

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
FACULDADE DE FARMÁCIA**

Marília Lima Roberto

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA BRUTA, TRATADA E DISTRIBUÍDA DE
UM ESTABELECIMENTO PRODUTOR E COMERCIALIZADOR DE ALIMENTOS**

Juiz de Fora

2018

Marília Lima Roberto

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA BRUTA, TRATADA E DISTRIBUÍDA DE
UM ESTABELECIMENTO PRODUTOR E COMERCIALIZADOR DE ALIMENTOS**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado à Faculdade de Farmácia da
Universidade Federal de Juiz de Fora,
como requisito parcial para obtenção do
título de Bacharel em Farmácia.

Orientador: Prof. Dr. Humberto Moreira Húngaro

Juiz de Fora

2018

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Roberto, Marília Lima.

Avaliação da qualidade da água bruta, tratada e distribuída de um estabelecimento produtor e comercializador de alimentos / Marília Lima Roberto. -- 2018.

44 p. : il.

Orientador: Humberto Moreira Húngaro

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Farmácia e Bioquímica, 2018.

1. Potabilidade. 2. Escherichia coli. 3. Cloro residual livre. 4. Análises laboratoriais. I. Húngaro, Humberto Moreira, orient. II. Título.

Marília Lima Roberto

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA BRUTA, TRATADA E DISTRIBUÍDA DE
UM ESTABELECIMENTO PRODUTOR E COMERCIALIZADOR DE ALIMENTOS**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado à Faculdade de Farmácia da
Universidade Federal de Juiz de Fora,
como requisito parcial para obtenção do
título de Bacharel em Farmácia.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Humberto Moreira Húngaro - Orientador
Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof. Dr. Fabiano Freire Costa
Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof^a. Dr^a. Mirian Pereira Rodarte
Universidade Federal de Juiz de Fora

Msc. Vanessa dos Santos Temponi
Universidade Federal de Juiz de Fora

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me permitido chegar até aqui e concluir mais uma etapa na minha vida.

A minha mãe, pessoa fundamental para realização desse sonho que me incentivou, apoiou, compreendeu minhas decisões e esteve sempre ao meu lado.

Ao meu professor e orientador Humberto, pelas oportunidades e conhecimentos passados, sua paciência e dedicação para a conclusão desse trabalho.

A toda minha família e amigos, por comemorar e sentirem-se realizados com as minhas conquistas.

Aos amigos do LAAA, pela oportunidade de crescimento, alegrias e o aprendizado durante a graduação.

As amigadas da faculdade, que tornaram os momentos difíceis em risadas, sempre com pensamentos positivos e palavras amigas que me ajudaram muito.

A todos, o meu muito obrigado!

RESUMO

Este trabalho teve por objetivo avaliar a qualidade de amostras de água bruta, tratada e distribuída de um estabelecimento produtor e comercializador de alimentos. Foi realizado um levantamento de todos os boletins de análises de águas desse estabelecimento recebidas no LAAA durante o período de 2015 a 2017. Durante esse período, foram analisadas oito amostras de água bruta, oito amostras de água tratada e 17 amostras de água distribuída, quanto aos padrões físico-químicos e microbiológicos, cujos resultados foram avaliados de acordo com as especificações da Portaria nº 5/2017 do Ministério da Saúde. Observou-se que oito (100%) amostras de água bruta, cinco (62,5%) amostras de água tratada e 13 (76,5%) amostras de água distribuída estavam em desacordo com os padrões legais vigentes durante os três anos do estudo. Os parâmetros que mais se apresentaram em desacordo foram CRL (39,4%), CBH (33,3%), CT (33,3%), pH (24,2%), cor (12,1%), ferro total (6,1%), *E. coli* (6,1%) e turbidez (3%). Essas não conformidades podem indicar falhas no tratamento, ocorrência de infiltrações ou rupturas na rede de distribuição, formação de biofilmes e necessidade de verificação das condições de manutenção e limpeza das caixas d'água e da rede de distribuição. Os resultados obtidos a partir da avaliação da qualidade da água durante o período de estudo, demonstraram que não houve uma redução no número de reprovações nas amostras de água tratada e nem nas de água distribuída. O mesmo ocorreu para a água bruta, na qual se observou reprovações de todas as amostras analisadas nos três anos. Porém, uma melhora em relação à presença de *E. coli* foi detectada neste tipo de água a partir de 2015. Dessa forma, conclui-se que, ao se considerar a amostragem analisada no presente estudo, o tratamento da água para esse estabelecimento produtor e comercializador de alimentos pode não estar adequado e nem ser eficiente, necessitando de ajustes para atendimento aos padrões de potabilidade vigentes.

