



UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
Campus Cerro Largo
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA

JULIANE REGINA VOLKMER

**QUALIDADE DA ÁGUA DE ABASTECIMENTO PÚBLICO TRATADA POR
SISTEMA CONVENCIONAL DE UM MUNICÍPIO LOCALIZADO NA REGIÃO
NOROESTE DO RIO GRANDE DO SUL**

CERRO LARGO – RS

2017

**QUALIDADE DA ÁGUA DE ABASTECIMENTO PÚBLICO TRATADA POR
SISTEMA CONVENCIONAL DE UM MUNICÍPIO LOCALIZADO NA REGIÃO
NOROESTE DO RIO GRANDE DO SUL**

Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentado como requisito para obtenção de grau de
Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária da
Universidade Federal da Fronteira Sul – *campus* Cerro
Largo

Orientadora: Prof.^a. Dra. Alcione Aparecida de
Almeida Alves

Co-orientadora: Prof.^a. Ma. Aline Raquel Müller Tones

CERRO LARGO – RS

2017

FICHA CATALOGRÁFICA

PROGRAD/DBIB - Divisão de Bibliotecas

Volkmer, Juliane Regina

QUALIDADE DA ÁGUA DE ABASTECIMENTO PÚBLICO TRATADA
POR SISTEMA CONVENCIONAL DE UM MUNICÍPIO LOCALIZADO NA
REGIÃO NOROESTE DO RIO GRANDE DO SUL/ Juliane Regina
Volkmer. -- 2017.

57 f.:il.

Orientador: Dra. Alcione Aparecida de Almeida Alves.

Co-orientador: Ma. Aline Raquel Müller Tones.

Trabalho de conclusão de curso (graduação) -
Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de
engenharia ambiental e sanitária , Cerro Largo, RS,
2017.

1. Trabalho de Conclusão de Curso. I. Alves, Dra.
Alcione Aparecida de Almeida, orient. II. Tones, Ma.
Aline Raquel Müller, co-orient. III. Universidade
Federal da Fronteira Sul. IV. Título.

JULIANE REGINA VOLKMER

**QUALIDADE DA ÁGUA DE ABASTECIMENTO PÚBLICO TRATADA POR
SISTEMA CONVENCIONAL DE UM MUNICÍPIO LOCALIZADO NA REGIÃO
NOROESTE DO RS**

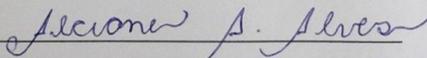
Trabalho de Conclusão de curso de graduação apresentado como requisito para obtenção de grau de Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal da Fronteira Sul – *campus* Cerro Largo - RS.

Orientadora: Prof^ª. Dra. Alcione Aparecida de Almeida Alves

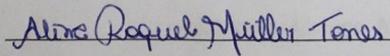
Co-orientador: Prof^ª. Ma. Aline Raquel Müller Tones

Este trabalho de conclusão de curso foi defendido e aprovado pela banca em: ____/____/____

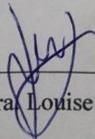
BANCA EXAMINADORA



Prof^ª. Dra. Alcione Aparecida de Almeida Alves



Prof^ª. Ma. Aline Raquel Müller Tones



Prof^ª. Dra. Louise de Lira Roedel Botelho

A minha mãe, irmã, marido, amigos e professoras Alcione Alves e Aline Tones que me deram suporte e incentivo para que fosse possível chegar a essa importante etapa da minha vida acadêmica. Este trabalho é em memória amorosa de meu pai, Arcádio Volkmer.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho é dedicado às pessoas mais importantes da minha vida – minha família. Amo todos vocês mais do que consigo colocar em palavras.

A minha orientadora Prof^a. Dra. Alcione Aparecida de Almeida Alves e co-orientadora Prof. Ma. Aline Raquel Müller Tones quero expressar a minha admiração, agradecer pelos ensinamentos e amizade prestada no andamento do trabalho.

Aos colegas e amigos Leandro Pellenz, Jonas Inticher e Fernando Agnes por todo auxílio e ajuda prestada nas coletas e análises experimentais.

Ao professor Daniel Dairot, pelo suporte, sem o qual algumas análises não seriam possíveis.

A minha querida amiga Andrieli Schmitz, pela força, apoio, pelo tempo dedicado e pelas inúmeras vezes em que me deu suporte em meu trabalho.

As minhas colegas e amigas de início de curso Andrieli Schmitz, Fernanda Elis dos Santos, Julia Braun e Vera Analise Schommer pela amizade, pelos momentos incríveis e de inspiração. Sem palavras para descrever o enorme carinho e admiração que sinto por vocês.

À todos os colegas, aos professores e amigos, que de alguma forma colaboraram na minha formação.

RESUMO

A água de abastecimento público pode ser um veículo de doenças e danos à saúde da população, sendo assim, é necessário um tratamento eficiente e avaliações regulares da sua qualidade. O presente trabalho objetivou estudar o desempenho do tratamento convencional da água de uma estação de tratamento de água (ETA) localizada no noroeste do estado do RS, por meio da análise de seus processos operacionais e da qualidade da água produzida. Foram realizadas análises dos parâmetros físicos, químicos e bacteriológicos do tratamento de ciclo completo da água proveniente de manancial superficial no período de seis meses. Foram realizadas coletas de água bruta e tratada no período de agosto a novembro de 2017, todas realizadas na ETA. A metodologia empregada para pesquisa bacteriológica foi o método de fermentação em tubos múltiplos de coliformes totais. As metodologias usadas nas análises físico-químicas e microbiológicas foram realizadas conforme o Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater da instituição americana Public Health Association (APHA). A maioria das amostras estava de acordo com a legislação vigente Portaria N° 2.914 de 2011 do MS que é a legislação nacional específica sobre a qualidade da água potável, conclui-se que o tratamento convencional das águas de abastecimento público da ETA é eficiente e importante como medida de saúde pública. Os resultados demonstraram que, apesar do manancial superficial apresentar contaminação bacteriológica após o tratamento convencional foi obtida a potabilidade do mesmo. O controle microbiológico da água é fundamental para que não haja transmissão de bactérias, dentre estas, coliformes totais, protozoários, vírus e fungos causadores de diversas doenças como diarreias, disenterias, hepatites, cólera, entre outras enfermidades graves. O resultado deste trabalho revelou, por meio de análise microbiológica, que as amostras de água tratada apresentaram-se próprias para consumo humano.

Palavras-chave: Água de abastecimento público. Qualidade da água. Estação de Tratamento de Água (ETA). Parâmetros de Referência.

ABSTRACT

Public water supply can be a vehicle for disease and damage to the health of the population, so efficient treatment and regular quality assessments are necessary. The present work aimed to study the performance of the conventional water treatment of a water treatment plant (CWT) located in the northwest of the State of Rio Grande do Sul, through the analysis of its operational processes and the quality of the water produced. Analyzes of physical, chemical and bacteriological parameters of the complete cycle treatment of the water from the superficial spring were carried out in the period of six months. Gross and treated water were collected from August to November 2017, all of which were carried out in CWT. The methodology used for bacteriological research was the fermentation method in multiple tubes of total coliforms. The methodologies used in the physical-chemical and microbiological analyzes were carried out according to the Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater of the American Public Health Association (APHA). Most of the samples were in accordance with current legislation Portaria N ° 2,914 of 2011, which is the specific national legislation on the quality of drinking water, it is concluded that the conventional treatment of CWT public water supply is efficient and important as a public health measure. The results showed that, although the bacterial contamination of the surface after the conventional treatment, it was obtained the potability of the same. The microbiological control of water is essential for the transmission of bacteria, among them, total coliforms, protozoa, viruses and fungi that cause various diseases such as diarrhea, dysentery, hepatitis, cholera, among other serious diseases. The result of this work reveals, through microbiological analysis, that the treated water samples were presented for human consumption.

Keywords: Public water supply. Water quality. Water Treatment Plant (CWT). Reference Parameters.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – Vista da parte superior da ETA semi-compacta com tratamento convencional para a potabilização da água.....**ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.**
- Figura 2 – Agitador mecânico.**ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.**
- Figura 3 – Adição de $(Al_2(SO_4)_3)$**ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.**
- Figura 4 – Unidade de decantação.....**ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.**
- Figura 5 – Unidade de filtração. 36
- Figura 6 – Unidade de desinfecção e Reservatório semi-enterrado. **ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.**
- Figura 7 - Valores de absorvância da água bruta e tratada. ..**ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.**
- Figura 8 – Valores de cor da água bruta e tratada.**ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.**
- Figura 9 – Valores de turbidez da água bruta e tratada**ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.**
- Figura 10 – Coagulação/sedimentação seguida de filtração.**ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.**
- Figura 11– Valores de condutividade elétrica para água bruta e tratada.....**Erro! Indicador não definido.**
- Figura 12 – Valores de sólidos dissolvidos totais para água bruta e tratada.**ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.**
- Figura 13 – Valores de pH da água bruta e tratada.**ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.**
- Figura 14 – Valores de od da água bruta e tratada.**ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.**
- Figura 15 – Valores de coliformes totais para água bruta e tratada e o limite permitido pela portaria n° 2.914 de 2011 do ms em nmp 100 ml⁻¹**Erro! Indicador não definido.**

LISTA DE TABELAS

Tabela 3. 1. Parâmetros físico-químicos e microbiológicos analisados.....	37
Tabela 4.1. Valores de absorvância 254 nm nos pontos de entrada e saída do e seus respectivos desvios padrão.....	40
Tabela 4. 2. Valores da água bruta e tratada para o parâmetro cor, e seus respectivos desvios padrão e sua eficiência de remoção.....	41
Tabela 4. 3. Valores da água bruta e tratada para o parâmetro turbidez e seus respectivos desvios além da eficiência do Processo Convencional na remoção desse parâmetro.....	43
Tabela 4. 4. Valores obtidos para condutividade para água bruta e tratada e seus respectivos desvios padrão.....	45
Tabela 4. 5. Valores de temperatura obtidos para água bruta e tratada e seus respectivos desvios.....	45
Tabela 4. 6. Valores encontrados para sólidos dissolvidos totais e seu respectivo desvio padrão, e a eficiência de remoção do processo.....	47
Tabela 4. 7. Valores de pH da água bruta e tratada e seus respectivos desvios.....	48
Tabela 4. 8 Valores de oxigênio dissolvido para a água bruta e água tratada e seus respectivos desvios.....	49
Tabela 4. 9. Valores de Coliformes termotolerantes da água bruta e tratada e seus respectivos limites.....	50

LISTA DE SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA - Agência Nacional da Água
CAB - Carvão Ativado Biológico
DF - Dupla Filtração
DNA – Ácido Desoxirribonucleico
ETA – Estação de tratamento de água
FDA - Filtração Direta Ascendente
FiME - Filtração em Múltiplas Etapas
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
MS – Ministério da Saúde
NMP – Número Máximo Provável
OD – Oxigênio dissolvido
PNRH - Política Nacional de Recursos Hídricos
RNA – Ácido Ribonucleico
THM – Trihalometanos
uH - Unidade Hazen
uT – Unidade de Turbidez
UV-VIS - Ultravioleta-Visível
VMP – Valor máximo permitido

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
1.1 OBJETIVOS	14
1.1.1 Objetivo geral.....	14
1.1.2 Objetivos específicos.....	14
2 HISTÓRICO DA PROBLEMÁTICA DA ÁGUA NO BRASIL.....	15
2.1 ÁGUAS DE ABASTECIMENTO PÚBLICO	16
2.2 TECNOLOGIAS DE TRATAMENTO DA ÁGUA DE ABASTECIMENTO PÚBLICO	17
2.2.1 Sistema de tratamento de água convencional.....	19
2.2.1.1 Coagulação e floculação	19
2.2.1.2 Decantação.....	20
2.2.1.3 Filtração	20
2.2.1.4 Desinfecção	21
2.2.1.5 Reservação.....	23
2.3 PARÂMETROS DE QUALIDADE DE ÁGUAS PARA CONSUMO HUMANO	24
2.3.1 Parâmetros físicos.....	24
2.3.1.1 Temperatura.....	25
2.3.1.3 Turbidez.....	26
2.3.1.4 Absorvância	27
2.3.1.5 Sólidos Totais	27
2.3.1.6 Condutividade Elétrica	28
2.3.2 Parâmetros químicos.....	28
2.3.2.1 Potencial Hidrogeniônico (pH).....	28
2.3.2.2 Oxigênio Dissolvido (OD)	29
2.3.3 Parâmetros bacteriológicos.....	29
2.3.3.1 Coliformes Totais	30
2.4 ASPECTOS LEGAIS	30
3 MATERIAIS E MÉTODOS	33
3.2 TRATAMENTO CONVENCIONAL.....	33
3.3.1 Coleta e preservação das amostras	37
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
4.1 ABSORVÂNCIA	39

	12
4.2 COR APARENTE	40
4.3 TURBIDEZ.....	42
4.4 CONDUTIVIDADE ELÉTRICA.....	44
4.5 TEMPERATURA.....	45
4.6 SÓLIDOS DISSOLVIDOS TOTAIS	46
4.7 PH.....	47
4.8 OXIGÊNIO DISSOLVIDO	49
4.9 COLIFORMES TOTAIS	50
4.10 EFICIÊNCIA DO TRATAMENTO CONVENCIONAL PARA A POTABILIZAÇÃO DE ÁGUA	51
5 CONCLUSÃO.....	52

1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural essencial para sobrevivência de todo e qualquer tipo de vida no planeta Terra, além de ser componente fundamental para desenvolvimento de economias nacionais e locais. A gestão sustentável dos recursos hídricos, o acesso ao abastecimento regular de água, juntamente com os serviços de saneamento adequados elevam a qualidade de vida da população.

