



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL



Fabricio Antônio Fraga

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Avaliação de desempenho da estação de tratamento de água Renato de Freitas em
Uberlândia/MG

UBERLÂNDIA

2018

Fabricio Antônio Fraga

Avaliação de desempenho da estação de tratamento de água Renato de Freitas em
Uberlândia/MG

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade
de Engenharia Civil (FECIV), da Universidade Federal de
Uberlândia como requisito parcial para obtenção do título
de bacharel em engenharia civil.

Orientador: Prof. MSc. Iridalques Fernandes de Paula

UBERLÂNDIA

2018

Avaliação de desempenho da estação de tratamento de água Renato de Freitas em
Uberlândia/MG

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Engenharia Civil (FECIV), da Universidade Federal de Uberlândia como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em engenharia civil.

Uberlândia, Julho de 2018.

Banca Examinadora:

Prof. Iridalques Fernandes de Paula
(Orientador)

Profa. Maria Lyda Bolanos Rojas
(Examinador - UFU)

Prof. Carlos Eugênio Pereira
(Examinador - UFU)

Agradecimentos

A Deus, minha força e auxílio nos momentos difíceis. Ao meu pai, grande companheiro e incentivador. À minha mãe, exemplo de pessoa e base para minha formação. Às minhas irmãs, amigas e conselheiras para todas as horas. Ao meu orientador Iridalques, pelos seus conhecimentos, sua paciência e sua orientação. Aos meus amigos, que fizeram parte dessa jornada e contribuíram para minhas conquistas.

Resumo

No presente trabalho busca-se analisar a qualidade da água produzida pela Estação de Tratamento de Água (ETA) Renato de Freitas em Uberlândia – MG, com base nos parâmetros de qualidade da água estabelecidos pela Portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde. É descrita a tecnologia de tratamento de água por ciclo completo utilizada nesta ETA após reforma e ampliação para a vazão de outorga máxima de 2 m³/s e são discutidos os resultados de análises obtidos a partir dos dados divulgados pelo Departamento Municipal de Água e Esgoto (DMAE) acerca dos parâmetros de potabilidade da água produzida pela ETA em 2017. De modo geral, observa-se que água tratada na ETA atende os requisitos da Portaria 2.914/2011.

Palavras chave: tratamento de água por ciclo completo, qualidade da água, Padrão de Potabilidade.

LISTAS E TABELAS

Tabela 1- Valores recomendados para os parâmetros hidráulicos da coagulação. Fonte: NBR 12216 (ABNT, 1992).....	17
Tabela 2-Valores recomendados para os parâmetros hidráulicos da floculação. Fonte: NBR 12216 (ABNT, 1992).....	18
Tabela 3- Valores recomendados para os parâmetros hidráulicos do decantador. Fonte: NBR 12216 (ABNT, 1992).....	19
Tabela 4 – Valores recomendados para os parâmetros hidráulicos dos filtros. Fonte: NBR 12216 (ABNT, 1992).....	20
Tabela 5– Padrão microbiológico da água para consumo humano. Fonte: Brasil (2011).....	25
Tabela 6 – Padrão de turbidez para água pós-filtração ou pré-desinfecção. Fonte: Brasil (2011)	26
Tabela 7– Metas progressivas de turbidez para águas filtradas.Fonte: Brasil (2011).	27
Tabela 8– Padrão de potabilidade para substâncias químicas que representam risco à saúde. Fonte: Brasil (2011).....	31
Tabela 9– Valores máximos permitidos e monitoramento para cianotoxinas e monitoramento para cianobactérias. Fonte: Brasil, 2011.....	33
Tabela 10 – Padrão organoléptico de potabilidade. Fonte: Brasil, 2011.....	34
Tabela 11 – Resultados para a turbidez da ETA Renato de Freitas de janeiro a dezembro de 2017. Fonte: DMAE (2018).....	45
Tabela 12– Resultados obtidos para coliformes totais de janeiro a dezembro de 2017. Fonte: DMAE (2018).....	47
Tabela 13 – Resultado para as bactérias heterotróficas. Fonte: DMAE (2018).	48
Tabela 14 – Resultado para as bactérias <i>Escherichia coli</i> e coliformes totais de Janeiro a Dezembro de 2017. Fonte: DMAE (2018).	49
Tabela 15 – Resultado para a cor aparente de janeiro a dezembro de 2017. Fonte: DMAE (2018)	50
Tabela 16 – Resultados referente ao pH. Fonte: DMAE (2018)	52
Tabela 17 – Padrões Organolépticos e os resultados obtidos de janeiro a dezembro de 2017. Fonte: DMAE (2018).	53
Tabela 18 – Resultado para o Cloro Residual de janeiro a dezembro de 2017. Fonte: DMAE (2018)	54

Tabela 19 – Resultados para Cianotoxinas Microcistinas de janeiro a dezembro de 2017. Fonte: DMAE (2018)	56
Tabela 20 - Resultados para Cianotoxinas Saxitoxinas de janeiro a dezembro de 2017. Fonte: DMAE (2018).....	56
Tabela 21 – Resultados para as substâncias químicas inorgânicas, orgânicas, agrotóxicos e produtos da desinfecção de janeiro a dezembro de 2017. Fonte: DMAE (2018).....	57
Tabela 22 – Resultados para os valores de flúor entre janeiro e dezembro de 2017. Fonte: DMAE (2018).....	60

LISTAS DE FIGURAS

Figura 1 - Certificado do <i>Guinness Book</i> da maior estação de tratamento de água do mundo. Fonte: CEDAE (2012).	Erro! Indicador não definido.
Figura 2 – Subgrupos de bactérias coliformes. Fonte: adaptado de <i>Washington State Department of Health</i> (2015).	23
Figura 3 – ETA Renato de Freitas. Fonte: Google Maps.	37
Figura 4-Chegada da Água Bruta. Fonte: DMAE (2018).	39
Figura 5 – Calha Parshall. Fonte: DMAE (2018).	39
Figura 6 – Floculadores Mecanizados. Fonte: DMAE (2018).	40
Figura 7 – Decantador de alta taxa. Fonte: DMAE (2018).	41
Figura 8 – Turbidez após a filtração ETA Renato de Freitas. Fonte: DMAE (2018).	42
Figura 9 – Filtro em concreto armado. Fonte: DMAE (2018).	42
Figura 10 – Filtro de aço. Fonte: DMAE (2018).	43

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

CC – Ciclo Completo

CEDAE – *Companhia Estadual de Águas e Esgotos*

DDD – *Diclorodifenildicloroetano*

DDE – *Diclorodifenildicloroetileno*

DDT – *Diclorodifeniltricloroetano*

DF – *Dupla Filtração*

DMAE – *Departamento Municipal de Água e Esgoto*

DSAST – *Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador*

E. coli – *Escherichia coli*

ETA – *Estação de Tratamento de Água*

FDA – *Filtração Direta Ascendente*

FDD – *Filtração Direta Descendente*

FF – *Floto-Filtração*

FIME – *Filtração em Múltiplas Etapas*

G – *Gradiente*

IGAM – *Instituto Mineiro de Gestão das Águas*

MS – *Ministério da Saúde*

PCQ – *Ponto de controle de qualidade*

pH – *Potencial hidrogeniônico*

PVC – *Policloreto de Vinila*

SVS – *Secretaria de Vigilância em Saúde*

TAS – *Taxa de aplicação superficial*

TMR – *Tempo de mistura rápida*

UFC/mL – *Unidade de Formação de Colônias por mililitro*

uH – *Unidade Hazen*

UTN – *Unidade de Turbidez Nefelométrica (NTU – Nephelometric Turbidity Unit)*

V_o – *Velocidade de escoamento*

Sumário

1 INTRODUÇÃO.....	13
2 OBJETIVOS.....	14
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
3.1 Tratamento por Ciclo Completo	16
3.1.1 Coagulação e Mistura Rápida	16
3.1.2 Floculação e mistura lenta.....	17
3.1.3 Decantação	18
3.1.4 Filtração.....	19
3.1.5 Ajuste finais.....	20
3.2 PADRÕES DE POTABILIDADE.....	21
3.2.1 Coliformes.....	23
3.2.2 Turbidez	25
3.2.3 Cloro Residual.....	28
3.2.4 Substâncias Químicas.....	30
3.2.5 Padrão Organoléptico	34
4 OBJETO DE ESTUDO	37
5 RESULTADOS	43
5.1 Análise da Turbidez	44
5.1.1 Turbidez da Água Filtrada.....	44
5.1.2 Turbidez da água tratada	45
5.2 Análise Microbiológica.....	47
5.3 Análise da Cor Aparente.....	50
5.4 Análise do pH	52
5.5 Análise dos Padrões Organolépticos.....	53
5.6 Análise do Cloro Residual	54
5.7 Análises das Cianotoxinas	55
5.8 Análise das Substâncias Químicas.....	57
5.9 Análise do Flúor.....	59
6 CONCLUSÃO.....	60
REFERÊNCIAS	62

1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural indispensável para a vida humana, animal e vegetal. Trata-se de um recurso muito abundante em nosso planeta ocupando aproximadamente 75 % de sua área, sendo que desse percentual 97,5 % é de água salgada e apenas 2,5 % é de água doce. As geleiras comportam cerca 69,5 % do total de água doce, enquanto 30 % estão no subterrâneo, sobrando apenas 0,4 % para rios, riachos e lagos. Com sua distribuição desigual acabam ocorrendo vários conflitos e disputas políticas para sua obtenção.

Segundo Bittencourt e Paula (2014), no início da civilização, os homens se instalavam próximos aos rios e outros mananciais superficiais para obtenção de água para sobrevivência. Não havia preocupação com o lançamento de resíduos líquidos em corpos receptores, portanto, com a qualidade da água causando doenças, de veiculação hídrica. Com o crescimento populacional, aumentou também a utilização dos recursos naturais e com isso houve uma mudança de comportamento em relação à utilização e preservação dos recursos hídricos.

Ainda sobre Bittencourt e Paula (2014), com o aumento desordenado da população, alguns fatores contribuíram para piorar a qualidade de vida, tais como: aumento de indivíduos por metro quadrado, necessidade de aumento da oferta de saneamento básico.

O tratamento de água e de esgoto passou a ser de extrema importância para o controle de proliferação de doenças de veiculação hídrica.

Existem algumas atividades humanas nas quais a água pode ser utilizada conforme encontrada nos mananciais, tomando como exemplo a irrigação. Mas para a maioria das utilizações feitas por seres humanos, a água deve passar por algum tipo de tratamento. Este tratamento deve ser rigoroso, atendendo aos padrões de potabilidade e normas previstas. No Brasil rege a portaria 2.914 de 12 de dezembro de 2011, do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011), a qual será base de análise no desenvolvimento deste trabalho.

A cidade de Uberlândia-MG possui duas Estações de Tratamento de Água (ETA), a estação Renato de Freitas – Unidade Sucupira e a estação Bom Jardim, captando água do Rio Uberabinha e do Ribeirão Bom Jardim, afluente do rio Uberabinha, respectivamente.

A concessionária responsável pelo tratamento de água em Uberlândia – MG, é o Departamento Municipal de Água e Esgoto – DMAE. O DMAE é uma autarquia da Prefeitura Municipal de Uberlândia que dispõe de autonomia econômico-financeira e administrativa. Segundo informações do próprio site do DMAE, compete exclusivamente a esse órgão estudar, projetar e executar obras de construção, ampliação ou remodelação dos sistemas públicos de abastecimento de água potável, de esgotos sanitários e saneamento de cursos d'água; atuar como coordenador e fiscalizador da execução dos convênios firmados entre o município e os órgãos federais e estaduais, em projetos e obras relativas aos serviços de água e esgoto; operar, manter, conservar e explorar diretamente os serviços de água potável e de esgotos sanitários, limpeza urbana e manejo dos resíduos, drenagem e manejo de águas pluviais; lançar, fiscalizar e arrecadar as tarifas dos serviços de água e esgotos e as tarifas ou contribuições que incidirem sobre os terrenos beneficiados com tais serviços; exercer quaisquer outras atividades relacionadas com os sistemas públicos de água e esgoto, compatíveis com leis gerais e especiais (DMAE, 2018).

2 OBJETIVOS

Neste trabalho têm-se como objetivos:

- Conceituar os parâmetros de qualidade de água, de interesse sanitário citados na portaria 2.914/2011, do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011).
- Descrever sucintamente a tecnologia tratamento de água por ciclo completo.
- Descrever as características das unidades componentes da ETA Renato de Freitas, após reforma e ampliação para vazão de 2,0 m³/s.
- Apresentar, analisar e discutir os parâmetros da qualidade da água produzida na ETA Renato de Freitas, no período de janeiro/2017 a dezembro/2017, disponíveis no portal do DMAE, comparando os resultados com as disposições da Portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Jonh Gibb deu origem na Escócia à primeira estação de tratamento de água, construindo o primeiro filtro lento de areia em Pasley, no ano de 1804. Outros países adotaram esse filtro com sucesso, como a Inglaterra, tornando obrigatória a filtração da água para consumo humano a partir de 1852 (RICHTER e AZEVEDO NETTO, 1991).

Segundo a AEGEA Saneamentos (AEGEA, 2018), o primeiro relato de saneamento no Brasil ocorreu em 1561, quando Estácio de Sá mandou escavar no Rio de Janeiro o primeiro poço para abastecer a cidade. Por volta de 1857 o Governo de São Paulo construiu seu primeiro sistema de abastecimento de água encanada. Em 1861, foi concluído o sistema de abastecimento de água encanada em Porto Alegre e em 1876 no Rio de Janeiro, sendo esse último o primeiro a usar o decantador Dortmund com seis filtros rápidos de pressão ar/água.

No Brasil, mesmo com o decorrer dos anos, o saneamento básico ainda é crítico. Segundo o Instituto Trata Brasil (2018), cerca de 35 milhões de pessoas não têm acesso nem mesmo a água tratada, que é um serviço básico. Mesmo assim houve um consumo per capita médio de 166,3 litros por hab./dia. Existem cerca de 7.500 ETA's no Brasil (ACHON, BARROSO e CORDEIRO, 2013), o que se considera um número pequeno face ao número de cidades e população.