Palavras-chaves: Potabilidade. *Escherichia coli*. Cloro residual livre. Análises laboratoriais.

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the quality of crude, treated and distributed water samples from an establishment producing and marketing food. A survey of all reports of water analysis received in LAAA during the period 2015 to 2017. During this period, eight samples of raw water, eight samples of treated water and 17 samples of distributed water were analyzed for physico-chemical and microbiological standards, whose results were evaluated according to the specifications of Administrative Rule n° 5/2017 of the Ministry of Health. It was observed that eight (100%) samples of raw water, five (62.5%) samples of treated water and 13 (76.5%) samples of distributed water were in disagreement with the legal standards in force during the three years of the study. The parameters that presented the most disagreement were CRL (39.4%), CBH (33.3%), CT (33.3%), pH (24.2%), color (12.1%), total iron (6.1%), *E. coli* (6.1%) and turbidity (3%). These nonconformities may indicate treatment failures, occurrence of infiltrations or disruptions in the distribution network, formation of biofilms and need to verify the conditions of maintenance and cleaning of the water boxes and distribution network. The results obtained from the evaluation of water quality during the study period, showed that there was no reduction in the number of disapprovals in the samples of treated water nor in those of distributed water. The same occurred for the raw water, in which it observed disapprovals of all samples analyzed in the three years. However, an improvement in the presence of *E. coli* was detected in this type of water from 2015. Thus, it is concluded that, when considering the sampling analyzed in the present study, the water treatment for this establishment producing and marketing food may not be adequate and efficient, necessitating adjustments to meet current drinking standards.

Keywords: Potability. *Escherichia coli*. Free residual chlorine. Laboratory analysis.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	Esquema das etapas envolvidas na tecnologia de tratamento convencional da água bruta.....	21
Figura 2	Número de amostras de água bruta, coletadas entre 2015 a 2017, em desacordo com os padrões legais vigentes.....	28
Figura 3	Número de amostras de água tratada, coletadas entre 2015 a 2017, em desacordo com os padrões legais vigentes.....	31
Figura 4	Número de amostras de água distribuída, coletadas entre 2015 a 2017, em desacordo com os padrões legais vigentes....	32
Figura 5	Perfil de reprovação dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos segundo a origem das amostras de água analisadas	32

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Classificação da dureza da água.....	16
Tabela 2	Resultados das análises microbiológicas e físico-químicas das águas bruta, tratada e distribuída no período de 2015 a 2017.....	29

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A	Ausência
Al. Bic	Alcalinidade em bicarbonato
BH	Bactérias heterotróficas
Cor ap.	Cor aparente
Cl	Cloretos
CBH	Contagem de bactérias heterotróficas
CRL	Cloro residual livre
CT	Coliformes totais
D	Dureza
DQO	Demanda química de oxigênio
<i>E. coli</i>	<i>Escherichia coli</i>
EUFI	The European Food Information Council
F	Ferro total
LAAA	Laboratório de Análises de Alimentos e Águas
N	Nitrato
Ni	Nitrito
NR	Não realizado
pH	Potencial hidrogeniônico
P	Presença
STD	Sólidos totais dissolvidos
T	Turbidez
UFJF	Universidade Federal de Juiz de Fora
UFC	Unidade formadora de colônia

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	REVISÃO DE LITERATURA	12
2.1	A IMPORTÂNCIA DA ÁGUA E SUA QUALIDADE.....	12
2.2	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICAS DA ÁGUA POTÁVEL.....	13
2.2.1	Características físicas	14
2.2.1.1	Cor aparente.....	14
2.2.1.2	Turbidez.....	14
2.2.1.3	Sólidos totais dissolvidos (STD).....	15
2.2.2	Características químicas	15
2.2.2.1	pH e alcalinidade.....	15
2.2.2.2	Dureza.....	16
2.2.2.3	Demanda química de oxigênio (DQO).....	17
2.2.2.4	Nitrato e nitrito.....	17
2.2.2.5	Ferro total.....	17
2.2.2.6	Cloretos.....	18
2.2.2.7	Cloro residual livre (CRL).....	18
2.2.3	Características biológicas	19
2.2.3.1	Bactérias heterotróficas (BH).....	19
2.2.3.2	Coliformes totais (CT).....	19
2.2.3.3	<i>Escherichia coli</i>	20
2.3	TECNOLOGIA DE TRATAMENTO CONVENCIONAL.....	20
2.3.1	Coagulação	21
2.3.2	Floculação	22
2.3.3	Decantação	22
2.3.4	Filtração	23
2.3.5	Desinfecção	23
2.3.6	Correção do pH	24
3	OBJETIVOS	25
3.1	OBJETIVO GERAL.....	25