O desenvolvimento social e econômico do Brasil, apesar de ser um país com recursos hídricos abundantes, desencadeou um aumento na demanda por água. O despejo de efluentes industriais, o escoamento agrícola e o esgoto doméstico não tratados ocasionam a deterioração dos mananciais de água interferindo em suas características naturais aumentando a preocupação das presentes e futuras gerações em relação ao padrão de qualidade e a escassez desse recurso.

Desta forma, cabe destacar que o uso da água para abastecimento público possui prioridade sobre os demais usos dos recursos hídricos. Porém, a água possui inúmeras impurezas e substâncias que alteram a sua qualidade necessitando de um tratamento para adequação da água bruta aos padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria N° 2.914 de 2011 do Ministério da Saúde (MS).

Devido à poluição da água que altera características físicas, químicas e biológicas, é necessário para sua adequação aos padrões de qualidade um tratamento em uma Estação de Tratamento de Água (ETA). Dentre os diversos tratamentos existentes o tratamento convencional é o mais usado no Brasil e consiste nas etapas de coagulação, floculação, decantação, filtração, desinfecção e fluoretação que podem variar a partir da análise da água bruta e dos períodos de chuva ou estiagem.

Na região sul do país comumente faz-se a aplicação do tratamento convencional para potabilização da água. Mesmo a ETA alvo do estudo sendo compacta pode ser denominada de convencional, pois está relacionado aos processos de tratamento e não ao dimensionamento da ETA.

Em decorrência disso é de fundamental importância respeitar os valores máximos permitidos estabelecidos pela Portaria N° 2.914 de 12 de dezembro de 2011 do MS norma vigente de potabilidade da água para consumo humano.

Desta forma para que se tenha uma água de beber segura devem ser realizadas medidas preventivas e corretivas atendendo ao padrão de potabilidade da água para consumo humano. Os procedimentos e responsabilidades pertinentes ao controle e vigilância da

potabilidade da água são realizados através do monitoramento de parâmetros físicos, químicos e microbiológicos estabelecidos na mesma, visando minimizar os riscos à saúde humana decorrentes do consumo de água.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Avaliar a qualidade da água de abastecimento público servida à população urbana e tratada por sistema convencional em uma ETA localizada na região noroeste do estado do Rio Grande do Sul.

1.1.2 Objetivos específicos

a) Monitorar os parâmetros físicos, químicos e biológicos: absorvância (nm), condutividade (uS cm^{-1}), cor (uH), temperatura ($^{\circ}\text{C}$), turbidez (uT), sólidos dissolvidos totais ($\text{mg } 100 \text{ mL}^{-1}$), Potencial Hidrogeniônico (pH), oxigênio dissolvido (OD) (mg L^{-1}) e coliformes totais ($\text{NMP } 100\text{mL}^{-1}$) da água bruta pós tratamento por sistema convencional.

b) Verificar a eficiência do tratamento convencional da água de abastecimento público servida a população urbana de um município localizado na região noroeste do estado do Rio Grande do Sul.

c) Averiguar se os resultados obtidos em relação aos parâmetros físicos, químicos e microbiológico se encontram de acordo com os valores máximos permitidos (VMP) estabelecidos pela Portaria N^o 2.914 de 2011 do MS.

2 HISTÓRICO DA PROBLEMÁTICA DA ÁGUA NO BRASIL

O Brasil concentra 11,6 % do volume total de recursos hídricos do mundo. A maior parte desta água, cerca de 80 %, encontra-se na região Amazônica na qual vive 5 % da população. Além disso, há no Brasil um grave problema relacionado ao desperdício de água devido às perdas nos sistemas de distribuição chegando a 30 % nas regiões Sul e Sudeste e a 60 % no nordeste (CHAGAS *et al.*, 2012).

Considerando a extensão do Brasil há uma variabilidade regional na quantidade, distribuição e qualidade da água disponível para consumo humano e desenvolvimento socioeconômico. Cabe destacar ainda que a qualidade da água superficial está diretamente relacionada com o uso e ocupação do solo. Além disso, grande parte dos rios urbanos brasileiros estão poluídos devido ao fato de as cidades não disporem de coleta e tratamento de esgotos domésticos, sendo lançados *in natura* nos corpos hídricos (TUCCI, HESPANHOL, NETTO, 2001; SILVA, 1998).

Desta forma, o uso e aproveitamento de recursos hídricos são fundamentais para o desenvolvimento socioeconômico de uma região. Pois, no século XX houve um aumento considerável na exploração de recursos naturais com destaque para os recursos hídricos. O crescimento econômico e populacional resultaram em um aumento do uso de água para os setores de geração de energia, abastecimento industrial, irrigação na agricultura, como também a população mais carente passou a ocupar áreas com risco de inundação, ocasionando a deterioração dos mananciais hídricos (TUCCI, HESPANHOL, NETTO, 2001).

Esta situação passou a mudar a partir da criação de legislação pertinente a conservação dos recursos hídricos e mecanismos de controle e fiscalização do impacto na qualidade da água dos rios. No entanto, continua sendo difícil o controle sobre o despejo dos efluentes doméstico (BRITO, 2017).

Junto ao aumento da população urbana, os danos aos recursos hídricos são potencializados devido à degradação dos mananciais, contaminação dos rios pelos esgotos doméstico, industrial e pluvial; e enchentes urbanas geradas pela inadequada ocupação de áreas proibidas (SILVA, 1998).

Em virtude da alta densidade demográfica as regiões Sul e Sudeste, apesar de contarem com abundância de água, há nessas regiões problemas de escassez hídrica em alguns pontos. Isto se deve aos usos múltiplos da água, elevada urbanização, falta de saneamento básico e a poluição que compromete a disponibilidade elevando os custos de tratamento (ESTEVES, 2012).

A água superficial é utilizada para múltiplos usos como é destacado por Silva *et al* (2017), os usos consuntivos (abastecimento público, indústria, agricultura) e os não consuntivos (navegação, lazer, transporte e diluição de esgoto). No Brasil o maior consumo de água se dá no setor agrícola que predomina sobre o uso industrial e doméstico.

Conforme mencionado anteriormente, o maior problema que causa a poluição das águas superficiais em nível nacional são os despejos de efluentes domésticos e industriais, a contaminação difusa pelo uso de fertilizantes e pesticidas de áreas agrícolas e a degradação do solo por práticas agrícolas inadequadas desencadeando desta forma uma diminuição da qualidade água para abastecimento humano (TUCCI, HESPANHOL, NETTO, 2001).

2.1 ÁGUAS DE ABASTECIMENTO PÚBLICO

A água é um bem público e indispensável para a humanidade, porém 190 milhões de pessoas no Brasil não têm acesso à água tratada. Desde 2011, a Portaria Nº 2.914 do MS estabeleceu os padrões para a água tratada e distribuída para o consumo humano, sendo esta uma ferramenta importante na avaliação da qualidade das águas de abastecimento estabelecendo níveis de segurança para a proteção da saúde humana (BRITO, 2017).

O sistema de tratamento que serve para adequar a água disponível naturalmente em água potável inicia pela captação no manancial superficial, passando pelo tratamento e posteriormente segue para a rede de distribuição. Porém dentro desse sistema de produção há alguns possíveis pontos de contaminação, pelo fato de os sistemas públicos de abastecimento se estendem ao longo de grandes distâncias a qualidade da água pode se deteriorar ao longo da cadeia de distribuição devido à falta de manutenção na rede e devido a rachaduras ou fendas na tubulação nas quais pode ocorrer a contaminação do fluxo de água (SILVA *et al.*, 2017).

Segundo o mesmo autor, a análise da cadeia produtiva deve observar as características da estação chuvosa e de seca, pois a água de escoamento contendo nutrientes e microrganismos gera a contaminação do manancial hídrico que em conjunto ao funcionamento inapropriado da ETA geram uma produção de água contaminada.

Um panorama realizado pela Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PROSAB, 2000), em relação à situação brasileira, no tocante ao abastecimento de água e saneamento, revela que 97,9 % dos municípios brasileiros têm serviço de abastecimento de água. No que se refere aos domicílios brasileiros, porém, é de somente 63,9 %, havendo variações nesse número dependendo da região do país. Ainda pela análise dessa pesquisa, observa-se que as

regiões urbanas apresentam um maior índice de cobertura que a região rural, dos serviços de abastecimento de água (IBGE, 2000).

Em algumas das principais regiões metropolitanas brasileiras a disponibilidade de água para abastecimento público com qualidade e quantidade adequadas é limitada devido à falta de preservação dos mananciais, aumento da demanda devido à concentração urbana e perdas nas redes de abastecimento. De acordo com Tucci *et. al.* (2001) cerca de 25 a 40 % do volume de água tratada são perdidos nas redes de abastecimento.

A água de abastecimento público sem um tratamento adequado pode ser um veículo para doenças, tais como diarreias, cólera, giardíase leptospirose, amebíase dentre outras. O estudo dos parâmetros e índices de qualidade da água aumenta a segurança da população beneficiada por este recurso. Juntamente a isso é necessário ressaltar que o manancial sofre uma sazonalidade em relação aos períodos de chuva no qual a contaminação da água é maior devido ao escoamento superficial que nos períodos de seca (SILVA, 2016).

Outro fato a ser destacado é que no Brasil há uma elevada carência no setor de saneamento básico principalmente na periferia das cidades na qual está localizada a população mais pobre. Fica claro desta forma que o Brasil necessita de um maior alcance dos serviços de abastecimento de água potável e uma rede de esgoto mais ampla (MORAIS *et al*, 2016).

2.2 TECNOLOGIAS DE TRATAMENTO DA ÁGUA DE ABASTECIMENTO PÚBLICO

A definição dos processos unitários de tratamento da água para consumo humano possui duas condicionantes principais, que são as características da água bruta e a qualidade da água tratada desejada. Além disso, fatores como a facilidade de operação, custos de construção e flexibilidade operacional também devem ser considerados (RICHTER, 2011).

A tecnologia empregada em uma ETA vai depender da qualidade da água bruta. Sendo assim o tratamento pode ser de ciclo completo com as etapas de coagulação, floculação, decantação, filtração e desinfecção ou ainda uma ETA na qual ocorre filtração direta ascendente ou descendente sem floculação (DI BERNARDO e DANTAS, 2005).

A potabilização da água para consumo humano deve considerar para implantação de um sistema de tratamento as características físicas químicas e biológicas da água bruta, custo de implantação e manutenção do sistema, localização geográfica e a disposição final de lodo. É importante também conhecer a origem da água se ela provém de um manancial de água corrente ou de um lago, por exemplo (LIBÂNIO, 2010). A informação sobre a qualidade da água bruta é fundamental para a definição da tecnologia adequada para o tratamento com

objetivo de abastecimento público, bem como para a avaliação do desempenho da própria estação (MIERZWA, 2008).

No Brasil observa-se que 75 % dos municípios usam o tratamento convencional para a potabilização da água (IBGE, 2000). Essa técnica é dividida em etapas nas quais são feitas adições de produtos químicos através da coagulação, floculação, sedimentação, filtração, desinfecção e posteriormente ocorre a correção do pH, e em ocasiões específicas pode ser adicionada a etapa de fluoretação (BOTERO, 2008).

Segundo Richter (2011), no Brasil há três formas de tratamento mais usuais que são as estações de tratamento convencional, filtração direta e flotação por ar dissolvido dentre outras descritas nos itens abaixo. Há ainda o uso do carvão ativado biológico no tratamento das águas para consumo humano reduzindo a instabilidade da água devido ao crescimento de bactérias e a formação de biofilmes no sistema de distribuição. O propósito do tratamento biológico da água para abastecimento humano é reduzir a variabilidade da água por meio de oxidação de compostos orgânicos e inorgânicos como ferro, manganês, enxofre e amônia presentes em pequena quantidade. Exemplos de processos para o tratamento de água, em que microrganismos atuam, são a filtração em margem, a filtração lenta e o carvão ativado biológico (CAB) (WESTPHALEN *et al*, 2016).

As tecnologias de separação por membranas como a microfiltração, a ultrafiltração e osmose reversa são tecnologias que resultam em água de melhor qualidade em ETA mais compactas, diminuindo a geração de lodo e o custo de operação e compete com o sistema convencional de tratamento de água para abastecimento humano (MIERZWA *et al*, 2008).

Outra tecnologia empregada em tratamento de água são as ETA de flotação por ar dissolvido são usadas para tratamento de água bruta com características de baixa turbidez (até 600 uT), para qualquer índice de cor e eficientes na remoção de algas (RICHTER, 2011). As etapas envolvidas nesse sistema são primeiramente um pré-tratamento que origina um floco flutuável na mistura rápida e posterior filtração com polimento para remoção dos flocos flutuáveis (RICHTER e AZEVEDO NETTO, 2015). Este estudo fará menção somente ao sistema de tratamento de água convencional ou ciclo completo, já que a ETA alvo deste estudo tem implantada essa tecnologia.

2.2.1 Sistema de tratamento de água convencional

O sistema de tratamento de água convencional (ou ainda ciclo completo) é denominado desta forma por ser encontrado na maioria das ETA. Comumente, este sistema é composto pelas etapas de mistura rápida, floculação, decantação ou flotação, filtração e desinfecção. Apresenta o maior número de decantadores de fluxo horizontal. Esse processo é adequado para águas turvas correntes de até 1000 uT. (RICHTER e AZEVEDO NETTO, 2015).

2.2.1.1 Coagulação e floculação

A coagulação é um processo no qual é adicionado um coagulante, substância química, na água com a função de diminuir as forças que mantêm as partículas isoladas uma das outras. A desestabilização das partículas coloidais e suspensas ocorre por meio de fenômenos químicos e físicos. O coagulante reage com água ocorrendo a hidrólise que é a formação dos complexos de cátions metálicos hidrolisados (LIBÂNIO, 2010).

