outra medida que poderia ser sugerida seria a instalação de filtros de carvão ativado biológico para redução de matéria orgânica, após a captação a água seria direcionada para os filtros, promovendo a remoção da matéria orgânica através do processo de adsorção do carvão ativado (WESTPHALEN, CORCAO, E BENETTI, 2016). Após passar pelo filtro a água seria direcionada para os cloradores para então passar pelo processo de desinfecção, com isso se reduziria a possível formação de THM's e reduzindo a matéria orgânica a ação do desinfetante sobre possíveis contaminantes patogênicos seria maior. (MEYER, 1994)

Por esses motivos a inserção da etapa de clarificação durante o processo de tratamento de água no Departamento de Água e Esgoto de Coruripe- DAESC ou mesmo a adição de um filtro de carvão biológico e a realização de análises laboratoriais com a água de entrada trariam inúmeros benefícios à população que faz uso da água fornecida, assegurando uma água de qualidade e com os riscos à saúde minimizados.

6. CONCLUSÃO

Por meio do estudo de caso realizado no Departamento de Água e Esgoto de Coruripe foi possível avaliar que apesar das etapas já empregadas fornecerem água dentro dos parâmetros exigidos por lei, à adição de novas operações unitárias como a etapa de clarificação ou mesmo a adição de filtros de carvão e a realização de análises da água de entrada se fazem necessários para garantir uma maior qualidade da água fornecida para a população.

Alguns avanços já foram realizados pelo Departamento de água e Esgoto de Coruripe, como a reforma de todos os poços, limpeza e isolamento das águas e instalação de cloradores em alguns poços.

A implantação das melhorias sugeridas visa minimizar a possibilidade de contaminação da água por agentes nocivos à saúde humana, tendo como prioridade a assecuridade biológica e química da água fornecida para a cidade de Coruripe.

7. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, D. W. D. F. et al. Estudo de correlações de velocidade de sedimentação de partículas para fluidos não-newtonianos aplicados a problemas de limpeza de poços de petróleo CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO- PEDPETRO. Campinas, SP; ABPG, 2007

BRAGA, P. Fernando. **Avaliação de desempenho de uma estação de tratamento de água do município de Juiz de Fora – MG.** 2014. Dissertação (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) – Universidade Federal de Juiz de Fora, 2014

BRASIL (2002) Ministério da Saúde. Centro de Vigilância Epidemiológica –**MANUAL DAS DOENÇAS TRANSMITIDAS POR ALIMENTOS.** Brasília: CVE. ISBN 978-85-334-1718-2

BRASIL (2014). Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS.** Brasília:FUNASA.

CAPPI, N.; AYACH, L. R.; SANTOS, T. M. B. S.; GUIMARÃES, S. T. L. Qualidade da água e fatores de contaminação de poços rasos na área urbana de Anastácio (MS). **Geografia Ensino & Pesquisa**, v. 16, n. 3, 2012. <http://dx.doi.org/10.5902/223649947581>

CARLI, S. T. **Uso de degradadores biológicos na aceleração do processo de compostagem dos resíduos orgânicos vegetais e palhas de embalagem – estudo de caso na CEASA-Curitiba.** 2010. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Ambiental). Faculdade de Ciências Exatas da Universidade Tuiuti do Paraná.

COPASA. **Tratamento de Água.** Disponível em: <http://www.copasa.com.br/wps/portal/internet/agua-de-qualidade/tratamento-da-agua#>. Acesso em: 11 jul. 2019.

COPASA. **Água não tratada é porta aberta para doenças.** Disponível em: http://www.copasa.com.br/media2/PesquisaEscolar/COPASA_Doem%C3%A7as.pdf.> Acesso em: 1 set. 2019.