3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	25
4	MATERIAIS E MÉTODOS.....	26
4.1	LEVANTAMENTO DE DADOS.....	26
4.2	AVALIAÇÃO DA QUALIDADE.....	26
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	28
5.1	LEVANTAMENTO DE DADOS E AVALIAÇÃO DOS INDICADORES DE QUALIDADE DAS AMOSTRAS DE ÁGUA.....	28
5.1.1	AVALIAÇÃO DE BACTÉRIAS HETEROTRÓFICAS (BH).....	34
5.1.2	AVALIAÇÃO DE COLIFORMES TOTAIS (CT) E <i>Escherichia coli</i>	35
5.1.3	AVALIAÇÃO DO pH.....	36
5.1.4	AVALIAÇÃO DA COR, TURBIDEZ E FERRO TOTAL.....	36
5.1.5	AVALIAÇÃO DO CLORO RESIDUAL LIVRE (CRL).....	38
6	CONCLUSÃO.....	40
	REFERÊNCIAS.....	41

1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso de grande importância, indispensável ao ser humano e aos demais seres vivos (SCURACCHIO; FARACHE FILHO, 2011). Esse recurso natural é utilizado em várias atividades como a irrigação agrícola, o abastecimento público e de indústrias, preservação da vida aquática e atividades recreativas (FARIA et al., 2013). Entretanto, devido à capacidade da água em veicular contaminantes físico-químicos e microbiológicos, é importante realizar seu tratamento para garantir que ela não ofereça riscos à saúde de seus consumidores (SCURACCHIO; FARACHE FILHO, 2011).

Dessa maneira, para designar a tecnologia de tratamento para obtenção da água potável, deve-se realizar análises microbiológicas e físico-químicas na água bruta, para definir suas características e as alterações que ela está sujeita devido aos fenômenos naturais (LIBÂNIO, 2010). Além disso, essas análises também são importantes após o tratamento da água para a verificação da sua qualidade e durante sua distribuição e, principalmente, nos reservatórios particulares, pois ela pode estar sujeita a contaminação devido à vedação inadequada das caixas d'água e pela falta de controle na limpeza (YAMAGUCHI et al., 2013).

Em estabelecimentos produtores e comercializadores de alimentos, a preocupação com as doenças veiculadas pela água deve ser alta, pois os alimentos produzidos podem ser comprometidos pela falta de qualidade da água. Assim, a água destinada à produção de alimentos, seja como ingrediente ou em processos de higienização, deve ser monitorada para garantir um produto final seguro e sem riscos para o consumidor (CASTRO; ESPONTÃO, 2010).

Além disso, os alimentos produzidos e comercializados por estes estabelecimentos podem alcançar um número muito alto de pessoas, dentre elas, indivíduos com baixa imunidade, o que facilita as infecções por micro-organismos oportunistas (YAMAGUCHI et al., 2013).

Portanto, o monitoramento da qualidade da água durante as etapas de captação, tratamento e distribuição é fundamental para assegurar a saúde de seus consumidores diretos ou indiretos, bem como, na verificação do sistema de tratamento a fim de adotar medidas preventivas e corretivas. Além de ser importante a existência de um banco de dados que permite um conhecimento e controle maior das características da água ao longo do ano para adequação do tratamento.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A IMPORTÂNCIA DA ÁGUA E SUA QUALIDADE

A água é um recurso essencial para a existência de vida no planeta, devido a sua influência na saúde, na qualidade de vida e no desenvolvimento humano (FALAVINHA; DEGENHARDT, 2014). Porém, para existência e o bem estar do homem, este recurso deve ser disponibilizado em quantidade suficiente e em boa qualidade (BARBIERI et al., 2013). Além disso, a água é um recurso fundamental na maioria das atividades econômicas, principalmente na agricultura e na indústria (CASTRO; ESPONTÃO, 2010).