De acordo com o mesmo autor para que haja a desestabilização dos coloides é necessário que o coagulante seja adicionado no local de maior turbulência para atingir toda a massa de água em um curto intervalo de tempo. A relação ideal entre coagulante e pH é estabelecida através do experimento do Teste de Jarros e os principais produtos químicos usados como coagulantes são: sulfato de alumínio, sulfato férrico, sulfato ferroso, hidróxi-cloreto de alumínio, sulfato ferroso clorado e cloreto férrico.

A mistura rápida pode ser mecanizada ou hidráulica e faz com que por meio da agitação da água o coagulante seja distribuído e ocorra o choque com elementos coloidais. A mistura rápida mecanizada usa agitadores mecânicos como hélices ou turbinas para realizar a agitação da água. Pode ainda ser realizada por meio de câmaras com chicanas de fluxo horizontal ou vertical, por ressalto hidráulico em calha Parshall caracterizando uma mistura rápida hidráulica. A unidade de mistura rápida tem a função de realizar a dispersão do coagulante na água de forma rápida e homogênea sendo uma das fases mais importantes do tratamento (RICHTER, 2011).

Posteriormente ocorre a floculação e essas partículas desestabilizadas se aglomeram originando partículas maiores os flocos que acabam sedimentados pela força da gravidade possibilitando a sua remoção nas etapas posteriores. A floculação ocorre em um período de 20 a 40 minutos, decantação e posterior filtração (RICHTER e AZEVEDO NETTO, 2015).

2.2.1.2 Decantação

Segundo Richter e Azevedo Netto (2015) decantação é a sedimentação de partículas floculentas em tanques de decantação também denominados decantadores. Nesses tanques ocorre a remoção dos flocos da etapa de floculação por meio da força da gravidade. Para uma ETA é importante a instalação de pelo menos dois decantadores para que durante a limpeza o processo não seja interrompido. As partes de um decantador são: zona de entrada, zona de sedimentação, zona de saída e zona de lodo. Os valores e parâmetros hidráulicos para um decantador são estabelecidos pela ABNT NBR N° 12.216 de 1992.

A etapa de decantação se dá por meio da sedimentação das partículas sólidas suspensas. Devido à força da gravidade as partículas mais densas sedimentam no fundo do decantador ou zona de armazenamento. As partículas finamente divididas em solução ou em estado coloidal com densidade menor que a da água acabam não sedimentando sendo necessária a adição de coagulante. A etapa de coagulação seguida de um processo de decantação é chamada de clarificação. Em decorrência disso há uma redução dos sólidos presentes na água (RICHTER, AZEVEDO NETTO, 2015).

2.2.1.3 Filtração

A etapa de filtração de acordo com Richter e Azevedo Netto (2015) envolve processos físicos (sedimentação) e físico-químicos onde ocorre aderência eletrostática entre as partículas do meio filtrante. É responsável por reter as partículas que não foram removidas nas etapas anteriores

A filtração em uma ETA possui a função de remover impurezas através da separação dos sólidos do líquido. A remoção das partículas ocorre pela passagem da água por um meio filtrante poroso. Em decorrência da velocidade do fluxo com a qual a água passa pelo leito filtrante o filtro pode ser um filtro lento ou filtro rápido que se encontra no sistema de tratamento convencional da água (RICHTER, 2011).

O filtro rápido é composto por um canal pelo qual passa a água, por calhas que distribuem a água já decantada, um meio filtrante, uma camada suporte, um sistema de drenagem e a calha para coleta da água de lavagem. A NBR N° 12.216 de 1992 define parâmetros para o filtro rápido ou lento. Os valores recomendados para taxa de filtração para o filtro lento é de $6 \text{ m}^3 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$, para o filtro rápido de camada simples $120 \text{ m}^3 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ e para um filtro rápido de camada dupla $360 \text{ m}^3 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ de água.

O número de filtros e a sua dimensão dependerá do tamanho da ETA e do número de etapas posteriores à filtração como também de fatores econômico. Geralmente o leito filtrante é composto de areia com certa granulometria definida na fase de projeto (RICHTER e AZEVEDO NETTO, 2015).

Há diversas técnicas de filtração que podem ser usadas em uma ETA. A filtração direta ascendente (FDA) as unidades de floculação e decantação são retiradas diminuindo a área da ETA. Outra vantagem a ser citada é a quantidade reduzida de coagulante, pois não é mais necessário à formação de flocos densos sedimentáveis (DI BERNARDO e DANTAS, 2005).

O filtro ascendente possui algumas características que o diferenciam do filtro descendente. O filtro ascendente possui uma altura superior e em decorrência disso a pressão estática no fundo é maior fazendo com que areia no fundo fique compactada diferentemente do filtro descendente aonde ela pode se expandir (DI BERNARDO e MENDES, 1986). Uma desvantagem da técnica é que ao ocorrer a colmatarão da camada filtrante superior ha liberação de parte dos sólidos acumulados nos filtros comprometendo a qualidade do efluente.

A dupla filtração é uma técnica que não necessita de um ciclo completo de tratamento quando a água natural possui concentração alta de algas, cor, turbidez e coliformes, como também não ha necessidade de dosagens elevadas de coagulante. Em decorrência disso a dupla filtração (DF) é uma opção interessante em detrimento da filtração direta ascendente (SILVA et al., 2012).

A Filtração em Múltiplas Etapas (FiME) não possui a etapa de coagulação química e devido a isso a água bruta deve possuir características adequadas para uma boa eficiência do tratamento, no entanto no Brasil devido a poluição dos mananciais essas ETA precisam ser adaptadas sendo acrescentadas as etapas de coagulação e a floculação. Possui uma etapa de pré-tratamento com pré-filtros constituídos de pedregulhos são ETA nas quais a água passa de forma lenta por filtros com meios granulares. A filtração lenta é eficiente na remoção de organismos patogênicos, sólidos em suspensão dentre outras impurezas (DI BERNARDO, DANTAS, 2005).

2.2.1.4 Desinfecção

A desinfecção é um processo que possui a função de eliminar ou inativar microorganismos patogênicos através da adição de um agente físico ou químico. Porém a desinfecção pode destruir somente uma parte dos organismos patogênicos já que alguns esporos de vírus são mais resistentes, diferentemente da esterilização que elimina por

completo todo e qualquer patógeno presente na água. Como exemplo disso pode-se citar o vírus da hepatite e poliomielite que podem resistir às técnicas de desinfecção do tratamento convencional (RICHTER e AZEVEDO NETTO, 2015).

Para alcançar uma desinfecção eficiente devem ser levadas em consideração as características da água, os microrganismos a serem inativados e o potencial de oxidação do agente desinfetante e o tempo de contato (LIBÂNIO, 2010). O agente desinfetante mais usado para purificação da água é o cloro. Isto ocorre, pois o cloro é um agente de baixo custo, possui alta solubilidade ($7,0 \text{ g L}^{-1}$ a $20 \text{ }^\circ\text{C}$), a concentração do residual em solução é facilmente detectável e ainda é capaz de destruir a grande maioria dos patógenos presentes na água. No entanto o cloro possui certas desvantagens podendo ser um gás corrosivo e venenoso devendo ser manuseado com cuidado. O cloro é adicionado de tal forma que ao fim do tempo de contato o cloro residual livre esteja entre $0,1$ e $0,2 \text{ mg L}^{-1}$ na água (RICHTER e AZEVEDO NETTO, 2015).

Além da desinfecção a cloração possui outras funções, devido ao poder oxidante do cloro, como controle de sabor e odor, remoção de sulfetos de hidrogênio e remoção de cor dentre outras finalidades (RICHTER, 2011).

O cloro reage com a água originando ácido hipocloroso que se dissocia em íon hipoclorito resultando em cloro residual livre. A prevalência de ácido hipocloroso em detrimento do íon hipoclorito dependerá do pH da água. O ácido hipocloroso possui uma maior capacidade de oxidação e sua predominância aumenta a eficiência da etapa de desinfecção sendo que o pH ideal para desinfecção é $8,0$ (LIBÂNIO, 2010)

Os agentes químicos devem destruir organismos em um tempo razoável, não devem ser tóxicos ao ser humano, possuir um custo razoável, medição da concentração de forma rápida e deixar residuais persistentes na água para garantir a desinfecção. Pode se citar alguns desinfetantes tais como o cloro, bromo, iodo, dióxido de cloro, ozônio, dentre outros (DI BERNARDO e DANTAS, 2005).

O oxidante cloro é o mais usado, mas devido ao fato de gerar subprodutos já estão sendo pesquisados agentes oxidativos alternativos. A escolha do desinfetante vai depender crucialmente das características da água bruta e deve garantir que não ocorra crescimento de organismos no sistema de abastecimento de água. O cloro devido ao seu poder oxidativos promove alterações na parede celular de bactérias alterando os processos bioquímicos levando a morte celular (RICHTER, 2011).

Na etapa de desinfecção a característica química da água mais importante a ser considerada é o pH podendo haver uma pequena interferência da temperatura. Ao efetuar a

cloração da água ocorre a dissociação em ácido hipocloroso (HOCl) e formação do íon hipoclorito (OCl⁻). O ácido hipocloroso é de 40 a 80 vezes mais efetivo na destruição dos patógenos que o íon hipoclorito e sua dissociação aumenta com a elevação do pH. Posteriormente o ácido hipocloroso pode se combinar com a amônia formando cloramidas, ou seja, compostos clorados (MEYER, 1994).

Ainda de acordo com o mesmo autor os compostos clorados gerados contribuem para concentração de cloro residual como as monocloraminas (NH₂Cl), dicloraminas (NHCl₂) e tricloraminas (NCl₃). A oxidação das cloramidas gera alguns compostos dentre eles o HCl, N₂, após a oxidação das cloramidas o cloro converte-se em cloro livre. Para as águas superficiais brasileiras a temperatura encontra-se numa faixa de 20 ± 3 °C e o pH ótimo para desinfecção entre 6,5 ± 0,5 resultando em percentual de ácido hipocloroso de até 95 % .

A adição de cloro á água altera o pH e em decorrências disso são necessários tanques de contato na ETA nos quais a água tratada permanece de 15 a 30 minutos para correção do pH (RICHTER, 2011).

De acordo com o MS (2006), existem diferentes tipos de desinfetantes e processos físicos ou químicos. Os processos físicos vão desde a fervura da água até o uso de luz ultravioleta ou raio gama. Uso de raios ultravioleta que por meio de comprimento de onda de 200-260 nm agem no DNA e RNA impedindo a replicação dos agentes patógenos.

Os processos químicos podem ser usados halogênios como cloro, iodo e bromo que possuem poder de oxidação O ozônio é um desinfetante que age na desestabilização da membrana celular fazendo com que esta perca sua função no metabolismo celular e destruindo outros componentes celulares. A cal é usada para corrigir valores elevados de pH 10 ou mai) (M.S., 2006).

O processo de desinfecção pode gerar alguns subprodutos os mais importantes são os trihalometanos (THM) são resultado da cloração com teor de matéria orgânica e estudos toxicológicos demonstram propriedades carcinogênicas desses subprodutos. A concentração máxima permitida de THM em águas de abastecimento no Brasil é de 100 µgL⁻¹. (GUIMARÃES, 2010).

2.2.1.5 Reservação

A unidade de reservação tem como finalidade garantir a demanda de água diária da população. Durante o tempo de residência ou detenção nos reservatórios pode ocorrer crescimento bactérias nitrificantes e sua aclimação ao pH e ao residual de cloro presentes na

água devido a queda de sua concentração. Quanto maior o tempo de permanência da água no reservatório menor é a concentração de cloro livre (BRASIL, 2006).

Considera-se ainda que a água armazenada em reservatórios possui como finalidade: manter a regularidade do abastecimento, mesmo quando é necessário paralisar a produção para manutenção em qualquer uma das unidades do sistema; atender às demandas extraordinárias, como as que ocorrem nos períodos de calor intenso ou quando, durante o dia, usa-se muita água ao mesmo tempo (na hora do almoço, por exemplo). Quanto à sua posição em relação ao solo, os reservatórios são classificados em subterrâneos (enterrados), apoiados e elevados (DI BERNARDO e DANTAS, 2005).

2.3 PARÂMETROS DE QUALIDADE DE ÁGUAS PARA CONSUMO HUMANO

O curso de água possui uma capacidade de autodepuração e diluição dos poluentes que recebe, porém, a recuperação total do manancial é difícil fazendo-se necessária adição de substâncias químicas para eliminação de eventuais patógenos através de técnicas de tratamento que tornam a água potável e sem riscos para a saúde da população (PHILIPPI JÚNIOR, 2005).

As relações sócio-ecológicas, que tratam a água como uma mercadoria visando o desenvolvimento econômico negligenciam a preocupação com a contaminação, acarretam na transformação da qualidade da água gerando alterações físico-químicas e microbiológicas (RUSCA, 2017).

Os microrganismos patogênicos geralmente associados às doenças de veiculação hídrica são bactérias, vírus, protozoários, helmintos e algas. E para assegurar que a água não esteja contaminada deve passar por um processo de desinfecção (YAMAGUCHI, 2013).

Os principais parâmetros físicos, químicos e microbiológicos, bem como os seus respectivos valores para a água de consumo humano estão previstos na Portaria N° 2.915 de 2011 do MS.

2.3.1 Parâmetros físicos

A percepção do homem nas alterações da qualidade da água ocorre através de seus sentidos devido às características físicas da água, pois se espera que essa seja transparente,

sem cor e sem cheiro. Porém, na natureza a água usualmente possui cor, cheiro e por vezes até gosto (MACÊDO, 2007).