Em 2012, a ETA do Guandu, localizada na cidade do Rio de Janeiro, sob administração da CEDAE (Companhia Estadual de Águas e Esgotos), foi considerada a maior do mundo, conforme pode observar-se no certificado do *Guinness Book* (Figura 1). Isto ilustra que há desenvolvimento no setor, apesar de uma situação geral ainda insatisfatória.

Figura 1 - Certificado do *Guinness Book* da maior estação de tratamento de água do mundo.



Fonte: CEDAE (2012)

O tratamento da água tem como objetivo deixar a água potável para consumo humano. Ela deve estar completamente limpa, livre de substâncias e microrganismos indesejáveis e que podem ser nocivos à saúde humana, respeitando todos os padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria 2.914/2011 (BRASIL, 2011).

As principais tecnologias de tratamento para adequação da água ao consumo humano são: Filtração em Múltiplas Etapas (FIME), Filtração Direta Ascendente (FDA), Filtração Direta Descendente (FDD), Dupla Filtração (DF), Floto-Filtração (FF) e ciclo completo (CC) (DI BERNARDO e PAZ, 2010). Neste estudo é feita menção somente à tecnologia por Ciclo Completo (convencional), a qual é mais utilizada para tratamento de águas de mananciais de superfície. Esta tecnologia de tratamento é empregada na Estação de Tratamento de Água Renato de Freitas, objeto de estudo deste trabalho.

3.1 Tratamento por Ciclo Completo

Dentre os métodos e técnicas de tratamento de água utilizadas, destaca-se o por Ciclo Completo, mais utilizado no Brasil, porém, o mais oneroso. Trata-se de tecnologia que emprega a coagulação química para promover a fase de clarificação, compondo-se de unidades de mistura rápida, floculação, decantação ou (flotação) e filtração rápida por gravidade, seguidas da unidade de desinfecção, onde promove-se também a fluoretação e a correção de pH. A água tratada é aduzida aos reservatórios de distribuição, responsáveis pelo abastecimento das redes de distribuição de água, que alimentam os locais de consumo.

3.1.1 Coagulação e Mistura Rápida

A coagulação é um processo que visa à desestabilização de partículas coloidais e suspensas através de fenômenos químicos e físicos. Inicialmente, os coagulantes reagem com a água, formando espécies hidrolisadas com cargas positiva ou precipitado de metal do coagulante usado. Estes produtos formados anteriormente colidem com as impurezas da água, tornando-as desestabilizadas, através do processo de mistura rápida, onde há o fornecimento de energia e agitação (DI BERNARDO e PAZ, 2010 e VIANNA, 2002).

Os principais produtos químicos utilizados como coagulantes são: sulfato de alumínio, sulfato férrico, sulfato ferroso, hidróxi-cloreto de alumínio, sulfato ferroso clorado e cloreto férrico. Muitas das vezes são adicionados auxiliares de coagulação que são os alcalinizantes, tal como a cal (DI BERNARDO e PAZ, 2010 e VIANNA, 2002).

A mistura rápida tem como função agitar a água para que os coagulantes se misturem com a água bruta, provocando a colisão entre o coagulante e as partículas coloidais, podendo ser utilizados mecanismos hidráulicos e mecânicos. A NBR 12216 (ABNT, 1992) estabelece que as condições ideais do gradiente de velocidade e tempo de mistura rápida devem ser conseguidas em laboratório, portanto, se não for possível à norma recomenda valores, presentes na Tabela 1.

Tabela 1- Valores recomendados para os parâmetros hidráulicos da coagulação.

Tempo de mistura rápida (TMR)
$\text{TMR} \leq 5 \text{ s}$
Gradiente (G)
$700 \text{ s}^{-1} < G < 1100 \text{ s}^{-1}$
Fonte: NBR 12216 (ABNT, 1992).

Na ETA Renato de Freitas o dispositivo de mistura rápida utilizado é a Calha Parshall, mecanismo hidráulico bastante utilizado no Brasil, que além de produzir a dispersão do material coagulante fornece a medição de vazões. A NBR 12216 (ABNT, 1992) fala que qualquer singularidade que ocorra turbulência intensa, canal ou canalizações com anteparos ou chicanas e ressaltos hidráulicos que atendam as recomendações de gradiente de velocidade e tempo de mistura podem ser utilizados como dispositivos de mistura rápida.

3.1.2 Floculação e mistura lenta

A floculação é a etapa subsequente à coagulação, onde as partículas desestabilizadas irão se agregar, formando flocos, possibilitando a remoção nas etapas seguintes – decantação ou flotação. Para tal, é necessário fornecer condições - gradiente de velocidade e tempo de mistura - para que as partículas se choquem uma contra as outras. Nessa etapa, a energia fornecida à água é menor quando comparada à energia da mistura rápida e por isso mesmo, a etapa da floculação ocorre em unidades chamadas de mistura lenta, que também pode ser hidráulica ou mecanizada (DI BERNARDO e PAZ, 2010 e VIANNA, 2002).

A NBR 12216 (ABNT, 1992) estabelece que o tempo de mistura e o gradiente de velocidade devem ser estabelecidos em laboratório. Caso não seja possível, esta norma recomenda

valores de acordo com a Tabela 2. Para unidades mecanizadas, a norma recomenda ainda que devem existir no mínimo três câmaras em série com gradientes decrescentes.

Tabela 2-Valores recomendados para os parâmetros hidráulicos da floculação.

Tempo de Mistura Lenta (TML)	
Hidráulico	Mecanizado
20 min < TML < 30 min	30 min < TML < 40 min
Gradiente (G)	
10 s ⁻¹ < G < 70 s ⁻¹	

Fonte: NBR 12216 (ABNT, 1992).

3.1.3 Decantação

Os decantadores são unidades que visam a remoção dos flocos formados na etapa anterior, pela ação da gravidade, podendo ser convencionais ou de elementos tubulares (alta taxa). A NBR 12216 (ABNT, 1992) estabelece que estações com capacidade de até 1000 m³/d com funcionamento de 24 h, ou com capacidade de até 10000 m³/d com período de funcionamento de até 18 h por dia, podem dispor de apenas uma unidade de decantação. As demais ETAs devem contar com pelo menos duas unidades. Porém, segundo Di Bernardo e Paz (2010), são recomendadas pelo menos duas unidades de decantação, para que a ETA não seja paralisada durante a limpeza.

Essencialmente, o decantador convencional pode ser subdividido em quatro zonas distintas (DI BERNARDO e PAZ, 2010):

- Zona de entrada, composta pelo canal de água floculada e a cortina de distribuição, responsáveis pela distribuição igualitária por toda seção do decantador, evitando zonas mortas e fluxos preferenciais.
- Zona de sedimentação, região com condições de velocidade de escoamento (V_o) e taxa de aplicação superficial (TAS) que propiciam a sedimentação dos flocos.
- Zona de saída, que também é composta por duas unidades: as calhas de coleta de água decantada e o canal de água decantada.

- Zona de lodo, a qual se situa logo abaixo da zona de sedimentação e tem por objetivo a acumulação de todas as partículas sedimentadas.

Na Tabela 3 são indicados alguns valores de parâmetros hidráulicos recomendados para os decantadores pela NBR 12216 (ABNT, 1992) pertinentes a trabalho.

Tabela 3- Valores recomendados para os parâmetros hidráulicos do decantador.

Vazão(Q)	TAS máxima	V_0 máxima
$Q < 1000 \text{ m}^3/\text{d}$	$25 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{d}$	0,50 cm/s
$1000 \text{ m}^3/\text{d} < Q < 10000 \text{ m}^3/\text{d}$	$35 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{d}$	
$10000 \text{ m}^3/\text{d} < Q$	$40 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{d}$	0,75 cm/s

Fonte: NBR 12216 (ABNT, 1992).

3.1.4 Filtração

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. Os filtros podem ser classificados como filtros lentos ou filtros rápidos, estando os últimos presentes no sistema convencional de tratamento. Os filtros rápidos são compostos por:

- i) canal de alimentação da água aos filtros;
- ii) calhas de distribuição da água decantada;
- iii) meio filtrante;
- iv) camada suporte;
- v) sistema de drenagem;
- vi) calhas de coleta da água de lavagem.

Muitas vezes as calhas de distribuição da água decantada e as calhas de coleta da água de lavagem são as mesmas (DI BERNARDO e PAZ, 2010).

O parâmetro que define se o filtro é rápido ou lento é a taxa de filtração, a qual, segundo a NBR 12216 (ABNT, 1992), deve ser adotada de acordo com ensaios de filtração. Caso não seja possível, a NBR 12216 (ABNT, 1992) recomenda os valores indicados na Tabela 4.

Tabela 4 – Valores recomendados para os parâmetros hidráulicos dos filtros.

Tipo de Filtro	Taxa de Filtração Máxima
Lento	6 m ³ /m ² d
Rápido – <i>Meio Filtrante: Camada Simples</i>	180 m ³ /m ² d
Rápido – <i>Meio Filtrante: Camada Dupla</i>	360 m ³ /m ² d

Fonte: NBR 12216 (ABNT, 1992)

3.1.5 Ajuste finais

Os ajustes finais do tratamento de água correspondem aos processos de desinfecção, fluoretação e correção de pH. No caso da presença de ferro na água de distribuição, é possível a utilização de complexantes anteriormente a desinfecção (LIBÂNIO, 2010).

3.1.5.1 Desinfecção

O processo de desinfecção representa uma etapa fundamental do tratamento, pois se configura como a última barreira para os microrganismos. A desinfecção pode ser feita por agentes físicos ou por agentes químicos. A eficiência de desinfecção depende:

- i) das características da água;
- ii) do microrganismo a ser inativado, já que cada grupo de microrganismo possui uma resistência à desinfecção;
- iii) das características do desinfetante, tal como o potencial de oxidação.

Dentre os diversos compostos disponíveis para a desinfecção, os compostos de cloro são os mais amplamente utilizados, devido ao seu baixo custo e, principalmente, a possibilidade de conferir à água uma concentração residual para que a água seja distribuída por toda rede com segurança (LIBÂNIO, 2010 e PÁDUA e FERREIRA, 2006).

A desinfecção ocorre em unidades chamadas de tanques de contato, que muitas vezes são dotadas de chicanas para reduzir os efeitos de curto-circuito. Em estações de pequeno a médio porte, o primeiro reservatório destinado à distribuição pode ser utilizado como tanque de contato ou, para aquelas distantes do centro de distribuição, a desinfecção pode acontecer na adutora de água tratada (LIBÂNIO, 2010).

A reação de cloro gasoso com a água gera o ácido hipocloroso e este, posteriormente se dissocia em íon hipoclorito. A soma da concentração desses dois compostos é denominada de

cloro residual livre e a prevalência de uma espécie ou outra depende do pH. É conhecido que o ácido hipocloroso possui um maior potencial oxidante e que, portanto, a predominância do mesmo no processo leva a uma maior eficiência de desinfecção, sendo recomendado que a desinfecção seja feita em pH inferior a 8,0 (LIBÂNIO, 2010).

3.1.5.2 Fluoretação

A fluoretação é a etapa seguinte à desinfecção e representa a penúltima etapa do tratamento de água. Para as águas que não possuem concentração de fluoreto (F^-) dentro do estabelecido pela Portaria 2914 (2011), a mesma recomenda a adição de compostos de flúor, de maneira a prevenir a cárie dentária. De acordo com Libânio (2010), qualquer composto passível de se dissociar e liberar o íon fluoreto na água pode ser utilizado no processo de fluoretação, desde que o composto tenha uma solubilidade e grau de pureza adequados e que o cátion liberado junto com o ânion não confira à água toxicidade ou outra característica. Os principais compostos utilizados para a fluoretação são:

- i) fluossilicato de sódio;
- ii) fluoreto de sódio;
- iii) ácido fluossilícico.

3.1.5.3 Correção de pH

A correção de pH configura-se como a última etapa do tratamento de água e é responsável pela adição de álcalis para ajustar o pH da água aos padrões recomendados pela Portaria 2914 (BRASIL, 2011), caso seja necessário. Os produtos que podem ser utilizados nesse processo são: cal virgem e hidratada, carbonato de sódio e hidróxido de sódio (LIBÂNIO, 2010).

3.2 PADRÕES DE POTABILIDADE

No Brasil, a qualidade da água para consumo público é definida pelo Ministério da Saúde, através da Portaria 2.914, de 12 de dezembro de 2011 (BRASIL, 2011), que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu Padrão de Potabilidade. Segundo esta Portaria, toda a água destinada ao consumo humano, proveniente de sistema público de distribuição e/ou de solução alternativa individual de abastecimento de água, independentemente da forma de acesso da população, está sujeita à vigilância da qualidade da água. Compete à Secretaria de Vigilância em Saúde (SVS)

promover e acompanhar a vigilância da qualidade da água para consumo humano, estabelecendo e articulando as competências e responsabilidades da União, dos Estados, dos Municípios e dos responsáveis pelas soluções alternativas de abastecimento, definindo também, em cada caso, as sanções penais cabíveis. A Portaria 2.914/2011 (BRASIL, 2011) é adequada à realidade nacional e contém avanços, quando considera as necessidades e possibilidades dos setores de saúde nacionais, as possibilidades das concessionárias e prestadoras de serviços e os direitos dos consumidores.

A publicação desta portaria foi resultado do amplo processo de discussão para revisão da Portaria nº 518/2004, realizado no período de 2009 a 2011, sob a coordenação do Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador (DSAST), da SVS do MS. Esta Portaria é um instrumento normativo a ser utilizado por todos os setores que possuem interface na garantia do abastecimento de água com qualidade e regularidade, buscando um efetivo exercício do controle e da vigilância da qualidade da água para consumo humano, prevenindo a ocorrência de doenças e agravos associados à água fornecida fora do padrão estabelecido, garantindo assim a promoção da saúde da população.