Apesar da importância da água para a sobrevivência humana e nas atividades econômicas, nem toda água é adequada para o consumo (CASTRO; ESPONTÃO, 2010), pois nela pode haver presença de micro-organismos e substâncias químicas, transformando-a em uma fonte de transmissão de doenças.

De acordo com *The European Food Information Council* (EUFIC) (2015), a água potável é fornecida à indústria alimentícia pelo governo local ou em particular pela própria empresa de alimentos, podendo ser obtida de águas superficiais (rios e lagos), águas subterrâneas (nascentes naturais, poços), águas pluviais ou marinhas (tratadas em dessalinização).

Inúmeras atividades realizadas em estabelecimentos produtores e comercializadores de alimentos envolvem a água e, portanto, de grande importância à garantia da sua potabilidade, pois ela está relacionada com a limpeza de bancadas, higiene dos funcionários na manipulação dos alimentos, lavagem dos utensílios e equipamentos dos setores alimentícios como a padaria, refeitório dos colaboradores, açougue, além da utilização como ingrediente para a produção de alimentos (CASTRO; ESPONTÃO, 2010). Além disso, há possibilidade de contaminação direta por meio dos bebedouros presentes no estabelecimento, disponibilizados tanto para os funcionários quanto para os clientes.

Dessa forma, é possível perceber a importância da execução das análises microbiológicas e físico-químicas para verificação da qualidade da água destinada ao consumo humano de forma direta ou indireta, a fim de comprovar a ausência ou

presença de micro-organismos ou substâncias químicas que podem ser prejudiciais à saúde dos consumidores (MACEDO et al., 2018).

Neste contexto, a Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017, determina que para toda água destinada ao consumo humano deve-se realizar o controle e a vigilância da sua qualidade. De acordo com essa Portaria, para a garantia da potabilidade, a água deve estar em conformidade com padrão microbiológico e de substâncias químicas que representam riscos à saúde (BRASIL, 2017).

2.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICAS DA ÁGUA POTÁVEL

Até meados do século XX, a água estava apta para o consumo se estivesse límpida, sem odor e sabor agradável ao paladar. Porém, percebeu-se que esse tipo de avaliação não era confiável, não garantia a inexistência de micro-organismos patogênicos e substâncias químicas prejudiciais à saúde na água (CARVALHO, A.P.M. et al., 2017).

A qualidade da água é determinada pelas condições naturais como o contato com partículas, substâncias e impurezas do solo por meio do escoamento e infiltração da água da chuva. Além das interferências provocadas pela atuação do homem, como a geração de resíduos domésticos ou industriais, utilização de agrotóxicos e fertilizantes, que podem ser incorporados à água (SPERLING, 2017).

Devido às várias condições ambientais que a água está exposta, é necessário que ela passe por um tratamento para torná-la potável. Porém, no tratamento são utilizados produtos químicos que devem ser monitorados durante e depois dos processos, para garantir que a água não apresente resíduos que possam ocasionar problemas de saúde ao consumidor (FREITAS et al., 2002).

Dessa forma, para que a água destinada ao consumo humano atenda ao padrão de qualidade regido pela legislação vigente, deve-se realizar análises das características físicas, químicas e biológicas, a fim de garantir a potabilidade dessa água e, portanto, não ofereça riscos à saúde (BRASIL, 2017; CARVALHO, A.P.M. et al., 2017).

2.2.1 Características físicas

2.2.1.1 Cor aparente

A coloração da água resulta da presença de substâncias nela dissolvida como compostos orgânicos, resultado da decomposição de plantas e animais (substâncias húmicas), resíduos de origem animal e vegetal e presença de ferro ou manganês (BRAGA, 2014; GOMES et al., 2012).

A cor de uma água é classificada em “cor verdadeira” e “cor aparente”. Para a primeira é realizado a centrifugação para retirar a cor provida da turbidez e obtém-se apenas a cor originada das substâncias dissolvidas. Enquanto o segundo, a coloração é determinada junto com os elementos em suspensão (PAVEI, 2006).