Os parâmetros temperatura, cor, turbidez, absorvância, sólidos totais, condutividade elétrica e pH tratam das características físicas da água. São bons indicadores da qualidade da água de abastecimento e geram um impacto visual imediato no consumidor devido à turbidez, cor, sabor e odor e podem originar em rejeição da água distribuída pela concessionária (LIBÂNIO, 2010).

2.3.1.1 Temperatura

A variação da temperatura da água não acarreta danos à saúde e os padrões brasileiros não estabelecem uma temperatura máxima da água para consumo humano. Porém a temperatura pode afetar nos processos de coagulação, sedimentação e flotação nas ETA (LIBÂNIO, 2010).

A temperatura pode afetar as reações químicas, solubilidade das substâncias, concentração de oxigênio dissolvido, formação de subprodutos da desinfecção, recrescimento dos microrganismos e a corrosão das tubulações de abastecimento (SA'EED; MAHMOUD, 2014).

Os fatores que influenciam na variação da temperatura são a incidência solar, que muda com o clima e a latitude. Em países tropicais como o Brasil a variação da temperatura é pequena, sendo está uma vantagem para o tratamento da água, porém, nas regiões sudeste e sul do país no período do inverno a temperatura pode variar de 5 a 15 °C e em alguns casos chegando ao ponto de congelamento (YAMAGUCHI, 2013).

2.3.1.2 Cor

A água de mananciais superficiais não é pura devido a substâncias dissolvidas, substâncias em estado coloidal e material particulado que dão origem há uma coloração na água que é denominada de cor aparente. Diante disso, é possível tornar a água incolor por meio da retirada das partículas passando por um processo de deposição (LENZI, FAVERO, LUCHESE, 2014).

A cor da água é medida por meio da reflexão da luz em coloides com dimensão inferior a 1 µm, dissolvidas de origem mineral e orgânica. Pode-se dizer que a cor da água é caracterizada pela capacidade em absorver certas radiações do espectro visível. O processo de

remoção da cor pode ser feito por coagulação e filtração ou oxidação química (RICHTER, 2011).

Em água de abastecimento público para atingir o padrão de potabilidade a cor aparente não deve ultrapassar 15,0 uH (BRASIL, 2011). A elevação da cor influencia na eficiência de filtração, pois há dessa forma um maior número de partículas nas unidades filtrantes aumentando a frequência de limpeza dos filtros (PHILIPPI JÚNIOR, 2005).

Devido ao material em suspensão as águas podem parecer que possuem coloração devido à reflexão e dispersão da luz nessas partículas o que caracteriza a cor aparente. A cor verdadeira ou real se dá devido à presença de substâncias dissolvidas e coloides (MACÊDO, 2007).

Ainda segundo o mesmo autor, a diferença entre cor verdadeira e cor aparente é dada pela diferença de tamanho da partícula. Partículas com diâmetro maior que 1,2 µm causam turbidez na água e partículas inferiores a esse tamanho estão na classe dos coloides e substâncias dissolvidas caracterizando a cor verdadeira.

2.3.1.3 Turbidez

De acordo com Richter (2011), a turbidez é uma propriedade ótica da água que causa a dispersão e absorção de um feixe de luz incidindo em uma amostra, em vez de sua transmissão em linha reta.

A turbidez das águas naturais se deve a concentração de partículas suspensas e coloides como fragmentos de argila, silte, microrganismos, matéria orgânica e inorgânica. A sua determinação como padrão da qualidade da água é usada nacional e internacionalmente devido a simplicidade e rapidez juntamente com o baixo custo do equipamento usado para sua definição (LIBÂNIO, 2010).

A presença de partículas em suspensão de tamanho e natureza variados acarretam turbidez á água podendo dificultar a escolha do tratamento mais adequado. A turbidez com valores elevados causa problemas nas etapas de clarificação da água que envolve a coagulação e a e filtração. O pH e alcalinidade também são afetados. Em locais aonde ocorrem chuvas torrenciais e conseqüentemente há um aumento de turbidez é interessante a instalação de um pré-sedimentador para que as etapas subsequentes do tratamento não sejam prejudicadas (RICHTER, 2011).

De acordo com a Portaria N° 2.914 de 2011 do MS o VMP para água filtrada por filtração rápida é de 0,5 uT e para filtrada por filtração lenta 1,0 uT. O limite de turbidez deve

ser verificado no mínimo diariamente para desinfecção ou filtração lenta e no mínimo a cada duas horas para filtração rápida.

2.3.1.4 Absorvância

Absorvância é a quantidade de radiação eletromagnética absorvida por átomos e moléculas presentes em uma amostra de água. A energia eletromagnética luminosa atravessa uma solução contendo átomos e moléculas, parte desta radiação é absorvida e o restante é transmitido. A radiação absorvida, por sua vez, depende da quantidade de moléculas presentes (concentração da solução) e da estrutura destas moléculas (ROCHA; TEIXEIRA, 2004).

A espectroscopia de absorção molecular baseia-se na interação da matéria com a energia radiante. A absorção ocorre em moléculas que apresentam elétrons que podem ser promovidos a níveis de energia mais elevados, ou seja, que sofrem uma transição eletrônica mediante a absorção de energia. É possível observar uma banda de absorção chamada de espectro ultravioleta-visível (UV-VIS). Essas análises usam o espectrofotômetro UV-VIS, instrumento que mede a quantidade de luz (dos comprimentos de luz do visível, do ultravioleta próximo e infravermelho próximo) que atravessa a amostra (PARRON, MUNIZ, PEREIRA, 2011).

De acordo com o mesmo autor, se a substância de interesse a ser analisada for colorida, a leitura será realizada na faixa visível. Porém, se o composto de interesse presente na solução não for colorido, mas apresentar absorção, a leitura poderá ser realizada na faixa ultravioleta próximo (200 nm a 380 nm). A energia que é absorvida da luz incidente transforma a molécula de um estado de repouso para um estado excitado. O resultado é que nem toda a luz dirigida à amostra será transmitida para o outro lado.

2.3.1.5 Sólidos Totais

Sólidos totais são partículas que não podem ser retidas no processo de filtração e permanecem após a secagem total da amostra. Seu diâmetro pode ser inferior a 10^{-3} μm o que torna difícil sua retenção na filtração. O padrão de potabilidade de sólidos totais dissolvidos possui limite de 1.000 mg L^{-1} podendo afetar a qualidade organoléptica da água tratada (BRASIL, 2006).

Sólidos totais é a soma de todos os constituintes químicos dissolvidos na água. A sua principal aplicação é na qualidade estética da água potável e como um indicador da presença

de produtos químicos contaminantes. As principais fontes em águas superficiais são agrícolas, escoamento superficial do solo e de fontes pontuais de descarga das águas residuárias de indústrias e estações de tratamento de esgoto. As substâncias dissolvidas podem conter íons orgânicos e íons inorgânicos (como o carbonato, bicarbonato, cloreto, sulfato, fosfato, nitrato, cálcio, magnésio e sódio) (PARRON, MUNIZ, PEREIRA, 2011).

De acordo com o mesmo autor no caso de água potável a determinação dos sólidos implica na qualidade da mesma, pois uma quantidade excessiva de qualquer tipo contribui de forma negativa nos parâmetros de cor, turbidez e microbiológicos

2.3.1.6 Condutividade Elétrica

A condutividade é a capacidade que a água possui de transmitir a corrente elétrica devido à presença de substâncias favoráveis a formação íons e cátions. A condutividade elétrica depende além da concentração de íons presentes em solução como também da temperatura da água. Demonstra a concentração total de íons em solução (LIBÂNIO, 2010).

Equivale à diferença de potencial e para a determinação da condutividade elétrica, é utilizado um aparelhos denominado condutivímetro, que se baseia na intensidade da corrente elétrica que circula entre os eletrodos, localizados na célula de medição, que são imersos na amostra que se deseja medir (PARRON, MUNIZ, PEREIRA, 2011).

De acordo com o mesmo autor a medição da condutividade é um procedimento muito sensível, pois qualquer espécie com carga elétrica presente numa solução, contribuirá para a condutância total.

2.3.2 Parâmetros químicos

Parâmetros químicos são importantes para que o tratamento de água ocorram de forma adequada e satisfatória obedecendo aos limites estabelecidos na Portaria N° 2914 do MS (BRASIL, 2011). Para um adequado tratamento da água é necessário entender como os fenômenos químicos ocorrem na água, tais como as reações de ácido-base, oxidação-redução, complexação, solubilização e interações interfaciais (MACÊDO, 2007).

2.3.2.1 Potencial Hidrogeniônico (pH)

O pH é um parâmetro que interfere nos processos de potabilização, tais como a coagulação e a desinfecção, sendo assim é o parâmetro monitorado mais frequente nas estações de tratamento de água (ETA). Valores acima de pH 7 indicam condições básicas e valores abaixo indicam condições ácidas sendo que o pH da água natural varia entre 6,0 a 8,5 (LIBÂNIO, 2010).

Richter (2011) salienta a importância da medição do pH nas diversas fases do tratamento como na coagulação, floculação, desinfecção e no controle da corrosão. O pH é medido por um aparelho denominado de pHmetro constituído de um tubo com uma fina e delicada membrana de vidro. No interior do vidro há uma solução de ácido clorídrico (HCl) com concentração H^+ que mede a diferença de potencial elétrico entre a água e o eletrodo.

O pH pode interferir em outros parâmetros como por exemplo a cor. Durante o tratamento da água, de acordo com a Portaria n° 2.914 do MS, o pH deve ser corrigido a aproximadamente 7, pois quando o pH é ácido a água pode se tornar corrosiva e quando estiver básico pode formar incrustações nas tubulações. A correção de um pH em águas alcalinas é realizado por meio da adição de ácido sulfúrico (H_2SO_4) e para águas com pH ácido é usado hidróxido de cálcio ($Ca(OH)_2$) para correção (LENZI, FAVERO, LUCHESE, 2014).

2.3.2.2 Oxigênio Dissolvido (OD)

A concentração de OD em águas naturais é um indicador de qualidade, já que as plantas aquáticas produzem oxigênio enquanto microorganismos geralmente o consomem ao alimentarem-se de poluentes (LENZI, FAVERO, LUCHESE, 2014).

A concentração de OD na água vai depender da concentração e do tipo de matéria orgânica que está presente. Em águas límpidas a concentração de O_2 é alta (LENZI, FAVERO, LUCHESE, 2014).

A saturação de oxigênio na água é uma função da temperatura e pressão desta forma a concentração de sólidos dissolvidos em grande quantidade também pode afetar a solubilidade do oxigênio (VESILIND; MORGAN, 2015).

2.3.3 Parâmetros bacteriológicos

Parâmetros bacteriológicos são importantes para determinar a presença de organismos patogênicos como bactérias e vírus, pois diversas doenças podem ser transmitidas pela água.

Há uma grande variedade de tipos de patógenos e cada um deles possui uma forma específica de detecção e em alguns casos estão em concentrações extremamente reduzidas impossibilitando detectá-los (VESILIND e MORGAN, 2015).

2.3.3.1 Coliformes Totais

A presença de bactérias e microrganismos nas águas superficiais é elevada e um grande número desses organismos, tais como vírus, bactérias, protozoários e helmintos podem causar graves doenças. Richter (2011) destaca que as bactérias coliformes cumprem os requisitos básicos sendo um parâmetro determinante da qualidade bacteriológica da água por serem organismos mais resistentes e facilmente isolados. Desta forma, quando as bactérias do grupo coliforme estiverem presentes na água pode-se afirmar uma contaminação devido à presença de matéria orgânica em decomposição na água.

A Portaria N° 2.914 do MS estabelece que para água tratada não deve haver resultados positivos, ou seja, ausência de coliformes totais nos testes. Caso ocorram resultados positivos ações corretivas devem ser tomadas imediatamente. A Portaria determina que nenhuma água deve ser consumida sem que atenda aos padrões. No caso de quaisquer concentrações de coliformes totais, o local de consumo deve ser interditado e realizada a higienização e desinfecção do ponto. Posteriormente, uma nova coleta e análise da água devem ser efetuadas com o objetivo de certificar que os procedimentos assegurem uma água livre de coliformes totais.

2.4 ASPECTOS LEGAIS

A finalidade da análise de todos esses parâmetros é obter um controle de qualidade da água para abastecimento humano seguindo normas e legislações vigentes que estabelecem os indicadores de qualidade da água. Essas normas regulamentam o uso dos recursos hídricos e controlam a qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade (VESILIND e MORGAN, 2015).

No Brasil as primeiras medidas legais básicas pertinentes ao uso da água são a Constituição Federal de 1988, a Lei 9.433, de 08/01/1997 e o Decreto Federal 24.643, de 10/07/1934 que estabeleceu o Código de Águas.

O Código de Águas garantia o uso gratuito de qualquer manancial de água, para abastecimento humano. Dá-se a preferência do uso da água pública para abastecimento das

populações em detrimento dos outros usos como para aplicação na agricultura e indústria (VASCONCELOS, 2013).

No Brasil a Constituição Federal de 1988 no seu Capítulo IV faz menção as normas amplas de proteção ambiental e no seu artigo 225 assegura “Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações”. A constituição ainda estabelece em seu artigo 26 que todas as águas superficiais e subterrâneas são de domínio público (BRASIL, 1988).

A Lei Nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e estabelece o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (PNRH), e é um marco para gestão de recursos hídricos no Brasil (BRASIL, 1997).