Para os fins deste trabalho, faz-se necessário estabelecer as seguintes definições, determinadas pela portaria supracitada:

- 1) Água para consumo humano – água destinada à ingestão, preparação e produção de alimentos, e à higiene pessoal independentemente de sua origem;
- 2) Água potável – água que atenda ao padrão de potabilidade estabelecidos pela Portaria 2.914/2011 e que não ofereça riscos à saúde.
- 3) Padrão de Potabilidade – conjunto de valores permitidos como parâmetro da qualidade da água para consumo humano, conforme definido na Portaria.
- 4) Padrão Organoléptico – conjunto de parâmetros caracterizados por provocar estímulos sensoriais que afetam a aceitação para consumo humano, mas que não necessariamente implicam riscos à saúde.
- 5) Água tratada – água submetida a processos químicos, físicos ou a combinação destes, visando atender ao padrão de potabilidade.
- 6) Sistema de abastecimento de água para consumo humano – instalação composta por um conjunto de obras civis, materiais e equipamentos, desde a zona de captação até as ligações prediais, destinada à produção e ao

fornecimento coletivo de água potável, por meio de rede de distribuição.

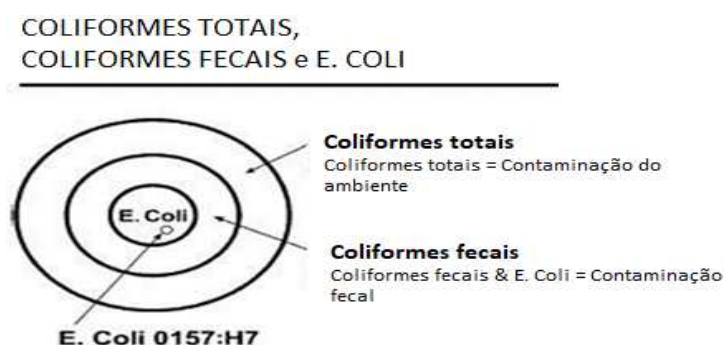
- 7) Solução alternativa coletiva de abastecimento de água para consumo humano - modalidade de abastecimento coletivo destinada a fornecer água potável, com captação subterrânea ou superficial, com ou sem canalização e sem rede de distribuição.

Esta Portaria obriga que toda água para consumo humano, fornecida coletivamente, deverá passar por processo de desinfecção ou cloração e toda água proveniente de manancial superficial deverá ser submetida ao processo de filtração. Vale ressaltar que todos os dados relativos aos padrões de potabilidade presentes neste trabalho têm como referência a Portaria 2.914/2011 (BRASIL, 2011).

3.2.1 Coliformes

O primeiro, e um dos mais importantes, padrão de potabilidade analisado é microbiológico, conferindo a existência de *Escherichia coli* e coliformes totais na água, ambos pertencentes ao grupo de bactérias coliformes. Os coliformes estão presentes naturalmente na água e no solo e podem também ser um indício de alguma contaminação fecal. Contudo, eles podem ser facilmente removidos pelo processo de desinfecção da água com cloro. O grupo dos coliformes pode ser dividido conforme ilustrado na Figura 2.

Figura 2 – Subgrupos de bactérias coliformes.



Fonte: adaptado de *Washington State Department of Health* (2015).

Segundo o *Washington State Department of Health* (2015), os coliformes totais são comuns na água e geralmente inofensivos. Se o laboratório detecta apenas coliformes totais na água, muito possível que a contaminação seja natural e a contaminação fecal é improvável. Contudo,

a análise de coliformes totais é muito importante pois, parte-se do pressuposto que se causas naturais de contaminação são capazes de adentrar o sistema, existe uma forte indicação de organismos patogênicos também podem.

Os coliformes fecais são um subgrupo dos coliformes totais e estão presentes no intestino e nas fezes de seres humanos e animais. A detecção desse tipo de bactéria na água significa que ocorreu uma recente contaminação fecal, sendo alta a chance de outros organismos patogênicos também estarem presentes.

A *Escherichia coli* ou simplesmente E. coli é um subgrupo dos coliformes fecais e indicam também contaminação fecal na água. Algumas espécies são inofensivas, porém outras são potencialmente patogênicas. Uma das espécies mais notórias de E. coli causadoras de doença é a E. coli O157:H7. Segundo Mittelstaedt e Carvalho (2006) a *Escherichia coli* enterohemorrágica (EHEC), principalmente do sorotipo O157:H7, foram reconhecidas mundialmente a partir da década de 80 como um dos mais importantes patógenos causadores de doenças humanas veiculadas por alimentos, onde se pode ter uma noção da importância da total extinção desse grupo de bactérias na água.

A Portaria 2.914/2011 (BRASIL, 2011) é intolerante à presença de coliformes totais e E. coli na saída do tratamento, estabelecendo a ausência desses organismos em 100 ml de água. No sistema de distribuição (reservatório ou rede) a norma continua sendo intolerante à E. coli (ausência em 100 ml) e testes positivos para os coliformes totais em apenas uma amostra por mês para sistemas que abasteçam menos de 20.000 habitantes e em 5 % das amostras examinadas por mês em sistemas que abasteçam mais de 20.000 habitantes. Vale ressaltar que a Portaria também estabelece quantidades mínimas de amostras a serem examinadas para cada parâmetro do padrão de potabilidade. A tabela 5 resume os valores máximos permitidos para coliformes na água tratada.

Tabela 5– Padrão microbiológico da água para consumo humano.

Tipo de água		Parâmetro		Valor Máximo Permitido
Água para consumo humano		<i>Escherichia coli</i> ¹		Ausência em 100 ml
Água tratada	Na saída do tratamento	Coliformes Totais ²		Ausência em 100 ml
	No sistema de distribuição (reservatórios e rede)	Escherichia coli		Ausência em 100 ml
		Coliformes Totais ³	Sistemas que abastecem menos de 20.000 habitantes	Apenas uma amostra, entre as amostras examinadas no mês, poderá apresentar resultado positivo
			Sistemas que abastecem a partir de 20.000 habitantes	Ausência em 100 ml em 95 % das amostras examinadas no mês

1 - Indicador de contaminação fecal

2 - Indicador de eficiência de tratamento

3 - Indicador de integridade do sistema de distribuição

Fonte: Brasil (2011)

No sistema de distribuição da água tratada, a ETA Renato De Freitas precisa detectar ausência de coliformes totais em 95 % das amostras examinadas no mês já que atende uma população maior que 20.000 habitantes e ausência em 100 ml para *Escherichia coli*. É importante perceber que a norma é intolerante à existência de *E. coli* em qualquer uma das situações acima descritas.

Seguindo orientações da Portaria 2.914/2011 (BRASIL, 2011), para os padrões microbiológicos a ETA Renato De Freitas deve-se coletar 2 amostras semanais tanto para coliformes totais como para *E. coli* na saída do tratamento de água. Contudo, a Portaria recomenda no mínimo 4 amostras por semana. Aproximando-se o abastecimento da ETA Renato de Freitas para 310 mil habitantes, no sistema de distribuição, o número de amostras para coliformes totais e *E. coli* deve ser em torno de 122 amostras mensais.

3.2.2 Turbidez

A turbidez da água é medida através da dispersão dos raios luminosos devido a partículas em suspensão. A turbidez é causada por matérias suspensas como as argilas, siltes, substâncias

orgânicas finamente divididas, organismos microscópicos e partículas similares, alterando a penetração da luz através da difusão e absorção, dando à água uma aparência turva, esteticamente indesejável e potencialmente perigosa.

O material em suspensão permite que ocorram áreas em que eventuais microrganismos patogênicos presentes não entrem em contato com o desinfetante. A medida de turbidez se baseia numa comparação entre a interferência à passagem de raios luminosos através da amostra e através de suspensões adotadas como padrões de medida (KOWATA, RIBEIRO e TELLES, 1995). A unidade de turbidez (uT) mais usual é a unidade nefelométrica de turbidez (NTU ou UNT).

O padrão de turbidez deve ser atendido para a garantia da qualidade microbiológica da água, em complementação às exigências relativas aos indicadores microbiológicos. Segundo a Portaria 2.914 (BRASIL, 2011), o valor máximo permitido de turbidez para águas subterrâneas com desinfecção é 1 uT em 95 % das amostras, sendo que os outros 5 % fora do padrão devem estar abaixo de 5 uT, atendendo simultaneamente ao padrão organoléptico de 5 uT em toda a extensão do sistema de distribuição.

Para a água filtrada por filtração rápida o valor máximo permitido é de 0,5 uT em 95 % das amostras, e para águas filtradas por filtração lenta esse valor sobe para 1 uT em 95 % das amostras. Entre os 5 % das amostras que podem apresentar valores maiores que o máximo permitido, o limite máximo para qualquer amostra pontual deve ser menor ou igual a 1 uT para filtração rápida e menor ou igual a 2 uT para filtração lenta. A Tabela 6 resume os valores máximos permitidos para turbidez.

Tabela 6 – Padrão de turbidez para água pós-filtração ou pré-desinfecção.

Taramento de água	Valor Máximo Permitido
Desinfecção (para águas subterrâneas)	1 uT em 95 % das amostras
Filtração rápida (tratamento completo ou filtração direta)	0,5 uT em 95 % das amostras
Filtração lenta	1 uT em 95 % das amostras

Fonte: Brasil (2011)

No ano de 2011, os sistemas de tratamento não estavam preparados para atender às novas exigências da norma com relação ao padrão de turbidez a ser atingido. Assim, a norma impôs metas a serem alcançadas em um período de 4 anos após o ano de publicação. Esses valores

foram definidos para assegurar melhor eficiência do produto utilizado da desinfecção, otimizando a ação do desinfetante na inativação dos organismos patogênicos. A Tabela 7 a seguir explica as metas progressivas de turbidez para águas sujeitas à filtração rápida e lenta.

Tabela 7– Metas progressivas de turbidez para águas filtradas.Fonte: Brasil (2011).

Filtração rápida (tratamento completo ou filtração direta)		
Período após a publicação da Portaria	Turbidez $\leq 0,5$ uT	Turbidez $\leq 1,0$ uT
Final do 1º ano	Em no mínimo 25 % das amostras mensais coletadas	No restante das amostras mensais coletadas
Final do 2º ano	Em no mínimo 50 % das amostras mensais coletadas	
Final do 3º ano	Em no mínimo 75 % das amostras mensais coletadas	
Final do 4º ano	Em no mínimo 95 % das amostras mensais coletadas	
Filtração lenta		
Período após a publicação da Portaria	Turbidez $\leq 1,0$ uT	Turbidez $\leq 2,0$ uT
Final do 1º ano	Em no mínimo 25 % das amostras mensais coletadas	No restante das amostras mensais coletadas
Final do 2º ano	Em no mínimo 50 % das amostras mensais coletadas	
Final do 3º ano	Em no mínimo 75 % das amostras mensais coletadas	
Final do 4º ano	Em no mínimo 95 % das amostras mensais coletadas	

Fonte: Brasil (2011)

Nessas condições, sendo a ETA Renato de Freitas uma estação de tratamento por ciclo completo com filtração rápida, tem que apresentar, no final do ano de 2017, uma turbidez de 0,5 uT em 95 % das amostras na pós-filtração.

O valor de 0,5 uT a ser atingido progressivamente está intimamente ligado à existência dos protozoários *Cryptosporidium spp.* e *Giardia spp.* na água. Sabe-se que esses dois protozoários são resistentes ao processo de cloração e ao aumento da temperatura, permanecendo por muito tempo no ambiente. Esses microrganismos são altamente patogênicos, causando doenças gastrintestinais de diversas severidades.

A Portaria 2.914/2011 (BRASIL, 2011) recomenda a necessidade de monitorar a presença de *Cryptosporidium spp.* e *Giardia spp.* na água quando for identificada média geométrica anual maior ou igual a 1.000 E. coli/100 ml. Quando a média aritmética da concentração de oocistos de *Cryptosporidium spp.* for maior ou igual a 3,0 oocistos/L no pontos de captação de água, recomenda-se a obtenção de efluente em filtração rápida com valor de turbidez menor ou igual a 0,3 uT em 95% (noventa e cinco por cento) das amostras mensais ou uso de processo de desinfecção adicional à cloração que tenha eficiência na remoção de oocistos de *Cryptosporidium spp.* Em países europeus é comumente utilizada a radiação ultravioleta complementarmente à cloração para inativação de oocistos de protozoários. No Brasil, considera-se o valor de 0,5 uT suficiente para impedir a passagem desses micro-organismos através dos filtros.

Nos filtros rápidos, o atendimento ao percentual de aceitação dos limites de turbidez deve ser verificado mensalmente com base em amostras de no mínimo a cada duas horas de funcionamento.

3.2.3 Cloro Residual

O cloro é sem dúvida o desinfetante mais utilizado na desinfecção de águas para consumo humano em todo o mundo. A concentração de cloro deve ser cuidadosamente dimensionada para ser capaz de eliminar ou inativar os microrganismos patogênicos presentes na água.

A fim de garantir a qualidade microbiológica da água no sistema, o padrão de potabilidade prevê uma concentração de cloro adicional à necessária para a simples desinfecção na ETA, denominada de cloro residual. A principal função do cloro residual é prevenir a água de possíveis contaminações que venham a incidir sobre o sistema de distribuição, ou seja, se porventura algum reservatório estiver contaminado ou alguma adutora sofrer trincas ou ruptura e o meio externo for capaz de contaminar a água, já existe uma quantidade suficiente de cloro para desinfetá-la.

A Portaria 2.914/2011 (BRASIL, 2011) obriga a manutenção de no mínimo 0,2 mg/l de cloro residual livre, 2 mg/L de cloro residual combinado ou 0,2 mg/L de dióxido de cloro em toda a extensão do sistema de distribuição. Caso a desinfecção na ETA seja feita através de ozônio ou radiação ultravioleta, cloro ou dióxido de cloro deve ser adicionado à água de forma a assegurar o cloro residual mínimo no sistema. O cloro residual livre acontece na forma de ácido hipocloroso (HOCL) e íon hipoclorito (OCL). Cloro residual combinado é o cloro

presente sob a forma de cloraminas (reação do cloro com a amônia presente na água ou compostos amoniacaís (MEYER, 1994).