A importância da cor como parâmetro de qualidade está relacionada com a formação de produtos potencialmente cancerígenos no processo de cloração em águas com cor alterada. Além disso, a matéria orgânica pode conferir sabor e odor à água e propiciar condições para a formação de biofilmes na rede de distribuição (LIBÂNIO, 2010). Por essa razão, a água deve apresentar intensidade de cor aparente até 15 uH para estar dentro dos padrões de potabilidade (BRASIL, 2017).

2.2.1.2 Turbidez

A turbidez da água está relacionada com a quantidade de matéria suspensa de diferentes tamanhos. Esse fato leva a dispersão e absorção da luz e confere a água uma aparência turva, inadequada ao consumo (MACEDO et al., 2018).

Além de ser um parâmetro estético, determinar a turbidez é fundamental para garantir a desinfecção da água. A presença de partículas em suspensão pode funcionar como abrigo para micro-organismos, protegendo-os do agente bactericida (BRAGA, 2014). Desse modo, a legislação vigente determina o limite para a turbidez de 5 uT (BRASIL, 2017).

Além disso, a avaliação da turbidez pode também influenciar na escolha do tratamento da água. Uma amostra de água bruta com valor de turbidez inferior a 20 uT pode seguir para a filtração lenta. Entretanto, as amostras que apresentarem

valores superiores a 50 uT, devem ser submetidas à coagulação química e, posteriormente, à filtração (SPERLING, 2017).

2.2.1.3 Sólidos totais dissolvidos (STD)

Sólidos totais se dividem em STD e sólidos totais em suspensão (STS). Porém, apenas o primeiro apresenta padrão de potabilidade com limite de 1000 mg/L, pelo fato de estar relacionado com a presença de esgoto e por interferir nas características organolépticas da água (BRASIL, 2006). Além disso, os STD entram na água por meio de fontes naturais como processos erosivos, micro-organismos ou de forma antropogênica através da poluição (BRASIL, 2006).

A importância de analisar esse parâmetro consiste no fato de que altos teores de sais minerais como, por exemplo, sulfato e cloreto podem conferir sabor à água e corroboram para a corrosão nos sistemas de distribuição (VITÓ et al., 2016).

2.2.2 Características químicas

2.2.2.1 pH e alcalinidade

O potencial hidrogeniônico (pH), por meio da quantificação de íons hidrogênio (H^+), define a intensidade da acidez ou da alcalinidade da água. A variação do pH ocorre por origem natural através da dissolução de rochas, fotossíntese ou antropogênicas como resíduos domésticos e industriais (BRASIL, 2006).

O pH tem grande importância durante o tratamento da água, pois ele está relacionado com a eficiência dos processos de coagulação, floculação, filtração e desinfecção. Além de ser importante o seu controle após o tratamento, para garantir que não ocorra corrosão ocasionada pelo pH baixo e formação de incrustações possibilitadas pelo pH elevado nas tubulações (SPERLING, 2017).

A alcalinidade é responsável por indicar a quantidade de íons presentes na água capaz de neutralizar os H^+ . Os bicarbonatos (HCO_3^-), carbonatos (CO_3^{2-}) e hidróxidos (OH^-) são os principais constituintes da alcalinidade (BRASIL, 2006). As três formas de alcalinidade na água estão relacionadas com o pH: $pH > 9,4$

presença de hidróxidos e carbonatos; pH entre 8,3 e 9,4 carbonatos e bicarbonatos e pH entre 4,4 e 8,3 presença de bicarbonatos (SPERLING, 2017).

A alcalinidade também tem importância no tratamento da água, nos processos de coagulação e floculação. As substâncias alcalinas reagem com acidez do coagulante, para a obtenção de pH ótimo e, dessa forma, favorece boas condições para a formação de flocos (BRAGA, 2014). Geralmente, as águas naturais apresentam valores de alcalinidade de 30 a 500 mg/L de CaCO_3 (BRASIL, 2006).

2.2.2.2 Dureza

A dureza da água é definida pela concentração de cátions em solução, como alumínio, ferro, manganês, estrôncio e zinco. Porém, são os cátions cálcio e magnésio que, frequentemente, são os responsáveis pela dureza (PAVEI, 2006; SPERLING, 2017).

Esse parâmetro é expresso em mg/L de equivalente em carbonato de cálcio (CaCO_3) e pode ser classificado de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1: Classificação da dureza da água.

Classificação	Especificação
Mole ou branda	< 50 mg/L de CaCO_3
Dureza moderada	Entre 50 mg/L e 150 mg/L de CaCO_3
Dura	Entre 150 mg/L e 300 mg/L de CaCO_3
Muito dura	> 300 mg/L de CaCO_3

Fonte: BRASIL, 2006.