No ano de 1997 ocorreu uma evolução em relação à legislação dos recursos hídricos com a criação do Conselho Nacional de Recursos Hídricos e da Agência Nacional da Água (ANA) Igualmente nos Estados, aprovam-se legislações estaduais e o estabelecimento de instrumentos de gerenciamento como os Comitês e Agências de Bacias. Em seu artigo 2º define: “I - assegurar á atual e ás futuras gerações a necessária disponibilidade de água em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos” (TUCCI *et al.*, 2001).

O objetivo da PNRH é assegurar o direito do cidadão há uma água de qualidade dentro dos padrões de potabilidade estabelecendo normas para uso e consumo deste recurso. Levando em consideração o grande número de atividades que resultam na deterioração desse recurso natural limitado faz necessário um tratamento dessa água para posteriormente servir ao consumo humano (BRASIL, 1997).

A Lei das Águas possibilitou no Brasil a descentralização da gestão da bacia hidrográfica. O Poder Público delegou uma parcela do poder aos usuários da água e á sociedade civil organizada. Os Comitês de Bacia Hidrográfica juntamente com o Conselho Nacional ou Estadual de Recursos Hídricos compartilham o poder decisório. A Lei autoriza a delegação às futuras Agências de Água da cobrança pelo uso da água, mas mantém com o Poder Público o poder de outorgar dos direitos de uso (TUCC *et al.*, 2001).

A Portaria Nº 2.914 de 2011 do MS em vigor no Brasil estabelece os padrões de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Determina que água potável seja aquela que atenda ao padrão de potabilidade estabelecido nesta Portaria e que não ofereça riscos à saúde instituindo ainda parâmetros físicos, químicos e biológicos sendo de responsabilidade das autoridades governamentais a

vigilância da qualidade da água para abastecimento público (BRASIL, 2011).

Quando se trata dos procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade faz-se necessário o uso da Portaria N° 2.914 de 12 de dezembro de 2011 do MS que define em seu Artigo 5°

[...] I-água para consumo humano: água potável destinada à ingestão, preparação e produção de alimentos e à higiene pessoal, independentemente da sua origem; II-água potável: água que atenda ao padrão de potabilidade estabelecido nesta Portaria e que não ofereça riscos à saúde (BRASIL, 2011).

Além disso, garante a integridade do sistema, dos reservatórios e rede. Sendo de competência das Secretarias de Saúde dos Estados e dos municípios o controle da qualidade da Água. Desta forma as metodologias analíticas para determinação dos parâmetros de qualidade da água devem seguir as normas nacionais e internacionais definidas pela portaria. A tabela 2.4 apresenta os valores máximos permitidos para os padrões de qualidade da água para consumo humano estabelecidos pela portaria citada anteriormente (BRASIL, 2011).

Tabela 2.4 - Limite dos padrões de qualidade conforme Portaria N 2.914 de 2011 do MS.

Parâmetros	Água tratada VMP	Unidade
Coliformes totais	Ausente	NMP 100 mL ⁻¹
Turbidez ⁽¹⁾	1,0	uT
Cor	15	uH
Temperatura	-	°C
Oxigênio dissolvido	> 5,0	mg L ⁻¹ O ₂
pH	6,0 a 9,0	-
Sólidos totais	-	mL L ⁻¹
Absorvância	-	254 nm
Condutividade elétrica	-	uS cm ⁻¹

Fonte: Adaptado da Portaria N 2.914 do MS. Nota: (1) turbidez após filtração lenta.

Desta forma é possível observar que revisões e atualizações da legislação são importantes para manutenção da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade (VASCONCELOS, 2013).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste item estão apresentados os materiais e métodos utilizados para o desenvolvimento da pesquisa, a qual abrangeu atividades de campo como coletas de água bruta e tratada e análises laboratoriais realizadas no Laboratório de Águas e Ecotoxicologia da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS) *campus* Cerro Largo/RS.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O monitoramento da qualidade da água de consumo humano foi realizado em uma Estação de Tratamento de Água (ETA) localizada na região noroeste do estado do Rio Grande do Sul. O município situa-se na Mesorregião Noroeste Riograndense, possuindo uma população de 6.117 habitantes, de acordo com o censo demográfico do IBGE (2010), sendo que destes 2188 (35,77 %) residem na zona rural.

3.2 TRATAMENTO CONVENCIONAL

O tratamento convencional de potabilização de água contemplou o conjunto dos processos sequenciais de coagulação, floculação, decantação, filtração, desinfecção, fluoretação e correção de pH.

Na Figura 1 estão apresentadas as instalações de uma ETA semi-compacta localizada na região noroeste do estado do Rio Grande do Sul do tipo convencional.

Figura 1 - Vista da parte superior da ETA semi-compacta com Tratamento Convencional para a potabilização da água



Notas: (a) agitador mecânico; (b) unidade de decantação; (c) unidade de filtração. Fonte:Autor.

No tratamento convencional da ETA utilizou-se o agente coagulante sulfato de alumínio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$), adicionado na unidade de mistura rápida constituída por um agitador mecânico de $14,6 \text{ m}^3$ de volume. Neste processo, o sulfato de alumínio reage com a alcalinidade do meio formando substâncias com valor de carga superficial positiva os hidróxidos que atraem as cargas negativas dos coloides em suspensão formando partículas de diâmetro maior (flocos) que acabam sedimentando.

O agitador mecânico utilizado no processo de mistura rápida da água encontra-se apresentado na Figura 2, bem como o local de inserção do coagulante (Figura 3).

Figura 2 - Agitador mecânico



Fonte: Autor.

Figura 3 – Adição de $(Al_2(SO_4)_3)$



Fonte: Autor.

Posteriormente a coagulação realizavam-se os processos de clarificação constituídos pela floculação, decantação e filtração. A ETA possuía 2 decantadores de 5 m^3 cada totalizando 10 m^3 conforme pode ser visualizado na Figura 4.

Figura 4 - Unidade de Decantação



Fonte: Autor.

As partículas coloidais de menor dimensão que permaneciam após o processo de decantação eram condizidas para a unidade de filtração para a posterior remoção. A unidade de filtração da ETA possui 2 filtros com área filtrante de $2,4\text{ m}^2$ e $1,8\text{ m}^2$. A limpeza desta era realizada por meio de retrolavagem duas a três vezes ao dia para manter o padrão de turbidez inferior a $1,0\text{ uT}$.

Na Figura 5 pode-se visualizar a unidade de filtração da respectiva ETA.

Figura 5 - Unidade de Filtração



Fonte: Autor.

Os parâmetros turbidez e cor da água são reduzidos por meio da remoção de partículas em suspensão, coloidais e dissolvidas passando por todas estas etapas do processo de tratamento da água, com a finalidade de atender aos padrões de potabilidade exigidos pela Portaria N° 2914 de 2011 do MS.

A desinfecção é realizada com hipoclorito de sódio (NaClO) e posterior Fluoretação. A correção do pH foi realizada com carbonato de sódio (Na_2CO_3), sempre que identificado alto índice pluviométrico. Por fim, a vazão tratada por meio da ETA correspondeu a 10 L s^{-1} , sendo o volume de água gerado acondicionado em reservatório semi-enterrado com capacidade para armazenar 45 m^3 de água.

Figura 6 – Unidade de desinfecção e reservatório semi-enterrado



Notas: (a) unidade de desinfecção; (b) reservatório semi-enterrado. Fonte:Autor.

O reservatório semi-enterrado na ETA possibilitava o armazenamento de água tratada e mantinha a regularidade do abastecimento, mesmo em momento de paralização no

tratamento da água. Outra função do reservatório está relacionada a atender as demandas elevadas em horários de calor intenso ou picos de consumo.

3.3 PARÂMETROS ANALISADOS

Os parâmetros físicos, químicos e microbiológicos analisados para a identificação da eficiência do sistema de tratamento de água, bem como as referências metodológicas e equipamentos utilizados a cada análise estão descritos na Tabela 3.1.

Tabela 3.1. Parâmetros físico-químicos e microbiológicos analisados.

Parâmetro	Unidade	Referência metodológica	Equipamento
Absorvância a 254 nm	u.a	5910b APHA (2012)	Espectrofotômetro UV-Visível
Coliformes totais	NMP 100 mL ⁻¹	SM 9221C APHA (2012)	-
Condutividade	uS cm ⁻¹	2510 B APHA (2012)	Sonda YSI Professional Plus
Cor aparente	uC	2120 APHA (2012)	Espectrofotômetro UV-Visível
Oxigênio dissolvido	mg L ⁻¹ O ₂	4500 G APHA (2012)	Oxímêtro
pH		4500 APHA (2012)	pHmêtro HACH®
Sólidos Totais	mg L ⁻¹	2540 B APHA (2012)	-
Temperatura	°C	2550b APHA (2012)	Termômetro
Turbidez	uT	2130 APHA (2012)	Turbidímetro HACH 2100P

Notas: (pH) potencial Hidrogeniônico; (APHA) *American Public Health Association*, 2012. Fonte: Elaborado pelo autor.

Todas as análises foram realizadas em triplicata e seguindo a metodologia do Standard Methods da *American Public Health Association* (APHA, 2012).

3.3 Coleta e preservação das amostras

As coletas foram realizadas mensalmente durante seis meses do ano de 2017 no período de agosto a dezembro, entre os dias 01 e 05 do mês no período matutino (10 h) com a finalidade de minimizar a variabilidade das amostras.

Desta forma, foram coletadas amostras na entrada e na saída do tratamento da água proveniente do rio Tumurupará. Os parâmetros analisados a campo foram à temperatura e OD. Para a os demais parâmetros, posteriormente as coletas com o intuito de minimizar erros e variabilidades, foram efetuadas análises no Laboratório de Águas e Ecotoxicologia da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS) *campus* Cerro Largo, RS.

As amostras para análise dos parâmetros físico-químicos da água bruta e tratada na

ETA em estudo, foram acondicionadas em recipientes de vidro previamente esterilizados e com capacidade de 2 L.

As amostras para análise dos parâmetros microbiológicos da água bruta e tratada foram acondicionadas em recipientes de vidro esterilizados com capacidade de 200 mL, as quais se realizaram nos seguintes pontos: na entrada da água bruta e na saída da água tratada.

As técnicas de coleta, preservação e análise da amostra foram executadas de acordo com os métodos estabelecidos e descritos no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2012).

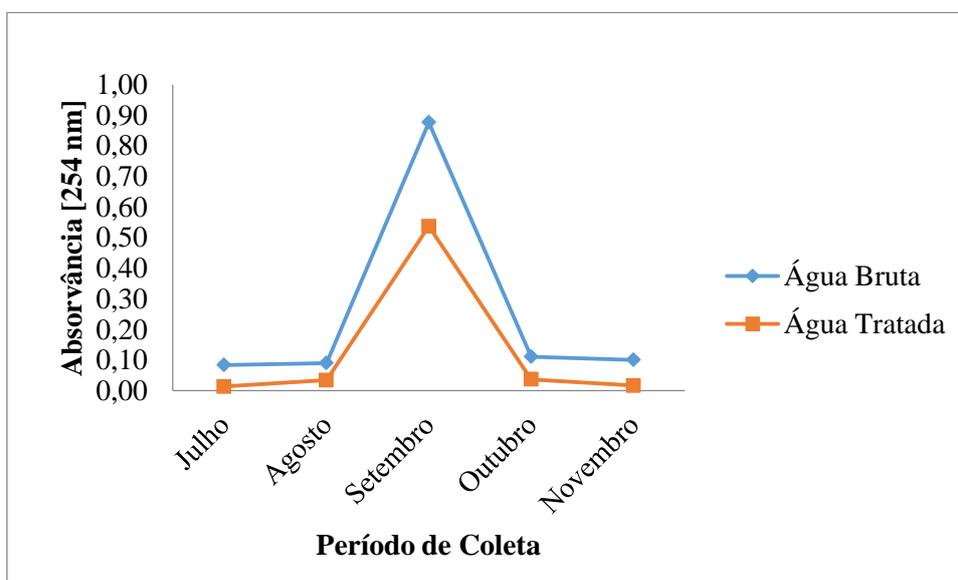
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste item estão descritos os resultados referentes às análises dos parâmetros físicos, químicos e biológicos da água bruta e da água tratada, afim de descrever a eficiência do tratamento convencional da água de abastecimento público na ETA e comparados aos valores máximo permitidos para o consumo humano conforme descrito na literatura e em normas de potabilidade de água.

4.1 ABSORVÂNCIA

Na Figura 7, pode-se observar que a absorvância da água bruta e tratada manteve valores praticamente constantes nos períodos de coleta. Para esse parâmetro não há VMP estabelecido na Portaria N° 2.914 de 2011 do MS.

Figure 7 - Valores de absorvância da água bruta e tratada



Fonte: Elaborado pelo autor.

Na Tabela 4.1 observam-se os valores de absorvância a 254 nm da água bruta e da água tratada por tratamento convencional e seu respectivo desvio padrão referente aos meses de monitoramento da qualidade da água de abastecimento público tratada por sistema convencional.

Tabela 4.1. Valores de absorvância 254 nm da água bruta e da água tratada e seus respectivos desvios padrão.

Período de coleta	Absorvância a 254 nm	
	Água Bruta	Água Tratada
Julho	0,084 ± 0	0,013 ± 0,005
Agosto	0,090 ± 0	0,034 ± 0
Setembro	0,877 ± 0	0,537 ± 0
Outubro	0,111 ± 0	0,037 ± 0
Novembro	0,100 ± 0	0,036 ± 0

Fonte: elaborado pelo autor.

Conforme descrito na Tabela 4.1, no mês de setembro houve o aumento no valor da absorvância a 245 nm da água bruta e conseqüentemente também da água tratada isso se deve pela presença (aumento) dos sólidos totais. É relevante destacar que a Portaria N° 2.914 de 2011 do MS não traz VMP para esse parâmetro.