DA SILVA, George A. B. **Decaimento de cloro residual livre em reservatórios de distribuição de água da cidade de Campina Grande – PB.** (Dissertação- Mestrado). Universidade Federal de Campina Grande 2017

DAESC. **Departamento de Água e Esgoto de Coruripe.** Disponível em: <http://www.daescoruripe.com.br/site2/index.php/quem-somos>. Acesso em: 19 jun. 2019.

DE SALVO, M. T. **Redução de precursores de trihalometanos por coagulação otimizada.** (Dissertação de Mestrado), Faculdade de Engenharia Civil, Universidade de campinas, 2002.

FRANCISCO, A. A.; POHLMANN, P. H. M.; FERREIRA, M. A. **Tratamento convencional de águas para abastecimento humano: Uma abordagem teórica dos processos envolvidos**

e dos indicadores de referência. In: II CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 2º, 2011. Londrina, PR. 2011. 9p.

FRANCO, E. S. **Avaliação da formação de trihalometanos e ácidos haloacéticos decorrentes da cloração de águas de abastecimento contendo cianobactérias** (Dissertação – doutorado). Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais 2018.

FREITAS, M. B; BRILHANTE, O. M.; ALMEIDA, L.M. **The importance of water testing for public health in two regions in Rio de Janeiro: A focus on fecal coliforms, nitrates, and aluminum.** Cad. Saúde Pública 2001. v. 17, n. 3, 651-660

GARCIA, D. C. Regilaine. **Avaliação da substituição do cloro gás pela produção eletrolítica de hipoclorito de sódio in loco em estação de tratamento de água de grande porte** (Dissertação – Mestrado). Universidade Federal de Uberlândia 2018.

GIGLIO G. **Avaliação de Diversos Métodos de Detecção de Cistos de *Giardia* ssp. e Oocistos de *Cryptosporidium parvum* presentes no resíduo gerado após o tratamento de água de abastecimento com turbidez elevada.** 2015. Dissertação (mestrado em Ciências: Engenharia Hidráulica e Saneamento). Universidade de São Paulo.

GOMES¹, R. *et al.* **Análise do potencial Hidrogeniônico das águas subterrâneas do Instituto Federal Catarinense do Campus Camburiú.** MOSTRA NACIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA INTERDISCIPLINAR, Campus Santa Rosa do Sul, v. 1, n. 1, p. 1-1, Santa Rosa do Sul, SC; IFC, 2015

GUERREIRO L. **Dossiê técnico ETA (Estação de Tratamento de Água) e ETE (Estação de Tratamento de Efluentes).** Disponível em: <<http://respostatecnica.org.br/dossietechnico/downloadsDT/MjUy>> Acesso em: 20 ago. 2019.

GUIMARÃES, A. J. A.; CARVALHO, D. F. de; SILVA, L. D. B. da. **Saneamento básico.** Disponível em : <<http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/Apostila%20IT%20179/Capit%204%20parte%202.pdf>>. Acesso em: 28 ago. 2019.

KNAPIK, H. G. **Saneamento Ambiental I – Vazões de Dimensionamento e Sistema de Captação.** Universidade Federal do Paraná Engenharia Ambiental. Disponível em: <<https://docplayer.com.br/45610824-Saneamento-ambiental-i-aula-03-vazoes-de-dimensionamento-e-sistema-de-captacao.html>>.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água.** Campinas: Átomo, 2010

LORO, A. **Recursos hídricos: Proteção jurídica e garantia do direito de acesso à água potável.** 2015. Dissertação (Graduação em Direito). Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. 2015

MEYER, S. T. (1994). **Chlorine use in water Disinfection, trihalomethane formation, and potential risks to public health.** Cad. Saúde Pública, Rio de Janeiro, 10 (1): 99-110.

PEREIRA, F. E. L; GONÇALVES, C. S. Hepatite A. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, Espírito Santo, v. 36, n. 3, p. 387-400. 2013.

POHLMANN, M. H. Paulo et al. **Tratamento de água para abastecimento humano: contribuições da metodologia Seis Sigma**. Eng. Sanitária Ambiental, v. 20, n. 3, p 485-492; jul/set- 2015.