Determinadas concentrações de dureza podem ocasionar sabor desagradável à água, provocar efeitos laxativos, reduzir a formação de espumas, o que leva a um gasto maior de sabão e causar incrustações em tubulações de água quente (SPERLING, 2017). Por essa razão, o padrão de potabilidade estabelecido para água de abastecimento limita a dureza a 500 mg/L de CaCO_3 (BRASIL, 2017).

2.2.2.3 Demanda química de oxigênio (DQO)

A DQO indica a demanda de oxigênio necessário para estabilizar a matéria orgânica presente na água e, conseqüentemente, indica a presença dessas substâncias, que são as principais responsáveis pela redução na concentração de oxigênio (BRASIL, 2006).

A importância de determinar a DQO é a possibilidade de indicar o teor de matéria orgânica no corpo d'água, o que caracteriza o grau de poluição desse meio (SPERLING, 2017).

2.2.2.4 Nitrato e nitrito

Nitrato e nitrito são uma das formas que o nitrogênio pode ser encontrado na água. Esse elemento pode ser veiculado por meio de micro-organismos, despejos domésticos e industriais, excrementos de animais e fertilizantes (SPERLING, 2017). A importância de determinar as quantidades desses elementos na água deve-se ao fato de que o nitrato está associado à metahemoglobinemia, causada principalmente em bebês (LIBÂNIO, 2010). Em adultos, a atividade metabólica impede a conversão do nitrato em nitrito, que é o responsável por essa doença (BRASIL, 2006). Além disso, a conversão do nitrato a nitrito no organismo pode reagir com aminas primárias e secundárias e formar nitrosaminas e nitrosamidas, substâncias carcinogênicas. Já o consumo de água com presença de nitrito a intoxicação ocorre de forma direta (MILANEZ et al., 2015).

De acordo com Libânio (2010), água com concentração inferior a 10 mg/L, não ocasiona o desenvolvimento de metahemoglobinemia. Por esse fato, a Portaria nº 5/2017, determina o valor máximo permitido (VMP) para nitrato de 10 mg/L e nitrito de 1 mg/L (BRASIL, 2017).

2.2.2.5 Ferro total

O ferro pode ser encontrado nas águas naturais nas formas insolúvel (Fe^{3+}) e solúvel (Fe^{2+}). Frequentemente, em águas subterrâneas encontra-se o ferro na forma solúvel, devido às baixas concentrações de oxigênio dissolvido (LIBÂNIO, 2010).

A presença de ferro na água bruta é originada da dissolução de compostos de rochas e solos (LIBÂNIO, 2010). Enquanto na água distribuída, ele geralmente é proveniente das tubulações que muitas vezes são constituídas desse material (FREITAS et al., 2002). Além de conferir cor à água, esse elemento afeta as características organolépticas, pode provocar o aparecimento de incrustações e obstruções nas canalizações e ainda favorecer o desenvolvimento de ferro-bactérias (FREITAS et al., 2002). Por essa razão, a Portaria nº 5/2017 determina o VMP para ferro de 0,3 mg/L (BRASIL, 2017).

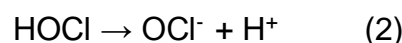
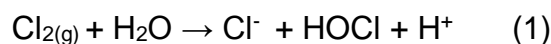
2.2.2.6 Cloretos

Os cloretos podem ser encontrados na água na forma de cloretos de sódio, cálcio e magnésio (BRASIL, 2013). A presença desses elementos no meio em questão pode ser devido à dissolução de minerais, entrada de águas salinas no manancial e/ou contato com despejos domésticos e industriais (SPERLING, 2017).

A importância de determinar a concentração de cloretos é devido à possibilidade de conferir um sabor salgado à água e produzir um efeito laxativo (SPERLING, 2017; BRASIL, 2013). Desse modo, a Portaria nº 5/2017 estabelece o VMP de 250 mg/L de cloretos para a água potável (BRASIL, 2017). Porém, quando a concentração de cloretos está acima do VMP, os métodos convencionais de tratamento não são capazes de removê-lo e pode ser utilizada a osmose reversa ou troca iônica (BRASIL, 2013).