Segundo Duarte (2011), os resultados de absorvância da água potabilizada para consumo humano está relacionada, se bruta, a compostos principalmente orgânicos como também inorgânicos presentes no manancial hídrico capazes de absorver radiação UV na faixa de comprimento de 200 a 260 nm, portanto os resultados de absorvância na água bruta estão relacionados a presença de nitrito, nitrato, brometo e ferro na forma ferrosa e férrica.

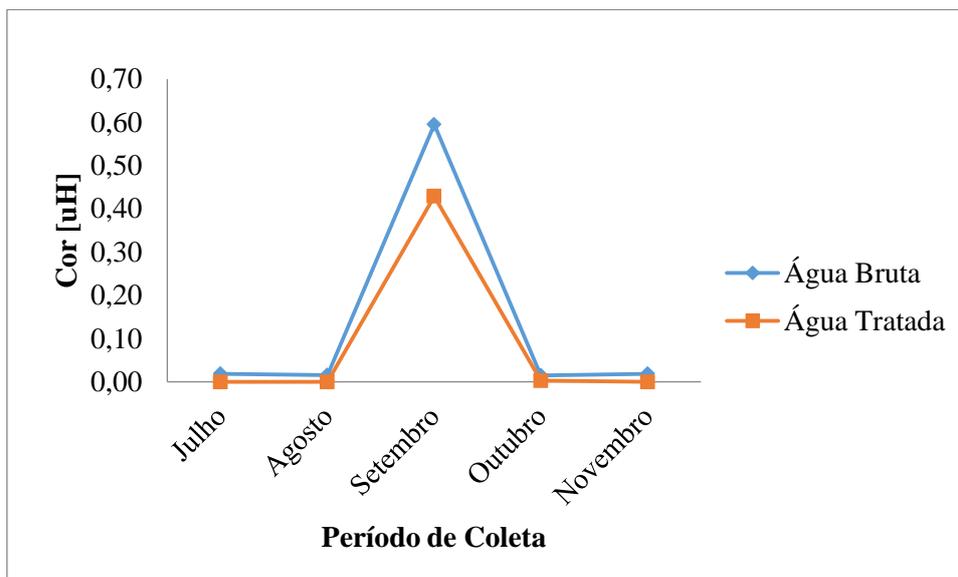
Considera-se que nas águas captadas para o abastecimento público, o valor da absorvância costuma apresentar reduzida variação e que a determinação da absorvância a UV 254 nm é uma alternativa rápida de obtenção de uma estimativa do conteúdo de matéria orgânica das amostras de água bruta ou tratada (PENITSKY, 2003).

Observa-se ainda eficiência quanto ao tratamento convencional de potabilização de água, pois houve redução nos valores respectivos a este parâmetro.

4.2 COR APARENTE

Conforme pode ser verificado na Figura 8, os resultados obtidos para o parâmetro cor estão abaixo do estabelecido pela Portaria N° 2.914 de 2011 do MS.

Figure 8 - Valores de cor da água bruta e tratada.



Fonte: elaborado pelo autor.

Na Tabela 4.2, podem-se observar os valores de cor aparente encontrados na entrada e saída do tratamento convencional da água, acompanhados de seus respectivos desvios padrão, bem como a eficiência encontrada em relação à sua eficiência de remoção.

Tabela 4.2 Valores da água bruta e tratada para o parâmetro cor, e seus respectivos desvios padrão e sua eficiência de remoção.

Períodos de Coleta	Cor (uH)		
	Água Bruta	Água Tratada	Eficiência de remoção (%)
Julho	0,019 ± 0,001	0 ± 0	100
Agosto	0,016 ± 0	0 ± 0	100
Setembro	0,595 ± 0	0,429 ± 0	27,9
Outubro	0,015 ± 0	0,003 ± 0	80,0
Novembro	0,019 ± 0,001	0 ± 0	100

Fonte: Elaborado pelo autor.

Conforme os resultados apresentados na Tabela 4.2, o mês de setembro apresentou o valor mais elevado em relação a cor aparente, tanto na entrada quanto na saída do tratamento. A baixa eficiência de remoção para o mês de setembro também pode estar relacionada a um período chuva anterior ao dia da coleta da amostra, uma vez que aumenta os sólidos totais presentes na água assim e a eficiência do processo pode decair. Nos meses de julho, agosto e novembro obtiveram-se as melhores eficiências de até 100 %, entretanto todos os valores

estão abaixo do estabelecido pela Portaria N° 2.914 de 2011 do MS o valor máximo permitido de cor aparente para água para abastecimento público é de 15 uH.

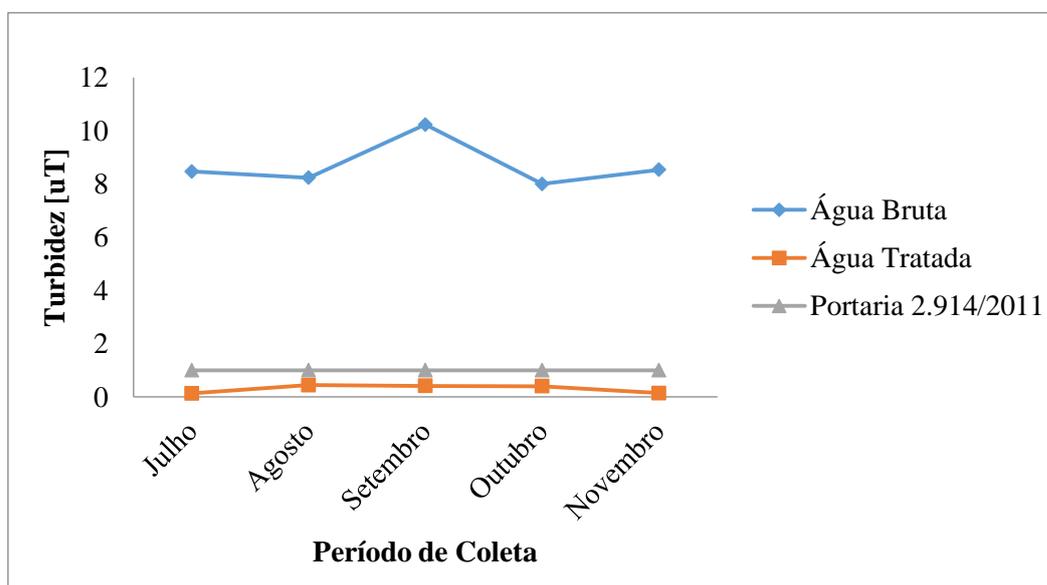
Considera-se ainda que a variação da cor aparente da água tratada está relacionada à cor aparente da água bruta, sendo esta resultado da variabilidade da qualidade da água em mananciais hídricos.

A remoção de cor presente na água bruta em comparação a tratada esta relacionada à desestabilização da dispersão coloidal, pois de modo geral, a maioria dos colóides dispersos em água apresentam carga negativa e por meio da etapa de desestabilização as impurezas são separadas da água, resultando conseqüentemente na menor turbidez após o tratamento (DI BERNARDO e DANTAS, 2005). Esta desestabilização foi realizada na etapa de coagulação.

4.3 TURBIDEZ

A turbidez teve uma variação pequena para água tratada e encontra-se dentro do VMP estipulado pela Portaria N° 2.914 de 2011 do MS de uT.

Figure 9 – Valores de turbidez da água bruta e tratada



Fonte: Elaborado pelo autor.

Na Tabela 4.3 é possível observar os valores obtidos para turbidez acompanhado do desvio padrão respectivo, bem como a eficiência de remoção do tratamento convencional para o parâmetro em questão.

Tabela 4. 2. Valores da água bruta e tratada para o parâmetro turbidez e seus respectivos desvios além da eficiência do Processo Convencional na remoção de turbidez.

Períodos de Coleta	Turbidez (uT)		
	Água Bruta	Água Tratada	Eficiência (%)
Julho	8,467 ± 0,44	0,133 ± 0,05	98,425
Agosto	8,233 ± 0,15	0,443 ± 0,09	94,615
Setembro	10,233 ± 0,15	0,413 ± 0,009	95,961
Outubro	8,000 ± 0,17	0,400 ± 0,020	95,000
Novembro	8,533 ± 0,387	0,14 3± 0,042	98,320

Fonte: Fonte: Elaborado pelo autor.

Conforme pode ser observado na Tabela 4.3, o mês de setembro obteve o maior valor de turbidez, no restante dos meses os valores de turbidez se mantiveram praticamente constantes na saída do tratamento. A eficiência de remoção de turbidez nesse semestre manteve-se acima dos 94 %.

Em 100 % das análises a eficiência ficou dentro dos valores máximo de 1,0 uT estabelecido pela Portaria N° 2.914 de 2011 do MS para água filtrada por filtração lenta.

A eficiência na remoção da turbidez está relacionada às etapas de coagulação/sedimentação e, posteriormente da filtração, pois a etapa da filtração é a última barreira contra as impurezas da água, sendo responsável por reter as partículas que não foram removidas na decantação, representando, portanto, um sistema capaz de corrigir falhas de processos anteriores (BERNARDO e PAZ, 2010; VIANNA, 1992).

Segundo Bernardo e Paz (2010), a remoção de turbidez se consolida como uma das formas de remoção de materiais particulados, bem como de possíveis protozoários presentes na água de abastecimento público, pois estes possuem facilidade em aderir à matéria orgânica e inorgânica que compõem a turbidez.

A sequência de tratamento que possibilitou a eficiência na remoção da turbidez encontra-se apresentada na Figura 10.

Figure 10 - Coagulação/sedimentação seguida de filtração

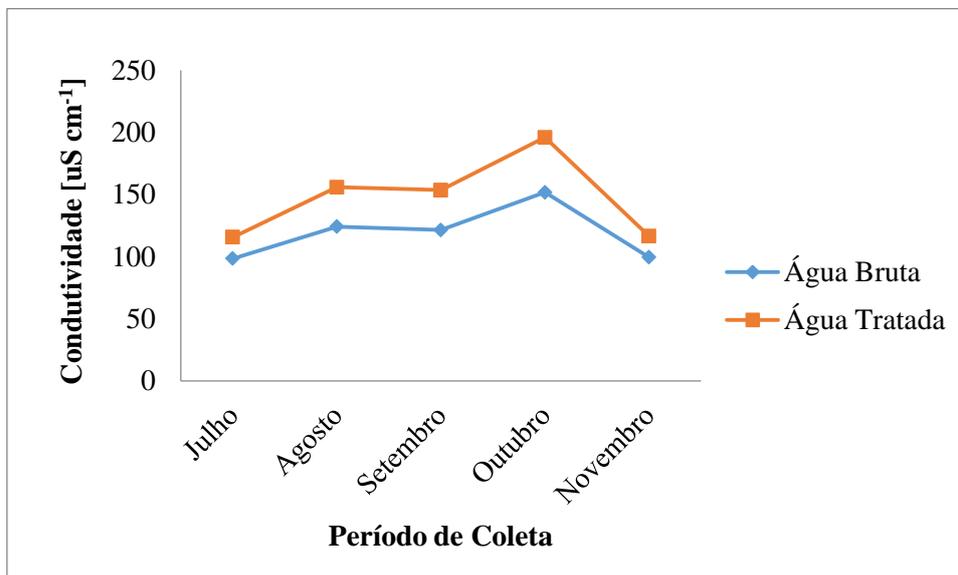


Fonte: Elaborado pelo autor

4.4 CONDUTIVIDADE ELÉTRICA

Na Figura 11, observa-se os valores de condutividade elétrica da água de abastecimento público tratada por sistema convencional.

Figure 11– Valores de condutividade elétrica para água bruta e tratada



Fonte: Elaborado pelo autor.

Na Tabela 4.4 é possível observar os valores de condutividade elétrica e seus respectivos desvios padrão, tanto para a água na entrada, como para saída do Tratamento Convencional.

Tabela 4. 3 - Valores obtidos para condutividade para água bruta e tratada e seus respectivos desvios padrão.

Períodos de Coleta	Condutividade (uS cm ⁻¹)	
	Água Bruta	Água Tratada
Julho	115,73 ± 0,19	98,45 ± 0,02
Agosto	155,82 ± 0,52	124,08 ± 0,01
Setembro	153,477 ± 0,046	121,477 ± 0,178
Outubro	195,850 ± 0,169	151,730 ± 0,172
Novembro	116,433 ± 0,309	99,517 ± 0,098

Fonte: elaborado pelo autor

Os valores de condutividade variaram de 98,45 ± 0,02 a 151,730 ± 0,172 uS cm⁻¹ para água bruta e de 115,73 ± 0,19 a 153,477 ± 0,046 uS cm⁻¹ para a água tratada. Percebe-se também que o menor valor registrado é para o mês de julho 115,73 ± 0,19 uS cm⁻¹ sendo este o menor valor registrado no período de análises.

Observa-se também que o maior valor para condutividade ocorreu no mês de outubro 195,850 ± 0,169 uS cm⁻¹ na saída para água tratada. Segundo a Agência Nacional das Águas (2017), a condutividade em águas doces naturais é inferior a 500 uS cm⁻¹.

Os valores de condutividade para a água tratada se manteve distante da faixa indicada pela CETESB (2009), a qual define que o valor máximo permitido para condutividade elétrica é de 100 uS cm⁻¹.

4.5 TEMPERATURA

Na Tabela 4.5 verificam-se as variações de temperatura ao longo dos cinco meses sequenciais (julho a novembro) de coleta tanto para a água bruta como para água tratada, os valores estão acompanhados do seu desvio padrão.

Observa-se na tabela que as menores temperaturas foram registradas nos meses de julho e agosto, tanto para água bruta como para a tratada, a maior temperatura foi registrado no mês de novembro.