Vale ressaltar que essa mesma esta mesma portaria recomenda como padrão organoléptico da água o valor máximo de 2 mg/L de cloro residual livre em qualquer ponto do sistema e o valor de 5 mg/L de cloro residual livre como padrão de potabilidade de substâncias químicas que representam risco à saúde.

A determinação de um máximo valor permitido para cloro residual na água é simples: o cloro, ou componentes clorados e suas reações com outras substâncias presentes na água são também um risco à saúde, em caso de excesso.

A reação do cloro com alguns compostos orgânicos leva à formação de trihalometanos (THM) ou trihalometanos totais (THMT). A água bruta contém ácidos fúlvicos e húmicos resultantes da decomposição de folhas da vegetação (MEYER, 1994). O THM mais facilmente detectável é o clorofórmio. Os ácidos húmicos e fúlvicos são chamados “precursores” dos trihalometanos. A reação de formação dos THM se inicia quando há o contato entre os reagentes (cloro e precursores) e pode continuar ocorrendo por muito tempo, enquanto houver reagente disponível (principalmente o cloro livre). Quanto maior a dosagem de cloro, maior será a probabilidade de formação de THM. A forma sob a qual o cloro se apresenta também é importante; o cloro livre tem maior poder de formação de THM do que o cloro combinado (MEYER, 1994).

Além de o cloro livre ter um poder desinfetante mais eficiente que o cloro combinado, o fato de produzir maior quantidade de trihalometanos também pode explicar o fato de ter o valor máximo permitido em norma menor do que os compostos combinados. O grande problema é que os trihalometanos são compostos carcinogênicos e potencialmente perigosos. Alguns estudos realizados no Canadá considerando a cloração de água bruta (MEYER, 1994) indicaram uma associação entre a dosagem de cloro e o câncer de estômago, e entre a quantidade de carbono orgânico (COT, indicador de THM) e o câncer do intestino grosso em homens. Também houve associações positivas entre o clorofórmio (um dos THM) na água tratada e o risco de morte por câncer de cólon (homens e mulheres), câncer de estômago, entre dosagem de cloro e câncer retal (homens e mulheres) e câncer de tórax. Para mulheres também houve associação entre dosagem de cloro ou água clorada sujeita a contaminação por substâncias orgânicas e câncer do cólon e cérebro.

Assim, a quantidade de matéria orgânica na água, somada à concentração de cloro residual devem ser cuidadosamente estudadas. Os processos de coagulação, floculação, sedimentação e filtração devem ser projetados e fiscalizados de forma a reterem a maior quantidade possível de matéria orgânica, otimizando a eficiência do sistema.

Além de produzir subprodutos cancerígenos, o cloro por si só é um composto capaz de causar outros danos à saúde quando submetido a altas concentrações e longo tempo de exposição ao produto. Segundo a Carbocloro (2006) o cloro é um irritante das vias respiratórias e fortemente agressivo, pode causar dermatites e até mesmo queimaduras nos olhos e distúrbios visuais quando em altas concentrações aliado a longo tempo de exposição.

3.2.4 Substâncias Químicas

De acordo com a Portaria 2.914/2011 (BRASIL, 2011), a água também deve estar em conformidade com o padrão de substâncias químicas que ofereçam risco à saúde. A maioria das substâncias químicas presentes na água encontram-se na água bruta, sendo uma característica de cada manancial. As substâncias químicas na água podem ser derivadas da decomposição de vegetais, excretas e morte de animais ou até mesmo dar indícios de despejo de dejetos na água, como agrotóxicos e esgoto.

Porém, outros tipos de substâncias podem ser produtos de reações dos próprios agentes químicos utilizados no tratamento da água dentro da ETA, como a cal hidratada para ajuste do pH, sulfato de alumínio na coagulação e o cloro na desinfecção. Inclusive um dos subprodutos da desinfecção são os trihalometanos totais (citados acima), substâncias que devem ser evitadas no sistema.

A Portaria 2.914/2011 (BRASIL, 2011) relaciona uma lista de substâncias químicas que oferecem riscos à saúde que devem ser testadas e estabelece seus respectivos valores máximos permitidos. Esses valores estão resumidos na Tabela 8.

Tabela 8– Padrão de potabilidade para substâncias químicas que representam risco à saúde.

Substância Química		
Parâmetro	Unidade	Valor Máximo Permitido
Inorgânicas		
Antimônio	mg/L	0,005
Arsênio	mg/L	0,01
Bário	mg/L	0,7
Cádmio	mg/L	0,005
Chumbo	mg/L	0,01
Cianeto	mg/L	0,07
Cobre	mg/L	2
Cromo	mg/L	0,05
Fluoreto	mg/L	1,5
Mercúrio	mg/L	0,001
Níquel	mg/L	0,07
Nitrato (comoN)	mg/L	10
Nitrito (comoN)	mg/L	1
Selênio	mg/L	0,01
Urânio	mg/L	0,03
Orgânicas		
Acrilamida	µg/L	0,5
Benzeno	µg/L	5
Benzo[a]pireno	µg/L	0,7
Cloreto de Vinila	µg/L	2
1,2 Dicloroetano	µg/L	10
1,1 Dicloroetano	µg/L	30
1,2 Dicloroetano (cis + trans)	µg/L	50
Diclorometano	µg/L	20
Di(2-etilhexil)	µg/L	8
Estireno	µg/L	20
Pentaclorofenol	µg/L	9
Tetracloreto de Carbono	µg/L	4
Tetracloroetano	µg/L	40
Triclorobenzenos	µg/L	20
Tricloroetano	µg/L	20
Agrotóxicos		
2,4 D + 2,4,5 T	µg/L	30
Alaclor	µg/L	20
Aldicarbe + Aldicarbesulfona + Aldicarbesulfóxido	µg/L	10
Aldrin + Dieldrin	µg/L	0,03
Atrazina	µg/L	2
Carbendazim + benomil	µg/L	120

Carbofurano	µg/L	7
Clordano	µg/L	0,2
Clorpirifós + clorpirifós-oxon	µg/L	30
DDT+DDD+DDE	µg/L	1
Diuron	µg/L	90
Endossulfan (α , β e sais) ³	µg/L	20
Endrin	µg/L	0,6
Glifosato + AMPA 1071-83-6 (glifosato)	µg/L	500
Lindano (gama HCH)	µg/L	2
Mancozebe	µg/L	180
Metamidofós	µg/L	12
Metolacoloro	µg/L	10
Molinato	µg/L	6
Parationa Metílica	µg/L	9
Pendimentalina	µg/L	20
Permetrina	µg/L	20
Profenofós	µg/L	60
Simazina	µg/L	2
Tebuconazol	µg/L	180
Terbufós	µg/L	1,2
Desinfetantes e Produtos Secundários da Desinfecção		
Ácidos haloacéticos total	mg/L	0,08
Bromato	mg/L	0,01
Clorito 7758-19-2	mg/L	1
Cloro residual livre	mg/L	5
Cloraminas Total	mg/L	4
2,4,6 Triclorofenol	mg/L	0,2
Trihalometanos Total	mg/L	0,1

Fonte: Brasil (2011)

Dentre esses parâmetros os mais importantes para evitar riscos à saúde são os metais pesados por serem altamente tóxicos e os trihalometanos totais (valor máximo permitido de 0,1 mg/L) por serem potencialmente cancerígenos. Além disso, a estação Renato de Freitas deve se atentar para a análise dos agrotóxicos e substâncias orgânicas, já que dentro dos limites da bacia hidrográfica do Rio Uberabinha existe uma atividade intensa de agricultura de milho, soja, feijão, algodão e cana-de-açúcar além de suinocultura e pecuária. Essas atividades demandam muito uso de agrotóxico, substâncias químicas na produção do alimento dos animais na indústria agropastoril, além de carrear dejetos desses animais para as águas superficiais.

Além dessas substâncias químicas, a norma de potabilidade da água impõe valores máximos permitidos para cianotoxinas através do controle e monitoramento da quantidade de cianobactérias no manancial de abastecimento de água. Em decorrência do crescimento da produção agrícola e industrial e até mesmo da própria população, mais dejetos têm sido despejados ou carreados para os corpos hídricos, como esgotos domésticos e derivados da criação de animais, efluentes industriais e fertilizantes utilizados na agricultura. Isso faz com que os rios fiquem cada vez mais ricos em nutrientes, ou seja, eutrofizados, favorecendo exorbitantemente crescimento de algas, dentre elas as cianobactérias, as quais produzem as cianotoxinas, altamente tóxicas para a saúde. A Tabela 9 ilustra os valores máximos permitidos para as cianotoxinas na água, bem como o monitoramento da quantidade de cianobactérias na água bruta de abastecimento.

Tabela 9– Valores máximos permitidos e monitoramento para cianotoxinas e monitoramento para cianobactérias.

Cianotoxinas		
Parâmetro	Unidade	Valor Máximo Permitido
Microcistinas	µg/L	1
Saxitoxinas	µg equivalente STX/L 3,0	3
Monitoramento		
Parâmetro	Densidade (Células/ml)	Frequência
Cianobactérias	≤ 10.000	Mensal
	> 10.000	Semanal
Cianotoxinas	nº Cianobactérias ≥ 20.000	Semanal (1 amostra)

Fonte: Brasil, 2011.

Visto que nas proximidades da bacia hidrográfica do Rio Uberabinha existem atividades agrícolas e agropastoris, a eutrofização da água deve ser verificada regularmente. Além disso, deve-se vistoriar pontos ao longo do rio para verificar se esgoto industrial ou doméstico está sendo lançado indiscriminadamente na água do manancial.

Segundo a Ambiente Brasil (2006), sessenta pacientes de uma clínica de hemodiálise em Caruaru-PE morreram em 1996 por intoxicação com cianotoxinas presentes na água de hemodiálise. Isso ilustra a importância do controle das cianotoxinas na água bem como seu potencial risco à saúde.

3.2.5 Padrão Organoléptico

Padrão organoléptico é o conjunto de parâmetros que a partir de uma concentração limite pode gerar estímulos sensoriais que porventura venham a prejudicar a aceitação da água tratada pelo consumidor. Os parâmetros organolépticos não necessariamente são um risco à saúde da população, mas eles podem servir de parâmetros indicativos da qualidade do tratamento, como é o caso da cor aparente.

Para que a água seja totalmente aceitável aos sentidos humanos ela deve estar límpida, incolor, insípida e inodora. Todos os parâmetros listados como organolépticos na norma de potabilidade, acima de uma concentração limite, de alguma forma, têm o poder de dar algum sabor, odor, cor na água, ou incitar os sentidos humanos. A Tabela 10 lista os parâmetros organolépticos e seus respectivos valores máximos de concentração.

Tabela 10 – Padrão organoléptico de potabilidade.

Parâmetro	Unidade	Valor Máximo Permitido
Alumínio	mg/L	0,2
Amônia (como NH ₃)	mg/L	1,5
Cloreto	mg/L	250
Cor Aparente	uH	15
1,2 diclorobenzeno	mg/L	0,01
1,4 diclorobenzeno	mg/L	0,03
Dureza total	mg/L	500
Etilbenzeno	mg/L	0,2
Ferro	mg/L	0,3
Gosto e odor	Intensidade	6
Manganês	mg/L	0,1
Monoclorobenzeno	mg/L	0,12
Sódio	mg/L	200
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	1000
Sulfato	mg/L	250
Sulfeto de hidrogênio	mg/L	0,1
Surfactantes (como LAS)	mg/L	0,5
Tolueno	mg/L	0,17
Turbidez	uT	5
Zinco	mg/L	5
Xilenos	mg/L	0,3

Fonte: Brasil (2011).

Dentre os parâmetros organolépticos listados os mais expressivos são a turbidez e a cor aparente. Embora o valor máximo para turbidez na saída dos filtros seja de 1 uT (em apenas 5 % das amostras), no sistema de distribuição o valor máximo permitido (VMP) é de 5 uT. Isso se dá pelo fato de que alguns produtos adicionados à água depois da filtração podem aumentar a turbidez da água sem comprometer a qualidade do tratamento, como é o caso da suspensão de leite de cal adicionado no final do tanque de contato para correção do pH.

A cor da água está associada ao grau de redução de intensidade que a luz sofre ao atravessá-la, devido à presença de sólidos dissolvidos. Os sólidos podem ser metais, húmus, plâncton dentre outras substâncias dissolvidas na água. A cor pode ainda ser classificada em cor verdadeira ou cor aparente. A cor verdadeira seria a cor da água excluindo-se a turbidez, ou seja, após a filtração ou centrifugação. A cor aparente, que é o parâmetro que a norma cita, é a cor incluindo a turbidez, com material coloidal em suspensão. A cor da água é majoritariamente eliminada pelos processos de coagulação e decantação.

O valor máximo para unidade de cor exigido pela norma é 15 uH por dois motivos. Assume-se que a partir desse valor a água pode começar a apresentar coloração visível a olho nu, o que pode prejudicar a aprovação do produto. Porém, o fator mais importante para essa determinação, é a estimativa da quantidade de matéria orgânica dissolvida na amostra de água. Como já foi discutido, a matéria orgânica reage com o cloro utilizado na desinfecção e formam subprodutos, dentre eles os trihalometanos. Os THMT são limitados em 0,1 mg/L. Assume-se que, se toda a matéria orgânica presente na água de cor de até 15 uH reagir com o cloro e formar trihalometanos, esse valor será bem inferior ao limite de THMT imposto por norma. Isso explica o valor limite de cor aparente para 15 uH.

A Portaria 2.914/2011 (BRASIL, 2011) recomenda ainda que seja testada uma amostra a cada duas horas na saída do tratamento para a cor. No sistema de distribuição, como a ETA Renato de Freitas abastece mais de 250.000 habitantes, a estimativa para a quantidade de amostras seria de 44 amostras mensalmente.