2.2.2.7 Cloro residual livre (CRL)

O cloro (Cl_2) em meio aquoso se hidrolisa nos íons hidrogênio e cloreto e ácido hipocloroso (HOCl) que se dissocia e, conseqüentemente, forma o íon hipoclorito (OCl^-) (Equações 1 e 2) (LIBÂNIO, 2010).



O ácido hipocloroso e o íon hipoclorito são os responsáveis pela oxidação da matéria orgânica e inativação de micro-organismos. O somatório da concentração desses agentes determina o CRL presente na água, o qual pode sofrer interferência na ação desinfetante por meio da temperatura e pH do meio (NETO et al., 2013).

O CRL é importante na água para garantir a eliminação de possíveis organismos patogênicos, que por meio de infiltrações entram no sistema de distribuição (NETO et al., 2013). Porém, altas concentrações de cloro podem causar sabor e odor desagradáveis à água e têm a possibilidade de formação de subprodutos carcinogênicos (CARVALHO, A.P.M. et al., 2017). Dessa forma, a legislação preconiza que tenha de 0,2 mg/L a 2 mg/L de CRL, em qualquer ponto do sistema de distribuição (BRASIL, 2017).

2.2.3 Características biológicas

2.2.3.1 Bactérias heterotróficas (BH)

As BH são micro-organismos que utilizam o carbono orgânico como fonte de energia (LIBÂNIO, 2010). Elas fornecem informações sobre a qualidade bacteriológica da água, pois a contagem de BH é capaz de detectar micro-organismos provindos da formação de biofilmes na rede de distribuição (DOMINGUES et al., 2007).

A maioria das BH não é patogênica, mas podem representar riscos à saúde para pessoas imunodeprimidas e deteriorar a qualidade da água com formação de odor e sabor desagradáveis (BRASIL, 2013). Além disso, alta densidade de BH pode comprometer a detecção de coliformes por produção de fatores de inibição (BRASIL, 2013; MARCHETI; CALDAS, 2011). Então, com o objetivo de avaliar a qualidade microbiológica da água e a integridade do sistema de distribuição, a Portaria n° 5/2017 recomenda que não ultrapasse o limite de 500 UFC/mL de BH (BRASIL, 2017).

2.2.3.2 Coliformes totais (CT)

Os CT são bacilos gram-negativos, aeróbios ou anaeróbios facultativos, não formadores de esporos, capazes de fermentar lactose com produção de ácido, gás e aldeído a 35 °C em 24 a 48 horas (BRASIL, 2013). Esse grupo de micro-organismos é formado por bactérias isoladas de águas, solos, fezes humanas e de animais de sangue quente. Dessa forma, CT podem ser de origem ambiental, encontrados em solos e águas não poluídos e não apenas de origem intestinal. Por

isso, quando detectada a presença desses micro-organismos na água, eles não devem ser utilizados como indicadores de contaminação fecal (SPERLING, 2017).

A presença apenas de coliformes na água não representa perigo à saúde, mas pode indicar a presença de outros micro-organismos causadores de problemas ao homem (DERISIO, 2012). Na água tratada, se houver a presença de CT sugere que o tratamento foi inadequado ou ocorreu contaminação posteriormente ao tratamento. Portanto, os CT podem indicar como está a eficiência do tratamento e a integridade da rede de distribuição (SPERLING, 2017). De acordo com a legislação vigente, a água para consumo humano deve estar ausente de CT (BRASIL, 2017).

2.2.3.3 *Escherichia coli*

E. coli é a principal bactéria do grupo de coliformes termotolerantes, que é um subgrupo dos CT, capazes de fermentar lactose e manitol, com produção de ácido e aldeído a 45 °C em 24 horas (BRASIL, 2013; SPERLING, 2017). O *habitat* primário de *E. coli* é o trato intestinal de homens e animais (BRASIL, 2013). Dessa forma, corpos d'águas com presença de *E. coli*, indicam contato dessa água com esgotos domésticos ou despejos de criação de animais (SPERLING, 2017).

As análises de detecção de *E. coli* na água bruta têm como objetivo avaliar a possibilidade da presença de protozoários ou outros patógenos para as águas da estação de tratamento. Dessa maneira, esse micro-organismo funciona como um marcador da qualidade da água tratada e da eficiência do tratamento. Além disso, *E. coli* auxilia na avaliação da integridade da rede de distribuição (LIBÂNIO, 2010). Dessa forma, a Portaria nº 5/2017 determina que a água para consumo humano deve estar ausente de *E. coli* (BRASIL, 2017).