Tabela 4. 4 - Valores de temperatura obtidos para água bruta e tratada e seus respectivos desvios.

Temperatura (°C)

Períodos de Coleta	Água Bruta	Água Tratada
Julho	15,00 ± 0,00	16,02 ± 0,02
Agosto	14,50 ± 0,00	14,52 ± 0,03
Setembro	17,00 ± 0,00	18,00 ± 0,04
Outubro	18,00 ± 0,02	19,00 ± 0,01
Novembro	17,00 ± 0,03	18,00 ± 0,07

Fonte: elaborado pelo autor

Conforme pode ser observado na Tabela 4.5, a menor temperatura registrada para água tratada foi no mês de julho $16,02 \pm 0,02$ °C, a maior ocorreu em novembro $19,00 \pm 0,01$ °C. Os valores de temperatura não apresentaram um comportamento constante, sendo que em 100 % das análises ela foi maior na água tratada.

Segundo a Portaria N° 2.914 de 2011 do MS em seus anexos IV, V e VI o tempo de contato mínimo (minutos) a ser observado para a desinfecção por meio da cloração, de acordo com concentração de cloro residual livre, com a temperatura e o pH da água. Os valores tabelados são de 5, 10, 15, 20, 25 e 30 °C para valores intermediários deve ser realizada interpolação. Cerca de 100 % das amostras encontram-se na faixa de temperatura entre 15 e 20 °C e, portanto, no que tange a temperatura e os valores ficaram dentro do estabelecido pela legislação.

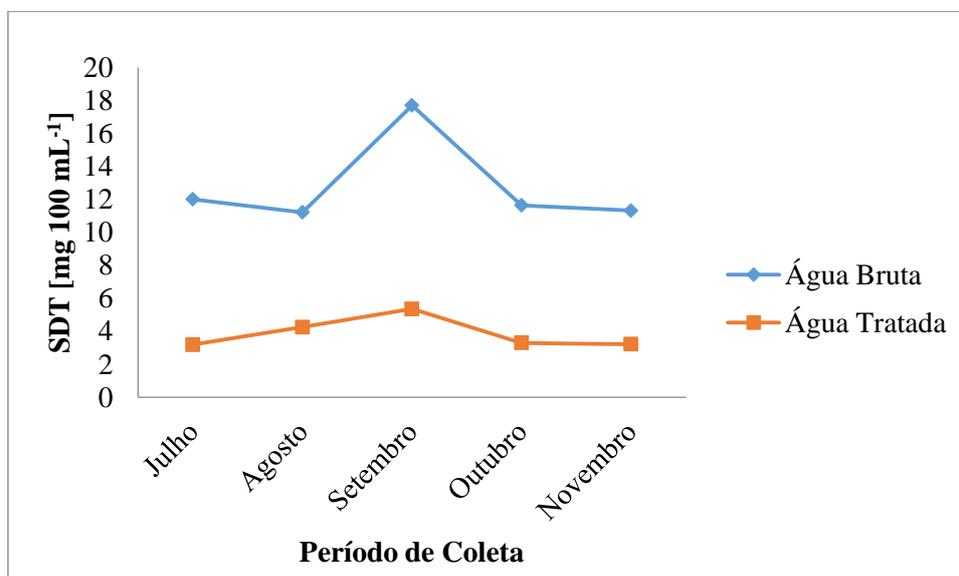
A temperatura na água pode interferir em alguns processos nas ETA, como a coagulação, sedimentação e flotação (BERNARDO e PAZ, 2010; LIBÂNIO, 2010).

No que diz respeito à água distribuída à população, a temperatura não representa um risco à saúde humana, porém é observada uma baixa aceitação de uma água mais quente, já que a dissolução de algumas substâncias pode conferir gosto às águas (PÁDUA e FERREIRA, 2006).

4.6 SÓLIDOS DISSOLVIDOS TOTAIS

Na Figura 12 estão apresentados os valores de sólidos dissolvidos da água de abastecimento público tratada por sistema convencional.

Figure 12 – Valores de sólidos dissolvidos totais para água bruta e tratada



Fonte: Elaborado pelo autor.

Na Tabela 4.6 estão apresentados os valores referentes aos sólidos totais para água bruta e tratada acompanhados de seus respectivos desvios padrão e eficiência.

Tabela 4. 5 Valores encontrados para sólidos dissolvidos totais e seu respectivo desvio padrão, e a eficiência de remoção do processo.

Período de Coleta	Sólidos totais (mg L ⁻¹)		
	Água Bruta	Água Tratada	Eficiência de remoção (%)
Julho	123,3 ± 0,715	31,9 ± 0,03	73,424
Agosto	112,167 ± 0,035	42,56 ± 0,082	62,059
Setembro	117,700 ± 0,074	53,57 ± 0,138	69,736
Outubro	116,37 ± 0,033	32,93 ± 0,017	71,699
Novembro	113,17 ± 0,027	32,18 ± 0,075	71,563

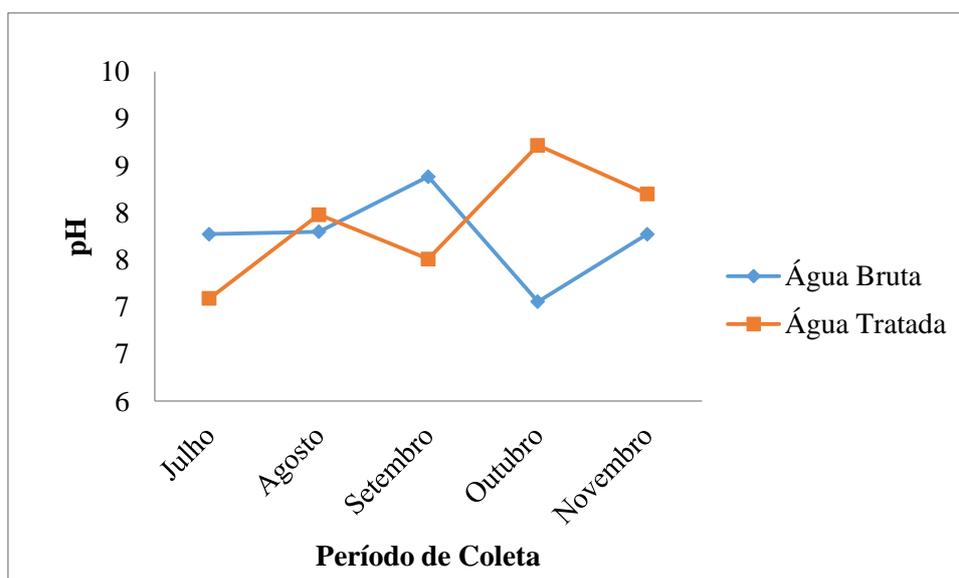
Fonte: Elaborado pelo autor

A Portaria N° 2.914 de 2011 do MS não estipula VMP para sólidos totais. De acordo com os dados obtidos, a máxima eficiência de remoção foi de 73,42 %, considerada bastante satisfatória para o sistema, pois o valor máximo permitido está de acordo com a legislação.

4.7 pH

Observa-se na figura 13, que os valores de pH permanecem próximos da neutralidade, variando entre 7,0 e 8,5 tanto para água bruta como para tratada.

Figure 13 – Valores de pH da água bruta e tratada.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Na Tabela 4.7 estão descritos os valores de pH para água bruta e tratada e seus respectivos desvios padrão para os meses de coleta.

Tabela 4.6 - Valores de pH da água bruta e tratada e seus respectivos desvios.

Período de Coleta	pH	
	Água Bruta	Água Tratada
Julho	7,77 ± 0,06	7,09 ± 0,01
Agosto	7,80 ± 0,01	7,88 ± 0,08
Setembro	8,383 ± 0,047	7,510 ± 0,017
Outubro	7,057 ± 0,063	7,377 ± 0,154
Novembro	7,773 ± 0,055	7,087 ± 0,012

Fonte: elaborado pelo autor

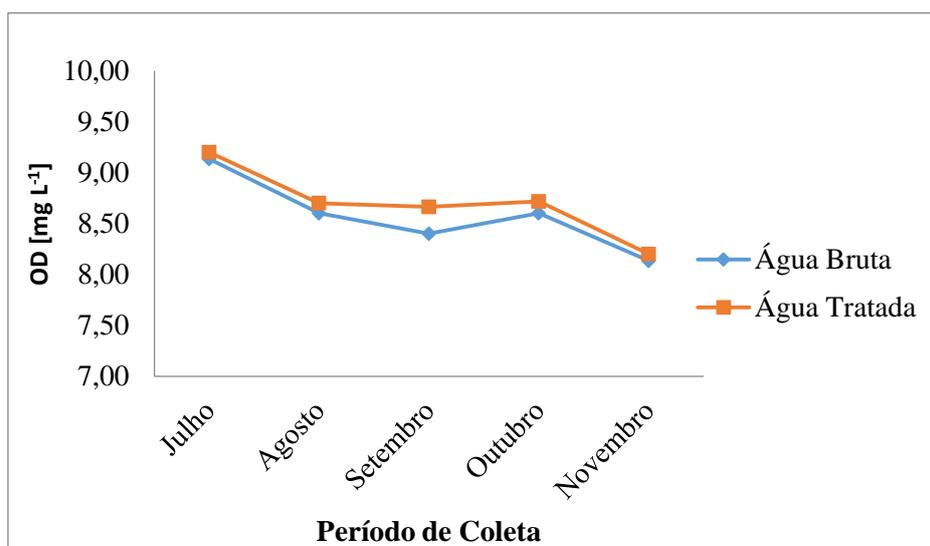
De acordo com Richter (2011), o valor do pH da água para abastecimento público deve estar entre a faixa de 6 a 9. O pH é padrão de potabilidade, recomendando-se que as águas para abastecimento público apresentem valores entre 6,0 e 9,0 de acordo com a Portaria N° 2.914 de 2011 do MS.

Segundo Bernardo e Paz (2010), o pH é fundamental para que os processos de coagulação, floculação, filtração e desinfecção ocorram eficientemente, sendo monitorado em todo o processo de tratamento. Além disso, o controle de pH na saída do tratamento tem a finalidade de conservar as redes de distribuição contra corrosões ou incrustações (LIBÂNIO, 2010). Por isso, o pH da água final deve ser controlado, para que os carbonatos presentes sejam equilibrados e não ocorra nenhum dos dois efeitos indesejados mencionados.

4.8 OXIGÊNIO DISSOLVIDO

Na figura 14 estão relacionados os valores de OD do período de coleta nos quais a concentração de OD encontra-se entre 7,5 e 9,5 mg L⁻¹ para o período de coleta.

Figure 14 – Valores de OD da água bruta e tratada.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Na tabela 4.8 é possível visualizar os valores correspondentes ao OD, tanto para água bruta como para água tratada como seus respectivos valores de desvio padrão.

Tabela 4. 7 Valores de oxigênio dissolvido para a água bruta e água tratada e seus respectivos desvios.

Período de Coleta	Oxigênio dissolvido (mg L ⁻¹)	
	Água Bruta	Água Tratada
Julho	9,13 ± 0,04	9,20 ± 0,08
Agosto	7,80 ± 0,013	8,713 ± 0,01
Setembro	8,400 ± 0,00	8,663 ± 0,083
Outubro	8,600 ± 0,00	8,717 ± 0,012
Novembro	8,133 ± 0,043	8,200 ± 0,082

Fonte: elaborado pelo autor

Os valores de OD mantiveram-se constantes ao longo do período de análises, é possível também observar que em todas as amostras de água bruta o parâmetro satisfaz a legislação isso deve ao fato de água superficial não conter uma alta taxa de matéria orgânica

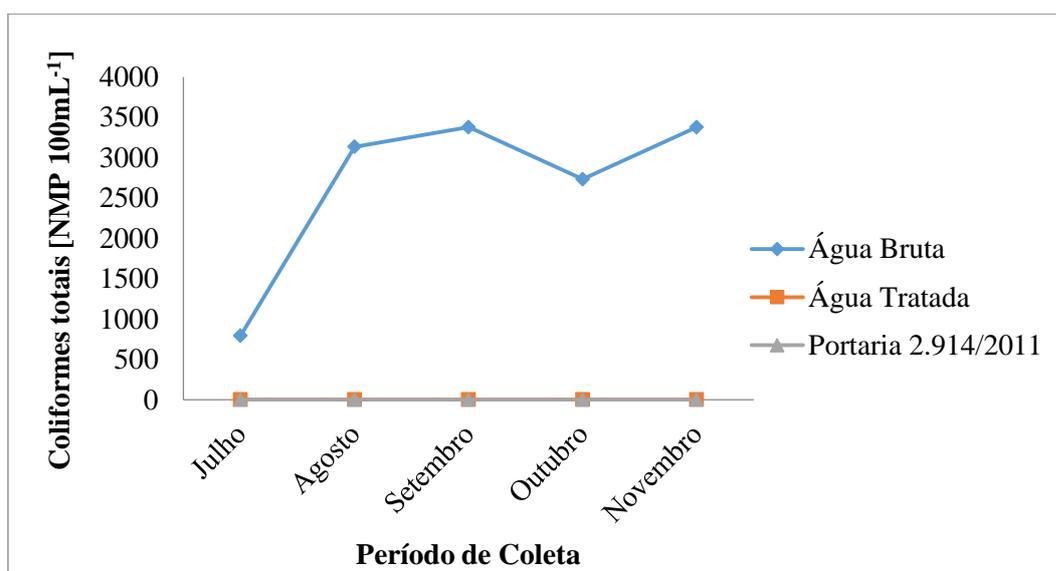
poluidora que ao ser degradado por organismos aeróbios acaba consumindo OD do manancial (MACÊDO, 2007).