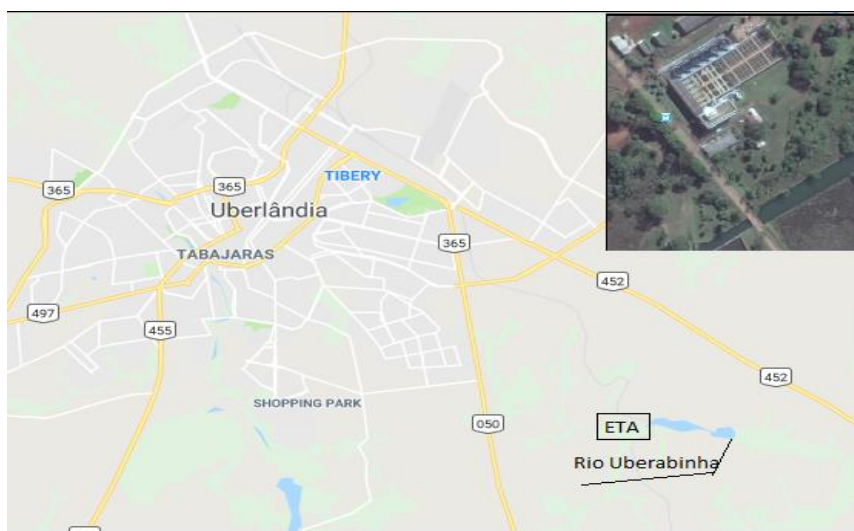
O pH não está listado na tabela do padrão organoléptico de potabilidade (BRASIL, 2011), porém no Artigo 39, parágrafo primeiro, a norma vigente recomenda que no sistema de abastecimento o pH seja mantido entre 6 a 9,5. Os produtos da desinfecção são ácidos, isso faz com que o pH da água abaixe na pós-desinfecção, tornando a água ácida. Assim, na maioria dos casos, torna-se necessário aadição de um alcalinizante na saída do tanque de contato

(substância utilizada pelo DMAE), para aumentar o potencial de hidrogênio, fazendo ficar dentro do padrão estabelecido. Outro motivo para a elevação do pH na saída da estação de tratamento é evitar a corrosão de peças e tubulações metálicas

4 OBJETO DE ESTUDO

A ETA Renato de Freitas (Figura 3), objeto do presente estudo, está em operação há 41 anos, e é uma das duas estações de tratamento de água da cidade de Uberlândia (MG), cuja população segundo dados do IBGE (2010) era de 604.013 habitantes. Esta ETA é responsável pelo abastecimento de aproximadamente 50 % da população urbana. Esta ETA é abastecida pelo Rio Uberabinha conforme (Figura 3) através de uma barragem à montante da cachoeira Sucupira garantindo um nível de água (NA) mínimo para a tomada d'água e formando um pequeno reservatório de acumulação.

Figura 3 – ETA Renato de Freitas.



Fonte: Google Maps (2018).

Segundo o portal do DMAE (DMAE, 2018), o Rio Uberabinha à montante da estação de tratamento tem uma extensão de 68 km, com um perímetro e área de 138 km e 848 km², respectivamente. Sua nascente está situado no município de Uberaba. O rio conta com 26 córregos afluentes e contribui para diversas áreas da agricultura, agropastoril e exploração mineral (propensão à presença de cianobactérias e agrotóxicos). Existem 50 pontos de controle de qualidade (PCQ) da água tratada na cidade, sendo 25 referentes à água produzida pela ETA Renato de Freitas – unidade Sucupira.

A ETA Renato de Freitas passa por reforma de ampliação, para atendimento à vazão de outorga máxima de 2,0 m³/s, concedida pelo IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas – ao DMAE. A tecnologia de tratamento utilizada é a de Ciclo Completo, composta

basicamente por unidades de Mistura Rápida, Floculação, Decantação, Filtração Rápida por Gravidade e Desinfecção.

A água bruta, captada na represa Sucupira, é aduzida por recalque a um sistema de tubulações em paralelo, que alimenta o canal de chegada de água bruta. Esse sistema consta de oito dutos verticais, sendo um central e sete periféricos, derivados da tubulação de recalque de chegada da água bruta. Esses dutos verticais com descarga livre no tanque em cota situada acima do nível d'água de operação, constituem um sistema de aeração com capacidade de oxidar metais eventualmente presentes na água bruta, gerando precipitados facilmente aderentes aos flocos, favorecendo a sua remoção nas etapas de clarificação do tratamento.

A suspensão de cal hidratada ($Ca(OH)_2$), fonte de hidróxido para a formação do precipitado $Al(OH)_3$ é aplicada no canal de chegada de água bruta a montante do ponto de aplicação da solução de sulfato de alumínio $Al_2(SO_4)_3$, que ocorre na calha Parshall, dispositivo hidráulico de Mistura Rápida utilizado na ETA.

Por gotejamento o sulfato de alumínio é aplicado no final da garganta da calha Parshall, trecho de menor largura da calha, com fundo em declive. A largura do afunilamento da calha Parshall utilizada na ETA Renato de Freitas é de 0,91 m (3 pés), gerando dimensões horizontais e verticais padronizadas. A aplicação da solução do sulfato de alumínio na calha Parshall é feita por gotejamento, através de uma canalização em PVC em meia cana, de mesmo comprimento da garganta da calha Parshall, perfurada ao longo de sua geratriz inferior.

No trecho divergente da calha Parshall, com largura crescente e fundo em auge é feita a mistura rápida. Nesse trecho ocorre a maior dissipação de energia desse sistema, promovendo a mistura da solução do coagulante com a água previamente alcalinizada, promovendo-se a coagulação química, gerando o precipitado $Al(OH)_3$ necessário para a formação de flocos. Na Figura 4 é mostrado o canal de chegada da água bruta na ETA Renato de Freitas, alimentado pelo sistema de tubulações em paralelo, que constitui o sistema de aeração. A Figura 5 mostra a calha Parshall utilizada para promoção da mistura rápida com ênfase no ponto de aplicação da solução coagulante no final da garganta.

Figura 4 - Chegada da Água Bruta.



Fonte: DMAE (2018).

Figura 5 – Calha Parshall.



Fonte: DMAE (2018).

A água coagulada é conduzida por um canal de seção retangular ao sistema de floculação, onde ocorre a dissipação de energia que permite complementar as condições de mistura rápida antes da chegada aos floculadores. A ETA conta com dois decantadores de alta taxa com funcionamento em paralelo. Cada decantador é alimentado por seis floculadores mecanizados tipo turbina e escoamento axial com funcionamento em série. Os floculadores têm seção

horizontal quadrada e contam, individualmente, com sistema de agitação constituído de placas retangulares inclinadas de 45°, acopladas a um eixo vertical, acionado por motor elétrico instalado no passadiço. A energia dissipada pelo sistema de agitação garante a formação e desenvolvimento de flocos consistentes para remoção nos decantadores e nos filtros. A Figura 6 mostra dois flocluladores mecanizados em funcionamento na ETA, com destaque para os motores elétricos instalados nos passadiços.

Figura 6 – Flocluladores Mecanizados

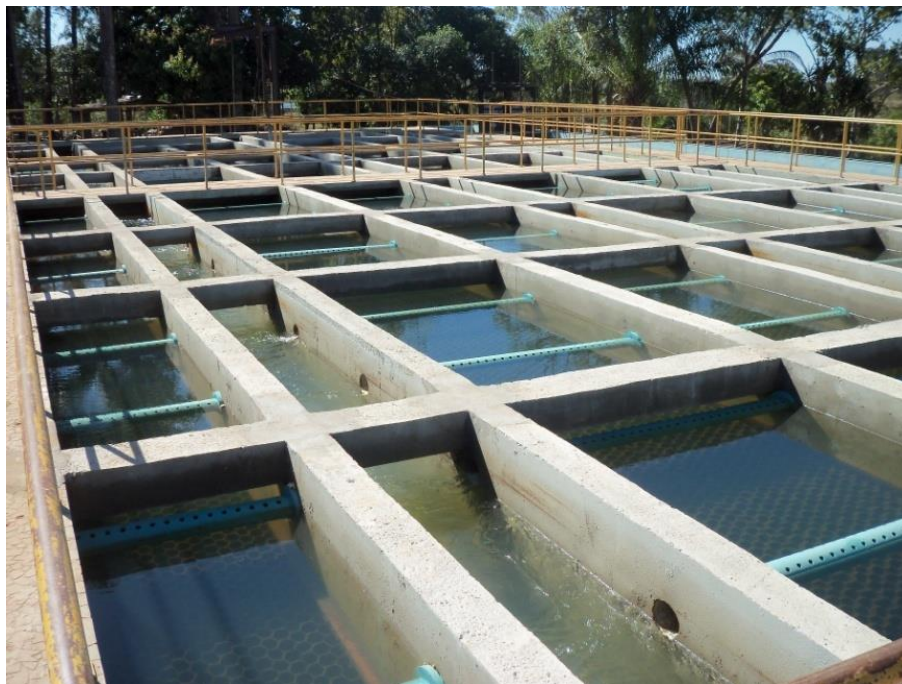


. Fonte: DMAE (2018).

A água floclulada proveniente da última câmara de floclulação é conduzida ao canal de alimentação do decantador através de uma abertura retangular, afogada. Desse canal, a alimentação do decantador é feita por abertura afogada situada na parede de entrada, de altura inferior ao espaço vertical entre a geratriz inferior dos módulos de sedimentação e a geratriz superior dos dispositivos de coleta de lodo. A água floclulada é distribuída sob os módulos de sedimentação, constituídos de dutos em poliestireno de alto impacto, atóxico, inclinados a 60°, espalhados em toda superfície do decantador. Os módulos de sedimentação utilizados possuem 1,20 m de comprimento a ser percorrido pela água floclulada e neste percurso ocorre a sedimentação de flocos facilitada pelo movimento laminar estabelecido. A água decantada é coletada em dutos de PVC perfurados ao longo de sua geratriz superior, com descarga em canaletas laterais de alimentação do canal de água filtrada, de alimentação dos filtros.

Na Figura 7 é mostrado um decantador de alta taxa em funcionamento na ETA, podendo ser observada a parte superior dos módulos de sedimentação, os dutos perfurados de coleta de água decantada e as canaletas laterais de condução de água decantada.

Figura 7 – Decantador de alta taxa.



Fonte: DMAE (2018).

A água decantada é conduzida por canal de seção retangular, em concreto, aos filtros. A ETA Renato de Freitas possui 11 filtros rápidos por gravidade sendo, 6 em concreto de seção horizontal retangular, e 5 em aço de seção horizontal circular. É utilizado leito filtrante de camada dupla de antracito e areia, que se apoiam sobre uma camada suporte de seixos, tendo o fundo constituído por vigotas perfuradas, em concreto. O diâmetro mínimo da areia no leito filtrante é de 0,33 mm, o diâmetro máximo é de 1,37 mm e a espessura da camada é de 25 cm, já a camada de antracito possui 45 cm de espessura, com diâmetro mínimo de 0,85 mm e máximo de 1,85 mm.

Esses filtros operam por gravidade e são lavados a contracorrente, utilizando-se ar, proveniente de separadores, para promover a pré-expansão do leito filtrante e água tratada para promover a lavagem, proveniente de estação elevatória alimentada pelo reservatório de água tratada.

A água passando por todas as etapas antes da filtração e de posse dos valores da água bruta e das características do projeto de ampliação da ETA, estima-se que a turbidez da água decantada na entrada dos filtros oscile entre 2,0 UTN e 5,0 UTN, gerando expectativa de atendimento à Portaria N° 2.914/2011 (BRASIL, 2011), devendo os filtros produzir água filtrada com valor máximo permitido de turbidez de 1,0 UTN.

Para que o consumidor possa fiscalizar a qualidade da água de seu consumo, o DMAE fornece em seu site o valor da turbidez logo após a filtração, como mostra a Figura 8.

Figura 8 – Turbidez após a filtração ETA Renato de Freitas.



Fonte: DMAE (2018).

As imagens a seguir mostram os filtros utilizados na ETA Renato de Freitas. Na Figura 9 estão presentes os filtros em concreto armado de seção horizontal retangular e na Figura 10 mostra os filtros de seção circular em aço.

Figura 9 – Filtro em concreto armado.



Fonte: DMAE (2018)

Figura 10 – Filtro de aço.



Fonte: DMAE (2018).

Com a etapa de filtração completa, a água filtrada é levada ao tanque de contato, onde é aplicada uma solução de cloro, produzida nos cloradores, pela dissolução do cloro gasoso acondicionado em cilindros, na água tratada. Nesta etapa elimina-se completamente qualquer espécie de microrganismos, gerando também uma concentração de cloro residual para atuação em eventual contaminação no sistema de distribuição. Adiciona-se também no tanque de contato o flúor, para geração do íon fluoreto utilizado para prevenir cáries dentária nos usuários. Nos tanques de contato também é feita a correção do pH, utilizando-se uma suspensão de leite de cal hidratada, para que a água tratada esteja própria para consumo e possa ser aduzida, reservada e distribuída sem provocar corrosão em adutoras, reservatórios e demais componentes do sistema de distribuição. Em seguida, a água é conduzida aos reservatórios de água tratada da ETA, antes de sua adução para reservatórios de bairros contemplados pela ETA Renato de Freitas.

5 RESULTADOS

O DMAE realiza testes periódicos de todos os parâmetros de potabilidade estabelecidos pela Portaria 2.914 (BRASIL, 2011) e os disponibiliza no seu *website* para que a população tenha acesso. Para o ano de 2017, que é o foco deste trabalho, o DMAE já disponibilizou os resultados dos testes de Janeiro a Dezembro. Todas as informações apresentadas nesta sessão foram extraídas dos resultados publicados, e encontram-se na íntegra em anexo deste trabalho.

Existem dois tipos de ensaios publicados, os laudos dos principais parâmetros e laudos completos. Os laudos principais trazem informações dos valores obtidos sobre o cloro residual, cor, fluoreto, pH, turbidez, e coliformes totais e suas respectivas amostragens de testes, tanto na saída da ETA como no sistema de distribuição, sendo realizados ao longo de todos os meses. Os resultados são obtidos por médias dos valores encontrados. Os laudos principais são disponibilizados pelo DMAE no *website* da empresa (DMAE, 2018).