PUC-RIO. **Coagulação química**. Disponível em: https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/11608/11608_5.PDF. Acesso em: 11 jun. 2019.

RUBIM, Cristiane. Produtos químicos para tratamento de água. **Revista TAE**. 2012 . Disponível em: < <http://www.revistatae.com.br/3915-noticias>>. Acesso em: 11 jul. 2019.

SILVA, L. H. Benjamim; MELO, B. A. Marcos. **Trihalometanos em água potável e riscos de câncer: simulação usando potencial de interação e transformações de bäcklund**. Química Nova. vol.38, n.3, 309-315. São Paulo, 2015

ROSA, M. J.; VIEIRA, P.; MENAIA J. **O tratamento de água para consumo humano face à qualidade da água de origem**. Instituto Regulador de Águas e Resíduos e Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 2009, 82 p. ISBN: 978-989-95392-7-3.

SCALIZE P. S. et al. Estudo da influência da temperatura da água bruta na eficiência do coagulante químico. **Revista SODEBRAS**. v. 7 , n. 80. 2012.

SILVA, D. Débora et al. **Lack of sanitation and groundwater in shallow aquifer: region of the neighborhood Pedra Noventa, Cuiaba (MT)**. Eng. Sanit Ambient. v.19 n.1, 43-52. 2014. ISSN 1413-4152

SILVA, M. Lindalva et al. **Ocorrência de um surto de hepatite a em três bairros do município de vitória (ES) e sua relação com a qualidade da água de consumo humano**. Ciência & Saúde Coletiva, v. 14, n. 6, p. 2163-2167, 2009. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-81232009000600023>

OLIVEIRA, F. Thiago. **Tratamento de água para abastecimento público por sistema de separação por membrana de ultrafiltração: Estudo de caso na ETA Alto da Boa Vista (São Paulo-SP)**. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Universidade de São Paulo, 2014.

OLIVEIRA, S. N. **Remoção de microcystis aeruginosa e microcistina-lr por coagulação, floculação, sedimentação e filtração seguida de coluna de carvão ativado granular** (Dissertação – mestrado). Campina Grande 2012.

TOMINAGA, M. Y.; MIDIO, A. F. **Human exposure to trihalomethanes in drinking water**. v. 03, n. 04. 1999. 413-21.

PEDROSO, R. F; AMARANTE, M. K. Giardiase: Aspectos parasitológicos e Imunológicos. **Biosaúde**, londrina, v. 8, n. 1, p. 61-72,. 2006. Disponível em: <<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/biosaude/article/viewFile/26968/19408>>. Acesso em: 15 ago. 2019.

PEREIRA, F. E. L; GONÇALVES, C. S. Hepatite A. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, Espírito Santo, v. 36, n. 3, p. 387-400, mai./2013. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rsbmt/v36n3/16341.pdf>>. Acesso em: 6 set. 2019.

PUC-RIO. **Coagulação química**. Disponível em: <[https://www.maxwell.vrac.puc-](https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/11608/11608_5.PDF)

rio.br/11608/11608_5.PDF.> Acesso em: 6 set. 2019.

REVISTA TAE . **Desinfecção de água: os principais sistemas disponíveis no mercado.** Disponível em: <http://www.revistatae.com.br/5230-noticias>. Acesso em: 15 ago. 2019.

UNICAMP. **Abastecimento de água.** Disponível em: https://www.ft.unicamp.br/~mariaacm/ST514/mansan02_33_51.pdf. Acesso em: 6 set. 2019.

WESTPHALEN, A. P. C.; CORCAO, G.; BENETTI, A. D. **Utilização de carvão ativado biológico para o tratamento de água para consumo humano.** Eng. Sanit. Ambient. 2016 v.21, n.3, 425-436 DOI: 10.1590/S1413-41522016143108.