De acordo com Parron *et al*, 2011 o OD de águas naturais não deve ser inferior a $4,0 \text{ mgL}^{-1}$. E para água tratada o OD não deve ser inferior a 5 mgL^{-1} .

4.9 COLIFORMES TOTAIS

Na Figura 15 observa-se a concentração de coliformes totais tanto para água bruta como para tratada. Para a água tratada a Portaria N ° 2.914 de 2011 do MS estabelece que deve ser ausente a presença de coliformes totais.

Figure 15 – Valores de coliformes totais para água bruta e tratada e o limite permitido pela Portaria N ° 2.914 de 2011 do MS em NMP 100 mL^{-1}



Fonte: Elaborado pelo autor.

Na Tabela 4.9, observam-se os valores de coliformes totais da água bruta e tratada.

Tabela 4. 8 - Valores de Coliformes totais da água bruta e tratada e seus respectivos limites

Período de Coleta	Coliformes Totais	
	Água Bruta	Água Tratada
Julho	$793,333 \pm 503,374$	0,00
Agosto	$3.133,333 \pm 1.404,226$	0,00
Setembro	$3.376,667 \pm 1.579,317$	0,00
Outubro	$2.733,333 \pm 1.650,477$	0,00
Novembro	$3.376,667 \pm 2.342,505$	0,00

Fonte: Elaborado pelo autor

Como pode ser visto na Tabela 4.9, a redução no NMP mL⁻¹ de coliformes totais foi eficiente em todas as amostras em que a eficiência de redução chegou a 100 %. Todos os valores obtidos ficaram dentro do valor máximo estabelecido pela Portaria N° 2.914 de 2011 do MS que é de ausência em 100 mL para água tratada para consumo humano.

A remoção de coliformes pode está associada a etapa de desinfecção, pois a reação do cloro com a água gera o ácido hipocloroso que possui um maior potencial oxidante e que, portanto, a predominância do mesmo no processo leva a uma maior eficiência de desinfecção, (LIBÂNIO, 2010).

Os resultados obtidos corroboram com Rego et al. (2010), os quais afirmam que a presença de coliformes totais em recursos hídricos deve ser interpretada de acordo com o tipo de água. Naquela que sofreu desinfecção, os coliformes totais devem estar ausentes.

4.10 EFICIÊNCIA DO TRATAMENTO CONVENCIONAL PARA A POTABILIZAÇÃO DE ÁGUA

De acordo com os parâmetros físico-químicos absorvância a 254 nm, cor aparente, condutividade, turbidez, sólidos totais, oxigênio dissolvidos e coliforme totais a ETA se mostrou eficiente na potabilização de água para abastecimento público.

Entretanto, é pertinente ressaltar que o atendimento a todos os parâmetros descritos na Portaria 2.914 de 2011 do MS se fazem necessário, a fim de evitar possíveis danos à saúde pública ocasionados pela ingestão de água.

5 CONCLUSÃO

Por meio das análises realizadas foi possível determinar os parâmetros físicos, químicos e microbiológicos da água bruta e tratada por tratamento convencional e a qualidade da água de abastecimento público servida á população urbana da ETA localizada na região noroeste do estado do Rio Grande do Sul.

A partir dos parâmetros analisados pode-se constatar que a água tratada por tratamento convencional para consumo humano encontra-se em conformidade com a legislação vigente, a Portaria N° 2.914 de 2011 do MS. Essa boa eficiência pode estar relacionada aos aspectos da água superficial natural, e também ao processo de tratamento utilizado de forma adequada e satisfatória.

Diante dos resultados obtidos para os parâmetros físicos, químicos e microbiológicos observados foi possível fazer uma análise comparativa da qualidade da água tratada em relação aos VMP estipulados pela Portaria N° 2.914 de 2011 do MS.

Na análise dos VMP dos parâmetros físicos, químicos e biológicos analisados estipulados pela legislação, constatou-se que após o tratamento da água com tratamento convencional, em 100 % dos meses analisado, a temperatura, o pH, a turbidez, cor e coliformes totais encontram-se dentro do limite aceitável para água tratada destinada ao consumo humano.

Com base no diagnóstico do tratamento convencional de água para consumo humano e com o propósito de adequar os parâmetros a legislação ambiental vigente a ETA apresentou resultados satisfatórios e no processo de tratamento convencional da água. Verificou-se que a qualidade da água produzida para consumo humano estava, no geral, dentro do padrão contribuindo, assim, com o bem estar e com a saúde pública.

Apesar da ETA ter se mostrado eficiente no tratamento da água para consumo humano e ter atendido ao que estabelece a legislação vigente para os parâmetros analisados, recomenda-se analisar um maior número de parâmetros, conforme descrito na Portaria N° 2.914 de 2011 do MS, principalmente os parâmetros químicos relacionados a agrotóxicos, devido ao fato da região noroeste do estado do Rio Grande do Sul ser uma grande consumidora dessas substâncias.

REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12.216: **Projeto de estação de tratamento de água para abastecimento público**. [S.n] Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. Washington: APHA, 21^a. Ed., 2012.

APHA - American Public Health Association. Standard methods for the examination of water e wastewater. New York, NY, 20 ed., 2005.

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

BOTERO, W. G. Caracterização de lodo gerado em estações de tratamento de água: perspectivas de aplicação agrícola. 2008. 97f. Dissertação (Mestrado em Química)-UNESP, Curso de Pós-Graduação em Química, Araraquara, 2008.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria 2914 de 12 de dezembro de 2011. Brasília, DF, 2011.

BRASIL. Lei nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997. **Política Nacional de Recursos Hídricos**. Brasília, DF, 1997.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF, 1988.

BRASIL. Lei nº 6.938 de 31 de agosto de 1981. **Política Nacional do Meio Ambiente**. Brasília, DF, 1981.

BRITO, C. S. de. Vigilância da concentração de flúor nas águas de abastecimento público na cidade de Passo Fundo – RS. **Cad. saúde colet**, Rio de Janeiro, n. 4, dez. 2016. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/cadsc/v24n4/1414-462X-cadsc-24-4-452.pdf> >. Acesso em: 10 ago. 2017.

CHAGAS, T. W.; G.; SALATI, E.; TAUK-TORNISIELO, S. Maria. *Sistemas construídos de áreas alagadas: Revisão da legislação e dos padrões de qualidade da água*. *Holos Environmental*. V. 12, n.1, 2012.

DI BERNARDO, L.; PAZ, L. P. S. Seleção de tecnologias de tratamento de água. São Carlos: LDiBe, 2010. p. 868.

ESTEVES, C. C. O regime jurídico das águas minerais na Constituição de 1988. 2012. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2012

GUIMARÃES, R. M. Ocorrência de cloro residual combinado no sistema de distribuição de água de Campina Grande (PB). Campina Grande, 2010.

IBGE. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 05 de Abr. 2010.

IBGE. Qualidade e eficiência das redes de saneamento. 2000. Disponível em:< https://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/atlas_saneamento/pdfs/cap02.pdf >. Acesso em: 15 jul. 2017.

LENZI, E.; FAVERO, L. O. B.; LUCHESE, E. B. Fontes e Tratamento da água. In: Introdução á química da água: ciência, vida e sobrevivência. Rio de Janeiro: LTC, 2014. p 443-451.

LIBÂNIO, M. Tecnologias de Tratamento. In: Fundamentos de Qualidade e Tratamento de água. 3. ed, Campinas: Átomo, 2010. p. 135-137.

MACÊDO, J. A. B. de. ÁGUAS & ÁGUAS. Belo Horizonte: CRQ-M, 2007. p. 1-43.

MEYER, S. T. O Uso de Cloro na Desinfecção de Águas, a Formação de Trihalometanos e os Riscos Potenciais à Saúde Pública. Cad. Saúde Públ., Rio de Janeiro, 10 (1): 99-110, 1994

MIERZWA, J. C.; HESPANHOL, I. Otimização do uso e reuso da água: necessidades e desafios. In: **Água na Indústria: uso racional e reuso**. São Paulo: Oficina de Textos, 2005.

MIERZWA, J. C. *et. al.* Tratamento de água para abastecimento público por ultrafiltração: avaliação comparativa através dos custos diretos de implantação e operação com os sistemas convencional e convencional com carvão ativado. **Engenharia Sanitária e Ambiental**: Rio de Janeiro. n. 1 Jan./Mar., 2008. Disponível em:< <http://www.scielo.br/pdf/esa/v13n1/a11v13n1.pdf>>. Acesso em: 10 ago. 2017.

MINISTERIO DA SAUDE (MS). Portaria n° 2.914 de 12 de dezembro de 2011.

MINISTÉRIO DA SAÚDE (M.S.). Vigilância e Controle da Qualidade da Água para Consumo Humano. Brasília, 2006.

MORAIS, A. W.; SALEH, B. B.; ALVES, W. S, *et al.* **Qualidade sanitária da água distribuída para abastecimento público em Rio Verde, Goiás, Brasil.** Cad. Saúde Colet., 2016, Rio de Janeiro. Disponível em:< <http://www.scielo.br/pdf/cadsc/v24n3/1414-462X-cadsc-24-3-361.pdf> >. Acesso em: 21, abril, 2017.

PÁDUA, V. L. DE; FERREIRA, A. C. DA S. Qualidade da água para consumo humano. In: Abastecimento de água para consumo humano. Belo Horizonte: UFMG, 2006. p. 153-221

PARRON, L. M.; MUNIZ, D. H de F.; PEREIRA, C. M. Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água. Colombo : Embrapa Florestas, 2011. p. 48-49.

PENITSKY, D. J. Coagulation 101. Em: Proceedings, Technology Transfer Conference, Universidade de Calgary, Alberta, Canadá, 2003.

PHILIPPI JÚNIOR, A. Águas de Abastecimento. In: **Saneamento, Saúde e Ambiente: Fundamento para um desenvolvimento sustentável.** São Paulo: Manole, 2005, p. 117-181.

REGO N. A. C., BARROS S. R., DOS SANTOS J. W. B., Avaliação espaçotemporal da concentração de coliformes termotolerantes na Lagoa Encantada, Ihéus – BA. Revista Eletrônica do Prodema, v. 4, n.1, p. 55-69, 2010.

RICHTER, C. A. Água: métodos e tecnologia de tratamento. Editora Edgar Blucher Ltda, São Paulo, 2011.

RICHTER, C. A.; AZEVEDO NETTO, J. M. de. Tratamento de Água. Rio de Janeiro: Edgar Blucher Ltda, 2015

ROCHA, J. C.; ROSA, A. H.; CARDOSO, A. A. Introdução à química ambiental. 2ª ed. Porto Alegre, Bookman, 2009.

ROCHA, F. R. P.; TEIXEIRA, L. S. G. estratégias para aumento de sensibilidade em espectrofotometria UV-VIS. Química Nova, 2004, São Paulo, v. 27, n. 5, p. 807-812.

RUSCA, M. *et al.* An interdisciplinary political ecology of drinking water quality. Exploringsocio-ecological inequalities in Lilongwe 's water supply network. **Elsevier**, Geoforum 84, London, p. 138-146, 2017.

SILVA, L. J. da; LOPES, L. G.; AMARAL, L. A. **Qualidade da água de abastecimento público do município de Jaboticabal, SP.** Eng Sanit Ambien. v.21 n.3,2016 p. 615-622. Disponível em:< <http://www.scielo.br/pdf/esa/v21n3/1809-4457-esa-21-03-00615.pdf> >. Acesso em: 21, abril, 2017.

SILVA; G. G. et al. Tratamento de água de reservatórios por dupla filtração, oxidação e adsorção em carvão ativado granular. Eng Sanit Ambien, Palmas, v.17, n.1, p. 71-80, 2012.

SILVA, M. P.; CAVALLI, D. R.; OLIVEIRA, T. C. R. M. Avaliação do padrão coliformes a 45°C e comparação da eficiência das técnicas dos tubos múltiplos e petrifilm EC na detecção de coliformes totais e *Escherichia coli* em alimentos. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v. 26, n. 2, p. 352-359, abr./jun. 2006.

SILVA, E. R. da. **Curso da água na historia: simbologia, moralidades e a gestão de recursos hídricos.** Rio de Janeiro: Fundação Oswaldo Cruz; 1998. 201 p.

SILVA, L. J. da; LOPES, L. G.; AMARAL, L.A. Qualidade da água de abastecimento público do município de Jaboticabal, SP. **Engenharia Sanitária e Ambiental.** n. 3 jul./set. 2016. . Disponível em:< http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522016000300615&lang=pt#B36>. Acesso em: 10 ago. 2017.

TUCCI, C. E. M.; HESPANHOL, I.; NETTO, O. de M. C. **Gestão da água no Brasil.** Brasília-DF: UNESCO, 2001. 156p.

VASCONCELOS, M. E. G. de. Avaliação ambiental estratégica para a gestão integrada e participativa dos recursos hídricos. In: Gestão sustentável dos recursos naturais: uma abordagem participativa. Campina Grande: EDUEPB, 2013, p. 295-318.

YAMAGUCHI, M. U. et al. Qualiidade microbiológica da água para consumo humano em instituições de ensino de Maringá-PR. **O Mundo da Saúde**, São Paulo, p. 312-320, 2013.

WESTPHALEN, A.P.C.; Corção, G.; Benetti, A.D. Utilização de carvão ativado biológico para o tratamento de água para consumo humano. **Engenharia Sanitária e Ambiental:** Porto Alegre. n.3. jul/set, 2016 . p.425-436. Disponível em:< http://www.scielo.br/pdf/esa/v21n3/1809-4457-esa-46-02-S1413_41522016143108.pdf>. Acesso em: 12 set. 2017.