Já os laudos completos trazem os resultados dos padrões microbiológicos (incluindo *E. coli* e bactérias heterotróficas), substâncias químicas (orgânicas, inorgânicas, agrotóxicos e produtos da desinfecção), cianotoxinas, radioatividade e padrões organolépticos de potabilidade. Esses laudos são executados pela empresa Araxá Ambiental e também estão disponíveis no *site* do DMAE. Contudo, nesses laudos os ensaios são feitos de forma pontual, realizada média aritmética da amostragem composta efetuada no período de 4 horas e não apresentam a quantidade de amostras que foram testadas, além de se restringirem apenas à rede de distribuição, sem informações na saída da ETA.

5.1 Análise da Turbidez

Para garantia da qualidade sanitária da água tratada, a turbidez é analisada na saída de cada filtro, e nos pontos de controle de qualidade (PCP), localizados na rede de distribuição de água.

5.1.1 Turbidez da Água Filtrada

Os resultados de turbidez da água filtrada não estão publicados junto com os testes laboratoriais dos outros parâmetros no *website* do DMAE. São dados internos do ETA, indisponíveis para visualização apenas pelo quadro de funcionários da concessionária. Durante visitas técnicas ao longo do ano de 2017 ao DMAE na ETA Renato De Freitas, incluindo entrevistas com operadores do sistema de operação, verificou-se que a turbidez da água na saída dos filtro, no ano de 2017, não ultrapassou 1 NTU, que é o valor máximo permitido pela Portaria 2.914/2011 (BRASIL, 2011) na pós-filtração. Porém verificou-se uma dificuldade em atingir o valor de 0,5 NTU em 95 % das amostras como indica as metas progressivas da Portaria para o final do 4º ano após a sua publicação.

Em visitas técnicas efetuadas na ETA Renato de Freitas, no ano de 2017, verificou-se que a possui turbidímetros de fluxo contínuo na saída de cada filtro para controle operacional..

		ETA	REDE	ETA	REDE	ETA	REDE	ETA	REDE	ETA	REDE
Janeiro	NTU	< 5	< 5	372	135	743	137	0,13	0,43	0,71	11,10
Fevereiro	NTU	< 5	< 5	330	133	660	133	0,13	0,24	0,60	4,38
Março	NTU	< 5	< 5	330	129	660	130	0,13	0,45	1,63	3,46
Abril	NTU	< 5	< 5	360	99	719	99	0,24	0,41	0,50	3,27
Mai	NTU	< 5	< 5	367	99	734	153	0,23	0,45	1,47	1,65
Junho	NTU	< 5	< 5	359	125	719	125	0,26	0,38	0,62	3,64
Julho	NTU	< 5	< 5	358	99	715	99	0,21	0,39	0,35	2,86
Agosto	NTU	< 5	< 5	372	111	743	111	0,14	0,35	1,13	1,74
Setembro	NTU	< 5	< 5	358	99	715	99	0,21	0,59	0,35	2,80
Outubro	NTU	< 5	< 5	368	84	736	76	0,21	0,70	0,75	4,97
Novembro	NTU	< 5	< 5	359	96	718	96	0,30	0,61	0,88	6,89
Dezembro	NTU	< 5	< 5	372	148	744	139	0,12	0,38	0,6	8,4

Fonte: DMAE (2018).

Com base na Tabela 11, percebe-se que o valor máximo de turbidez na saída da ETA se deu no mês de março sendo de 1,63 NTU. Já para a rede de distribuição o valor máximo obtido foi de 11,10 NTU no mês de janeiro e 6,89 NTU no mês de novembro, valores máximos obtidos que ficaram acima do valor máximo permitido de 5 NTU estabelecido no padrão de potabilidade. Essa constatação é preocupante, pois, o material em suspensão permite que ocorram áreas em que eventuais micro-organismos patogênicos presentes não entrem em contato com o residual do desinfetante. A turbidez pode ainda transportar matéria orgânica capaz de causar sabor e odor indesejáveis na água.

O valor da turbidez na saída do tratamento e em qualquer ponto da rede é maior que na saída dos filtros. Os agentes químicos utilizados nas etapas subsequentes à filtração tendem a aumentar a turbidez, como é o caso da suspensão de leite de cal utilizada na ETA Renato de Freitas para correção do pH.

O número de amostras a serem testadas foram calculadas de acordo com o estabelecido pela Portaria 2.914/2011 (BRASIL, 2011) considerando uma população abastecida de 306 mil habitantes. Porém verifica-se que a quantidade das amostras realizadas na rede de distribuição é bem maior que a quantidade obrigatória.

Existe a dificuldade em se atingir 0,5 NTU em 95 % das amostras de água filtrada por parte das ETAs, podendo ser causada por não se ter o total conhecimento do material e comportamento do leito filtrante, por falhas ou falta de informação dos operadores, ou por carreiras de filtração estendidas. Com isso, já existe a cogitação de se revisar a Portaria 2.914/2011 no que se refere às metas progressivas de turbidez, em atingir turbidez acima de 0,5 NTU apenas

em 5 % das amostras, sendo que 100 % das amostras devem estar abaixo de 1 NTU. As requisições de revisão da Portaria pretendem estabelecer o limite de turbidez na saída dos filtros em 1 NTU, pois entende-se que a qualidade biológica da água está garantida nessa turbidez.

5.2 Análise Microbiológica

A análise microbiológica se apresenta tanto nos laudos principais como nos laudos completos. Contudo nos principais, só se encontram informações acerca dos coliformes totais. A Tabela 12 apresenta os resultados obtidos para os coliformes totais ao longo dos meses de janeiro a dezembro.

Tabela 12– Resultados obtidos para coliformes totais de janeiro a dezembro de 2017.

Coliformes Totais								
Mês	Padrão de Potabilidade Portaria 2.914		Total Análise Estabelecidas		Total Análise Realizadas		Porcentagem de amostras com ausência	
	ETA	REDE	ETA	REDE	ETA	REDE	ETA	REDE
Janeiro	Ausência em 100 % das amostras	Ausência em 96 % das amostras	8	116	16	142	100%	98,59%
Fevereiro			8	116	15	135	100%	98,52%
Março			8	116	19	134	100%	100%
Abril			8	116	12	106	100%	97%
Maio			8	116	15	152	100%	100%
Junho			8	116	10	124	100%	100%
Julho			8	116	17	133	100%	100%
Agosto			8	116	17	111	100%	100%
Setembro			8	116	10	99	100%	100%
Outubro			8	116	10	84	100%	100%
Novembro			8	116	10	96	100%	100%
Dezembro			8	116	12	148	100%	96%

Fonte: DMAE (2018).

Na Tabela 12 pode-se observar que a ETA Renato de Freitas obteve muito sucesso na eliminação dos coliformes totais tanto na saída da ETA como na rede de abastecimento. Na ETA obteve-se conformidade em 100 % das amostras em todos os meses analisados, e na rede de distribuição o menor valor de conformidade foi 97 %, sendo que o permitido é de 95 %.

Os laudos completos trazem informações tanto dos coliformes totais, como de *E. coli* e bactérias heterotróficas. As Tabelas 13 e 14 resumem os valores obtidos para cada um desses parâmetros de janeiro a dezembro de 2017, sem quantidade das amostras testadas.

Tabela 13 – Resultado para as bactérias heterotróficas.

Padrão Microbiológico da Água			
Bactérias Heterotróficas			
Mês	Unidade	Limite Aceitável pela Portaria 2.914	Resultado
Janeiro	UFC*/ml	500	< 1
Fevereiro			2
Março			< 1
Abril			1
Maio			< 1
Junho			< 1
Julho			2
Agosto			3
Setembro			2
Outubro			2
Novembro			2
Dezembro			4

Fonte: DMAE (2018).

* UFC: Unidade Formadora de Colônia

Tabela 14 – Resultado para as bactérias *Escherechia coli* e coliformes totais de Janeiro a Dezembro de 2017.

Coliformes Totais			
Mês	Unidade	Limite Aceitável pela Portaria 2.914	Resultado
Janeiro	-----	Ausência em 100 ml	Ausência
Fevereiro			Ausência
Março			Ausência
Abril			Ausência
Maio			Ausência
Junho			Ausência
Julho			Ausência
Agosto			Ausência
Setembro			Ausência
Outubro			Ausência
Novembro	-----	Ausência em 100 ml	Ausência
Dezembro			Ausência
Escherichia coli			
Mês	Unidade	Limite Aceitável pela Portaria 2.914	Resultado
Janeiro	-----	Ausência em 100 ml	Ausência
Fevereiro			Ausência
Março			Ausência
Abril			Ausência
Maio			Ausência
Junho			Ausência
Julho			Ausência
Agosto			Ausência
Setembro			Ausência
Outubro			Ausência
Novembro	-----	Ausência em 100 ml	Ausência
Dezembro			Ausência

Fonte: DMAE (2018).

Observa-se que a ETA Renato de Freitas atendeu a todos os parâmetros microbiológicos exigidos pela Portaria 2.914/2011 (BRASIL, 2011). Na rede de distribuição obteve-se ausência de *E. coli* e coliformes totais em todos os meses do ano e o maior valor obtido para a

contagem bactérias heterotróficas foi de 4 UFC/ml, sendo que o valor limite é de 500 UFC/ml. Esses resultados indicam uma grande eficiência do tratamento de água, principalmente no que se diz respeito ao processo de desinfecção. Porém, uma boa desinfecção indica um bom processo de retirada da turbidez da água, que são os processos de coagulação, floculação, decantação e filtração. Ou seja, para que a desinfecção seja eficiente, o tratamento como um todo precisa ser eficiente.

Esses resultados comprovam a boa qualidade desse sistema de tratamento. A ausência de coliformes totais e E. coli na rede de distribuição, podem atestar a eficiência dos sistemas de clarificação e desinfecção na ETA, incluindo a manutenção do residual de cloro.

5.3 Análise da Cor Aparente

A cor indica a quantidade de sólidos dissolvidos, e por muitas vezes, é um indicativo da quantidade de matéria orgânica presente na água. A cor, além de ser um padrão organoléptico muito importante, pois interfere na aceitação da água pelo consumidor, é também um padrão de potabilidade que indica a qualidade do sistema de tratamento de água, bem como a provável presença de substâncias prejudiciais à saúde.

A cor da água, ou seja, as substâncias sólidas nela dissolvidas são eliminadas pelos processos de coagulação, floculação, decantação e filtração, pois os flocos formados contêm alta quantidade de matéria orgânica, sendo retidos ou no tanque de decantação ou nos filtros. A norma impõe um valor máximo de cor aparente de 15 NTU na saída da ETA e em qualquer ponto da rede de distribuição. A Tabela 15 apresenta os resultados obtidos de janeiro a dezembro de 2017 para a cor aparente, através dos laudos principais.

Tabela 15 – Resultado para a cor aparente de janeiro a dezembro de 2017.

Cor Aparente											
Mês	Unidade	Padrão de Potabilidade Portaria 2.914		Total Análise Estabelecidas		Total Análise Realizadas		Valor Médio Encontrado			
								Mínimo		Máximo	
		ETA	REDE	ETA	REDE	ETA	REDE	ETA	REDE	ETA	REDE
Janeiro	NTU	<15	< 15	372	135	743	137	6,93	5,00	14,35	30,00

Fevereiro	NTU	<15	< 15	330	33	660	133	3,0	5,00	12,18	24,95
Março	NTU	< 15	< 15	330	35	660	130	2,0	5,00	11,00	14,32
Abril	NTU	< 15	< 15	360	33	719	99	4,31	5	7,88	17,10
Mai	NTU	< 15	< 15	367	99	734	153	0,00	6,37	10,20	10,19
Junho	NTU	< 15	< 15	359	125	719	125	2,45	6,00	8,60	12,32
Julho	NTU	< 15	<15	358	99	715	99	0,32	5,00	4,32	11,30
Agosto	NTU	< 15	< 15	372	111	743	111	0,93	5,00	3,40	9,30
Setembro	NTU	< 15	< 15	358	99	715	99	1,64	5,00	4,09	10,28
Outubro	NTU	< 15	< 15	368	84	736	76	2,68	5	2,54	7,60
Novembro	NTU	< 15	<15	359	96	718	96	2,93	5	7,29	14,16
Dezembro	NTU	< 15	< 15	372	148	744	139	0,98	5,00	6,12	17,99

Fonte: DMAE (2018)

O número de amostras para as determinações analíticas coletado, para determinação da cor aparente, superou o número mínimo preconizado pelo padrão de potabilidade em todos os meses do ano de 2017. Em relação ao valor máximo permitido os resultados nos meses de dezembro, abril, fevereiro e janeiro não são satisfatórios, podendo indicar concentrações inadequadas de matéria orgânica na água tratada.

O valor máximo estabelecido para a cor aparente está intimamente ligado à concentração de trihalometanos totais (THMT) na água. Como já foi discutido, o cloro utilizado na desinfecção reage com a matéria orgânica da água formando subprodutos, dentre eles, os trihalometanos. Sabe-se que os THMT são tóxicos e potencialmente cancerígenos, por isso seu limite de 0,1mg/L imposto pela norma deve ser atendido rigorosamente.

Entende-se que, se em uma amostra de água de cor de até 15 NTU, todo o cloro proveniente da desinfecção reagir com a matéria orgânica e formar THMT, esse valor será inferior ao valor máximo permitido (VMP) de 0,1 mg/L. Portanto, existe a possibilidade de que, no mês em que houve não conformidade, a quantidade de trihalometanos totais atinja ou ultrapasse o VMP.

Outra observação importante a se fazer, é comparar os valores dos resultados obtidos na saída da ETA com os valores na rede de abastecimento. Os resultados da cor na saída da ETA são relativamente baixos, atingindo seu pico no mês de Janeiro de 2017 com 14,35 NTU. Contudo, todos os valores na rede são bem maiores em comparação com o mesmo mês na saída da ETA. Isso pode indicar uma não integridade do sistema de distribuição.

5.4 Análise do pH

Durante todo o processo de tratamento o pH da água interfere na eficiência do mesmo. Sabe-se que os coagulantes pedem um pH ótimo para coagulação da água, que acarretará em um bom processo de coagulação, floculação e decantação. Contudo, na saída da ETA e na rede de distribuição, o pH está mais ligado à saúde das tubulações metálicas.

Como os produtos da desinfecção por cloro são ácidos, eles acabam por abaixar o pH da água, tornando-a ácida. Isso poderia causar corrosão nas tubulações metálicas do sistema. Por isso, na maioria dos casos, faz-se necessária a correção do pH na saída do tanque de contato. A norma vigente impõe um intervalo de 6 a 9,5 para o potencial de hidrogênio em todos os pontos do sistema de abastecimento, seja na ETA ou na distribuição. A Tabela 16 informa os valores de pH encontrados na ETA e no sistema de distribuição da estação Renato de Freitas de janeiro a dezembro de 2017, obtidos através dos laudos principais.

Tabela 16 – Resultados referente ao pH.

pH											
Mês	Unidade	Padrão de Potabilidade Portaria 2.914		Total Análise Estabelecidas		Total Análise Realizadas		Valor Médio Encontrado			
								Mínimo		Máximo	
		ETA	REDE	ETA	REDE	ETA	REDE	ETA	REDE	ETA	REDE
Janeiro	-	6,0 a 9,5	6,0 a 9,5	372	0	743	137	7,71	7,43	8,12	8,85
Fevereiro	-	6,0 a 9,5	6,0 a 9,5	330	0	660	133	7,5	7,3	8,15	9,87
Março	-	6,0 a 9,5	6,0 a 9,5	330	0	660	12	9,24	8,66	8,20	8,19
Abril	-	6,0 a 9,5	6,0 a 9,5	360	0	719	99	7,63	7,53	7,79	9,76
Maio	-	6,0 a 9,5	6,0 a 9,5	367	0	734	153	7,65	7,35	9,67	8,06
Junho	-	6,0 a 9,5	6,0 a 9,5	359	0	719	125	7,65	7,45	9,35	8,16
Julho	-	6,0 a 9,5	6,0 a 9,5	358	0	715	99	7,3	7,45	7,50	8,62
Agosto	-	6,0 a 9,5	6,0 a 9,5	372	0	743	111	7,22	7,30	7,49	8,83
Setembro	-	6,0 a 9,5	6,0 a 9,5	358	0	715	99	7,30	7,28	7,55	8,29
Outubro	-	6,0 a 9,5	6,0 a 9,5	368	0	736	76	7,27	7,38	7,60	9,02
Novembro	-	6,0 a 9,5	6,0 a 9,5	359	0	718	96	7,33	7,40	7,61	8,62
Dezembro	-	6,0 a 9,5	6,0 a 9,5	372	0	744	139	7,35	5,81	7,58	8,35

Fonte: DMAE (2018).

Todos os valores apresentaram conformidade com o intervalo imposto pela Portaria, exceto no mês de fevereiro e abril onde o valor médio máximo foi um pouco superior, 9,87 e 9,76 respectivamente. Essa distorção pode ter sido causada por excesso na dosagem da suspensão de leite de cal para correção do pH na pós-desinfecção.

O fator mais importante é sem dúvida a acidez da água. Deve-se prevenir a corrosão das tubulações metálicas, pois, além de evitar fissuras nas adutoras e assim comprometer a integridade do sistema, a alta concentração de metais na água pode ser tóxica, se tornando indesejável para o consumo humano.

Segundo o Plano Municipal de Saneamento Básico (UBERLÂNDIA, 2012) as adutoras de água bruta e tratada de Uberlândia são constituídas em algumas partes de aço, ferro fundido ou PVC (policloreto de polivinila). Já na rede de distribuição, a grande maioria é constituída de PVC, porém uma parte das tubulações é feita de ferro fundido. Isso torna importante a análise e a conformidade com a acidez da água para evitar corrosão dessas tubulações metálicas. Contudo não ocorreram não conformidades com o limite mínimo de pH.

5.5 Análise dos Padrões Organolépticos

Embora a turbidez, cor aparente e o pH também sejam padrões organolépticos segundo a Portaria 2.914/2011 (BRASIL, 2011), eles merecem um destaque no que se diz respeito aos padrões de potabilidade, por isso foram citados separadamente. Os padrões organolépticos são aqueles que podem causar algum alerta sensitivo no consumidor quando for ingerir a água, prejudicando a aceitação do produto, sem causar necessariamente algum risco à saúde. A Portaria prevê quais são esses parâmetros que porventura podem causar dificuldade de aceitação da água. A Tabela 17 indica os parâmetros organolépticos e seus respectivos valores máximos encontrados do mês de janeiro ao mês de dezembro de 2017.

Tabela 17 – Padrões Organolépticos e os resultados obtidos de janeiro a dezembro de 2017.

Padrões de Potabilidade			
Parâmetro	Unidade	VMP	Valores máximos encontrados
Alumínio	mg/L	0,2	0,1
Amônia (como NH ₃)	mg/L	1,5	< 0,14
Cloreto	mg/L	250	8,5
1,2 diclorobenzeno	mg/L	0,01	< 0,01
1,4 diclorobenzeno	mg/L	0,03	< 0,01
Cor Aparente – NTU 15	NTU	15	< 3
Dureza total	mg/L	500	22,5
Etilbenzeno	mg/L	0,2	< 0,0012
Ferro	mg/L	0,3	0,17
Gosto	Intensidade	6	0
Manganês	mg/L	0,1	< 0,05

Monoclorobenzeno	mg/L	0,12	< 0,002
Odor	Intensidade	6	0
pH a 25 ⁰	-----	6 – 9,5	7,87
Sódio	mg/L	200	5,03
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	1000	27,87
Sulfato	mg/L	250	< 2
Sulfeto de hidrogênio	mg/L	0,1	< 0,002
Surfactantes (como LAS)	mg/L	0,5	< 0,06
Tolueno 108-88-3	mg/L	0,17	< 0,1
Turbidez	uT	5	2,04
Xilenos	mg/L	5	< 0,01
Zinco	mg/L	0,3	0,13

Fonte: DMAE (2018).

Os resultados para os padrões organolépticos foram obtidos através dos laudos completos, portanto se referem à rede de distribuição, e não possuem informações sobre as amostragens. Contudo, percebe-se que a ETA Renato De Freitas atendeu aos padrões de janeiro a dezembro, sendo os resultados obtidos muito inferiores aos valores máximos permitidos. Isso indica que a população abastecida pela ETA não terá problema algum na aceitação da água por ela fornecida.

5.6 Análise do Cloro Residual

Os resultados para o cloro residual encontram-se nos laudos principais, ou seja, informações acerca dos valores encontrados e também da amostragem que foi testada em cada mês. A Portaria 2.914 estabelece o intervalo de 0,5 a 5 mg/L de cloro residual na ETA e de 0,2 mg/L a 5 mg/L na rede de distribuição. A Tabela 18 resume os valores encontrados para o cloro residual na saída da ETA e na rede de distribuição de janeiro a dezembro de 2017.

Tabela 18 – Resultado para o Cloro Residual de janeiro a dezembro de 2017.

Cloro Residual											
Mês	Unidade	Padrão de Potabilidade - Portaria 2.914		Total Análise Estabelecidas		Total Análise Realizadas		Valor Médio Encontrado			
								Mínimo		Máximo	
		ETA	REDE	ETA	REDE	ETA	REDE	ETA	REDE	ETA	REDE
Janeiro	mg/l	0,5 a 5	0,2 a 5	372	142	743	142	1,40	019	1,88	1,34
Fevereiro	mg/l	0,5 a 5	0,2 a 5	330	135	660	135	1,15	0,23	1,62	1,01
Março	mg/l	0,5 a 5	0,2 a 5	330	132	660	142	1,06	0,77	0,96	0,64
Abril	mg/l	0,5 a 5	0,2 a 5	360	106	719	105	1,39	0,54	1,63	1,13
Maiο	mg/l	0,5 a 5	0,2 a 5	367	152	734	154	0,00	0,45	1,65	0,87

Junho	mg/l	0,5 a 5	0,2 a 5	359	125	719	125	1,07	0,55	1,47	1,00
Julho	mg/l	0,5 a 5	0,2 a 5	358	129	715	125	1,42	0,45	1,43	1,12
Agosto	mg/l	0,5 a 5	0,2 a 5	372	111	743	111	1,06	0,31	1,19	0,98
Setembro	mg/l	0,5 a 5	0,2 a 5	358	99	715	99	0,65	0,46	1,26	0,98
Outubro	mg/l	0,5 a 5	0,2 a 5	368	84	736	97	1,15	0,22	1,00	1,95
Novembro	mg/l	0,5 a 5	0,2 a 5	359	96	718	96	1,43	0,28	1,66	1,04
Dezembro	mg/l	0,5 a 5	0,2 a 5	372	148	744	148	1,29	0,42	1,60	1,13

Fonte: DMAE (2018)

O cloro residual é um parâmetro muito importante no tratamento. Ele previne a água contra eventuais contaminações que possam ocorrer nas tubulações ou nos reservatórios na fase de distribuição. Caso haja alguma inserção de patógenos no sistema após a saída da ETA, a composição da água tratada deve ser capaz de eliminar esses patógenos, por isso deve existir uma concentração mínima de cloro prevendo futuras contaminações.

Os resultados para o cloro residual tanto na saída da ETA como na rede estão em conformidade, os valores médios mínimos encontrados na rede de distribuição estiveram acima do limite inferior imposto pela norma.

Isso indica que, nessas condições, caso haja contaminação externa da água, alguma parte do sistema de distribuição está protegido biologicamente e é capaz de eliminar ou inativar os invasores, que pode causar problemas de saúde pública.

Os valores máximos foram muito bem atendidos pela ETA Sucupira. Contudo, é importante que a norma estipule valores máximos de concentração de cloro residual, já que o cloro também pode ser tóxico em altas concentrações e em prolongadas exposições. Como já discutido, o cloro reage com a matéria orgânica da água e produz trihalometanos, então, uma alta concentração de cloro residual indica alta concentração de cloro utilizado na desinfecção, o que também é indesejado.

As amostragens necessárias para análise do cloro residual foram todas atendidas, sendo muito superiores aos valores mínimos necessários.

5.7 Análises das Cianotoxinas

As cianotoxinas são substâncias produzidas pelas cianobactérias e são tóxicas à saúde humana. A população de cianobactérias precisa ser controlada nos mananciais, evitando-se a eutrofização dos cursos d'água, para que a concentração de cianotoxinas não atinja valores

alarmantes. A ETA Renato de Freitas também controla a quantidade de cianotoxinas, assim como prevê a Portaria 2.914/2011 (BRASIL, 2011). Esses valores estão apresentados na Tabela 19 e na Tabela 20, entre os meses de janeiro e dezembro, extraídos dos laudos completos publicados pelo DMAE (2018).

Tabela 19 – Resultados para Cianotoxinas Microcistinas de janeiro a dezembro de 2017.

Cianotoxinas			
Microcistinas			
Mês	Unidade	VMP* pela Portaria 2.914	Resultado
Janeiro	µg/L	1	< 0,1
Fevereiro			< 0,1
Março			< 0,1
Abril			< 0,1
Maio			< 0,1
Junho			< 0,1
Julho			< 0,1
Agosto			< 0,1
Setembro			< 0,1
Outubro			< 0,1
Novembro			< 0,1
Dezembro			< 0,1

Fonte: DMAE (2018)

Tabela 20 - Resultados para Cianotoxinas Saxitoxinas de janeiro a dezembro de 2017.

Saxitoxinas			
Mês	Unidade	VMP* pela Portaria 2.914	Resultado *
Janeiro	µg/L	3	< 0,02
Fevereiro			< 0,02
Março			< 0,02
Abril			< 0,02
Maio			< 0,02
Junho			< 0,02
Julho			< 0,02
Agosto			< 0,02
Setembro			< 0,02
Outubro			< 0,02
Novembro			< 0,02
Dezembro			< 0,02

Fonte: DMAE (2018).

* VPM – Valor máximo permitido.

Embora não tenhamos informações sobre as amostragens, os valores encontrados para as cianotoxinas foram muito inferiores aos valores máximos permitidos em todos os meses do ano, tanto para as microcistinas quanto para as saxitoxinas. O VPM para as microcistinas é de 1 µg/L, e foram encontrados valores inferiores a 0,1 µg/L em todos os meses analisados. Já para as saxitoxinas o VPM é de 3 µg/L e de janeiro a dezembro os valores obtidos foram inferiores a 0,02 µg/L.

Isso indica que o manancial de abastecimento da ETA Renato de Freitas não sofre eutrofização e não possui um crescimento desordenado de cianobactérias, produtoras de cianotoxinas.

5.8 Análise das Substâncias Químicas

As substâncias químicas que causam risco à saúde são listadas na Portaria 2.914(2011), sendo obrigatório o controle dessas substâncias na água tratada. A ETA Renato de Freitas faz o controle dessas substâncias, e estão listadas na Tabela 21r, extraída dos laudos completos fornecidos pelo DMAE.

Tabela 21 – Resultados para as substâncias químicas inorgânicas, orgânicas, agrotóxicos e produtos da desinfecção de janeiro a dezembro de 2017.

Substâncias Químicas			
Parâmetro	Unidade	VMP	Valores máximos encontrados
Inorgânicas			
Antimônio	mg/L	0,005	< 0,005
Arsênio	mg/L	0,01	< 0,005
Bário	mg/L	0,7	< 0,5
Cádmio	mg/L	0,005	< 0,001
Chumbo	mg/L	0,01	< 0,008
Cianeto	mg/L	0,07	< 0,005
Cobre	mg/L	2	< 0,05
Cromo	mg/L	0,05	< 0,01
Fluoreto	mg/L	1,5	0,8
Mercúrio	mg/L	0,001	< 0,001

Níquel	mg/L	0,07	< 0,008
Nitrato	mg/L	10	0,5
Nitrito	mg/L	1	< 0,03
Selênio	mg/L	0,01	< 0,01
Urânio	mg/L	0,03	< 0,01
Orgânicas			
Acrilamida	µg/L	0,5	< 0,05
Benzeno	µg/L	5	< 5
Benzo[a]pireno	µg/L	0,7	< 0,05
Cloreto de Vinila	µg/L	2	< 2
1,2 Dicloroetano	µg/L	10	< 10
1,1 Dicloroeteno	µg/L	30	< 0,3
1,2 Dicloroeteno (cis + trans)	µg/L	50	< 10
Diclorometano	µg/L	20	< 20
Di(2-etilhexil)	µg/L	8	< 8
Estireno	µg/L	20	< 1,28
Pentaclorofenol	µg/L	9	< 9
Orgânicas			
Tetracloroeto de Carbono	µg/L	4	< 4
Tetracloroeteno	µg/L	40	< 10
Triclorobenzenos	µg/L	20	< 20
Tricloroeteno	µg/L	20	< 20
Agrotóxicos			
2,4 D + 2,4,5 T	µg/L	30	< 0,1
Alaclor	µg/L	20	< 20
Aldicarbe + Aldicarbessulfona + Aldicarbessulfóxido	µg/L	10	< 10
Aldrin + Dieldrin	µg/L	0,03	< 0,005
Atrazina	µg/L	2	< 2
Carbendazim + benomil	µg/L	120	< 120
Carbofurano	µg/L	7	< 7
Clordano	µg/L	0,2	< 0,04
Clorpirifós + clorpirifós-oxon	µg/L	30	< 30
DDT+DDD+DDE	µg/L	1	< 1
Diuron	µg/L	90	< 90
Endossulfan (α, β e sais)3	µg/L	20	< 0,6
Endrin	µg/L	0,6	< 0,6
Glifosato + AMPA 1071-83-6 (glifosato)	µg/L	500	< 65
Lindano (gama HCH)	µg/L	2	< 0,02
Mancozebe	µg/L	180	< 180
Metamidofós	µg/L	12	< 12
Metolacoloro	µg/L	10	< 10
Molinato	µg/L	6	< 1
Parationa Metilica	µg/L	9	< 9
Pendimentalina	µg/L	20	< 20

Permetrina	µg/L	20	< 10
Profenofós	µg/L	60	< 60
Simazina	µg/L	2	< 2
Tebuconazol	µg/L	180	< 180
Terbufós	µg/L	1,2	< 1,2
Trifluralina	µg/L	20	< 0,2
Desinfetantes e Produtos Secundários da Desinfecção			
Ácidos haloacéticos total	mg/L	0,08	< 0,08
Bromato	mg/L	0,01	< 0,01
Cloraminas Totais	mg/L	4	< 3
Clorito	mg/L	1	< 0,04
Cloro Residual Livre	mg/L	0,2 - 5	0,58 - 1,09
2,4,6 Triclorofenol	mg/L	0,2	< 0,0024
Trihalometanos Totais	mg/L	0,1	< 0,01

Fonte: DMAE (2018).

Como se pode notar através da tabela 21, de janeiro a dezembro de 2017 não houve nenhuma não conformidade com os parâmetros químicos listados pela norma vigente, com valores inferiores aos máximos permitidos.

Dentre os itens listados, os agrotóxicos e os desinfetantes e produtos da desinfecção merecem maior destaque. Como existe atividade agrícola e agropastoril nas proximidades das margens do manancial de abastecimento, é importante verificar os valores dessas substâncias principalmente para certificar-se de que não está havendo o despejo indiscriminado de agrotóxicos no curso d'água. Como todos os agrotóxicos apresentaram valores inferiores ao VMP, não há indícios diretos desse crime ambiental.

Já nos desinfetantes e produtos da desinfecção, o principal parâmetro a ser analisado são os THMT, por todos os motivos aqui já tratados. Contudo, em nenhum dos meses analisados, o valor encontrado foi maior que 0,1 mg/L, excluindo a população abastecida pela ETA Renato de Freitas do risco cancerígeno dessa substância.

5.9 Análise do Flúor

Por fim, o flúor é um parâmetro do padrão de potabilidade que não interfere na qualidade da água tratada. Porém, é recomendada a adição de flúor na água para prevenção de cáries, principalmente nas crianças. A Tabela 22 apresenta os valores encontrados para o flúor na água fornecida pela ETA Renato de Freitas entre os meses de janeiro e dezembro de 2017.

Tabela 22 – Resultados para os valores de flúor entre janeiro e dezembro de 2017.

Flúor											
Mês	Unidade	Padrão de Potabilidade Portaria 2.914		Total Análise Estabelecidas		Total Análise Realizadas		Valor Médio Encontrado			
								Mínimo		Máximo	
		ETA	REDE	ETA	REDE	ETA	REDE	ETA	REDE	ETA	REDE
Janeiro	mg/l	< 1,5	< 1,5	372	0	743	142	0,59	0,61	0,81	0,98
Fevereiro	mg/l	< 1,5	< 1,5	330	0	659	135	0,59	0,50	0,76	0,86
Março	mg/l	< 1,5	< 1,5	330	0	660	142	1,08	1,10	0,51	0,51
Abril	mg/l	< 1,5	< 1,5	360	0	719	105	0,65	0,33	0,75	1,04
Maio	mg/l	< 1,5	< 1,5	367	0	734	154	0,57	0,49	0,77	0,73
Junho	mg/l	< 1,5	< 1,5	359	0	719	125	0,52	0,51	0,72	0,89
Julho	mg/l	< 1,5	< 1,5	358	0	715	125	0,56	0,54	0,72	0,76
Agosto	mg/l	< 1,5	< 1,5	372	0	743	111	0,62	0,35	0,74	0,72
Setembro	mg/l	< 1,5	< 1,5	358	0	715	99	0,65	0,29	0,73	0,93
Outubro	mg/l	< 1,5	< 1,5	368	0	736	97	0,63	0,78	0,77	1,01
Novembro	mg/l	< 1,5	< 1,5	359	0	718	96	0,58	0,30	0,73	1,06
Dezembro	mg/l	< 1,5	< 1,5	372	0	744	148	0,56	0,26	0,73	0,91

Fonte: DMAE (2018).

Observa-se que em todos os meses analisados, os valores de flúor estão em conformidade com o padrão estabelecido pela Portaria 2.914/2011 (BRASIL, 2011). Entende-se que, em relação ao flúor, a população terá uma boa saúde dentária, e cáries poderão ser amenizadas.

6 CONCLUSÃO

Durante o ano de 2017, de janeiro a dezembro, a ETA Renato de Freitas atendeu com maestria os requisitos da Portaria Nº 2.914/2011, fornecendo uma água tratada de ótima qualidade ao consumidor uberlandense.

Com a análise dos resultados disponíveis, constatou-se que, biologicamente a água fornecida pela ETA está em perfeitas condições, não apresentando não-conformidade em nenhum dos meses analisados. A ausência de coliformes totais na saída da estação indica um eficiente processo de tratamento, e na rede de distribuição indica a integridade do sistema de abastecimento. Já a ausência de E. coli indica sobretudo que a água fornecida pela unidade de Renato de Freitas está isenta de contaminação fecal.

Para a turbidez, os valores foram muito satisfatórios na saída do tratamento, porém, na rede de distribuição já apresentou valores maiores que o estabelecido pela Portaria 2.914/2011. Na

saída dos filtros, não se tem informações acerca de qual a porcentagem das amostras ultrapassou o valor de 0,5 NTU, como impõe a norma para o final do ano de 2017. Contudo, sabe-se que esses valores não chegaram a 1 NTU, o que é relativamente satisfatório para barrar a passagem de organismos resistentes ao cloro pelos filtros.

Em todos os meses analisados a estação Renato de Freitas (Sucupira) conseguiu atingir um ótimo fator de cor aparente na saída da ETA, com valores muito baixos. Contudo na rede esse valor foi alto em alguns meses, atingindo valor maiores que os permitidos. Isso pode ser alarmante no que se refere à integridade do sistema. Pode não estar havendo contaminação biológica, porém isso não impede de materiais sólidos de diferentes naturezas, orgânicos, entre outros estarem tendo acesso ao sistema de distribuição. A limpeza dos reservatórios e a idade das tubulações podem estar causando o aumento na cor também.

Os parâmetros pH, cianotoxinas, padrões organolépticos, substâncias químicas e flúor apresentaram conformidade em todos os meses analisados, apresentando ótimos resultados nos laudos laboratoriais. A ausência de agrotóxicos é muito importante visto que existe atividade agrícola nas proximidades do manancial.

Com relação ao cloro residual, verificou-se conformidade com o recomendado, valores inferiores ao mínimo recomendado pode se tornar um problema caso aconteça alguma contaminação biológica após a saída da ETA. Isso explica também o fato de não haver quantidades em excesso de THMT, pois a quantidade de cloro está baixa, sendo que a cor aparente está alta em algumas situações. Contudo, não foram encontrados coliformes nem *E. coli* no sistema, o que indica que a concentração de cloro para a desinfecção está sendo eficiente.

No geral, verificou-se que a qualidade da água abastecida pela ETA Renato de Freitas (Sucupira) é de ótima qualidade e atende, apesar das considerações aqui feitas, o padrão de potabilidade vigente no Brasil. Prova disso, o Trata Brasil publicou no Ranking do Saneamento (2018), que em 2018 Uberlândia conquistou o 3º lugar em saneamento básico entre as 100 maiores cidades do Brasil. Nesse ano o município obteve 100 % no indicador de atendimento total de água, e nota 1,0 em atendimento da água (máximo 1,0). No ano de 2017 o município ocupou o 2º lugar. Boa parte dessas conquistas se devem ao trabalho do DMAE no abastecimento da água em Uberlândia.

REFERÊNCIAS

ABNT. **NBR 12216 - Projeto de Estação de Tratamento de Água para Abastecimento Público**. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro, p. 18. 1992.

ACHON, C. L.; BARROSO, M. M.; CORDEIRO, J. S. Resíduos de estações de tratamento de água e a ISO 24512: desafio do saneamento brasileiro. **Eng Sanit Ambient**, São Paulo, v. 18, n. 2, p. 115-122, 2013. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/esa/v18n2/a03v18n2.pdf>>. Acesso em: 3 junho 2018.

AEGEA. AEGEA. **Cada gota que tratamos carrega parte do futuro**, 2018. Disponível em: <<http://www.aegea.com.br/>>. Acesso em: 11 maio 2018.

AMBIENTE BRASIL. Ambiente Água. **Toxinas de algas: riscos à saúde pública**, 2001. Disponível em: <http://ambientes.ambientebrasil.com.br/agua/artigos_agua_doce/toxinas_de_algas%3A_riscos_%C3%A0_saude_publica.html>. Acesso em: 3 julho 2018.

BITTENCOURT, C.; PAULA, M. A. S. D. **Tratamento de Água e Efluentes - Fundamentos de Saneamento Ambiental e Gestão de Recursos Hídricos**. São Paulo: Érica Saraiva, 2014.

BRASIL. **Portaria Nº 2.194 - Padrões de Potabilidade de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador**. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador. Brasília. 2011.

CARBOCLORO. **FISPQ - Ficha de Informações de Segurança de Produto Químico: Cloro**. São Paulo. 2006.

CEDAE. Companhia Estadual de Águas e Esgotos. **Certificado de Recorde Mundial**, Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <<http://www.cedae.com.br/img/guandu/guandu.pdf>>. Acesso em: 27 junho 2018.

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

DMAE. Prefeitura Municipal de Uberlândia. **Departamento Municipal de Água e Esgoto**, 2018. Disponível em: <<http://www.dmae.mg.gov.br/>>. Acesso em: 15 maio 2018.

INSTITUTO TRATA BRASIL. Itb. **Trata Brasil - Saneamento e Saúde**, 2018. Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br/images/estudos/itb/ranking-2018/realatorio-completo.pdf>>. Acesso em: 22 junho 2018.

KOWATA, E. A.; RIBEIRO, J. T.; TELLES, D. D. Estudo da influência da turbidez e cor declinantes sobre a coagulação de água de abastecimento no mecanismo de absorção-neutralização de cargas, Campinas, 1995. Disponível em: <<http://bt.fatecsp.br/system/articles/115/original/trabalho5.pdf>>. Acesso em: 10 junho 2018.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de Qualidade e Tratamento de Água**. 3ª. ed. Campinas: Átomo, 2010.

MEYER, S. T. O uso de cloro na desinfecção de águas, a formação de trihalometanos e os riscos potenciais à saúde pública. **Cad. Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 10 (1), p. 99-110, jan/mar 1994. Disponível em: <<http://scielo.br/pdf/%0D/csp/v10n1/v10n1a11.pdf>>. Acesso em: 11 junho 2018.

MITTELSTAEDT, S.; CARVALHO, V. M. D. Escherichia coli enterohemorrágica (EHEC) O157:H7 - revisão. **Rev Inst Ciênc Saúde**, v. 24(3), p. 175-82, 2006.

PÁDUA, V. L. D.; FERREIRA, A. C. D. S. Qualidade da Água para Consumo Humano. **Abastecimento de Água para Consumo Humano**, Belo Horizonte, 2006. 153-221.

RICHTER, C. A.; AZEVEDO NETTO, J. M. **Tratamento de água. Tecnologia atualizada**. São Paulo: Edgard Blucher, 1991.

UBERLÂNDIA. **Plano Municipal de Saneamento Básico**. Comitê Técnico de Regulação dos Serviços Municipais de Saneamento Básico - CRESAN. Uberlândia. 2012.

VIANNA, M. R. **Hidráulica Aplicada às Estações de Tratamento de Água**. 4ª. ed. Belo Horizonte: Imprimatur Artes, 2002.

WASHINGTON STATE DEPARTMENT OF HEALTH. Group B Public Water Systems - Coliform Bacteria. **Department of Health [US]**, 2015. Disponível em: <<https://www.doh.wa.gov/CommunityandEnvironment/DrinkingWater/WaterSystemAssistance/GroupB/GeneralInformation/ColiformBacteria>>. Acesso em: 03 junho 2018.