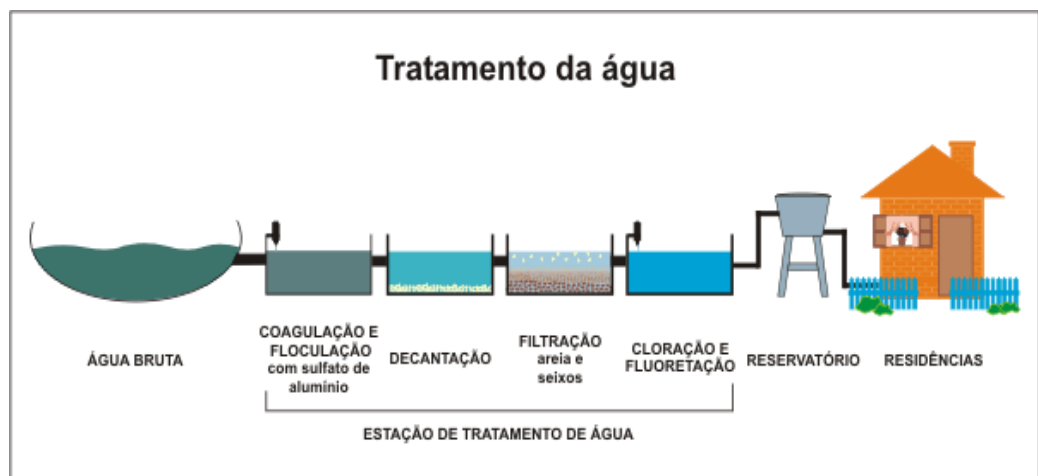
2.3 TECNOLOGIA DE TRATAMENTO CONVENCIONAL

O tratamento da água consiste na remoção de partículas suspensas e coloidais, matéria orgânica, micro-organismos e outras substâncias que podem ser nocivas à saúde humana, possíveis de estar em águas naturais (LIBÂNIO, 2010). Porém, a escolha da tecnologia de tratamento da água para consumo humano depende de alguns fatores como características da água bruta, os custos

envolvidos, o manuseio e a confiabilidade dos equipamentos e a localização geográfica (LIBÂNIO, 2010).

A principal tecnologia utilizada no Brasil é o tratamento convencional, por ser um processo mais robusto, capaz de adequar as etapas do tratamento as características da água bruta e suas variações causadas pela sazonalidade (MELO, 2014). As etapas envolvidas nesse tratamento são coagulação, floculação, decantação, filtração e ajustes finais, como a desinfecção, fluoretação e ajuste de pH (BRAGA, 2014).

Figura 1: Esquema das etapas envolvidas na tecnologia de tratamento convencional da água bruta.



Fonte: Serviço autônomo de saneamento de Pelotas (SANEP, 2018).
Disponível em: <http://server.pelotas.com.br/sanep/tratamento/>
Acesso: 25 de jun. 2018

2.3.1 Coagulação

O processo de coagulação consiste na desestabilização de partículas coloidais e suspensas por meio de ações físicas e reações químicas que envolvem o coagulante (geralmente um sal de alumínio ou de ferro), a água e as impurezas nela presentes. Para estabelecer o contato do produto da reação, coagulante e água, com as impurezas, realiza-se uma mistura rápida que leva à desestabilização das partículas. Com a aproximação e colisão das partículas desestabilizadas, há formação de flocos que podem ser removidos por decantação e filtração (LIBÂNIO, 2010).

Nessa etapa, espera-se que sejam removidas partículas suspensas, coloidais, dissolvidas e outros contaminantes que ocasionam turbidez, cor, odor e sabor à água (FRANCISCO et al., 2011). Entretanto, a coagulação pode ser influenciada por alguns fatores, como o tipo e a quantidade de coagulante, o tamanho das partículas causadoras de cor e turbidez, o pH e a alcalinidade da água bruta, a uniformidade de aplicação do coagulante na água e temperatura (LIBÂNIO, 2010; PAVEI, 2006).

2.3.2 Floculação

A floculação é o processo em que ocorre a formação de flocos, os quais por meio da agitação aderem-se uns aos outros, o que os tornam mais densos para posteriormente serem decantados (DUALIBI, 2010). Desse modo, para uma separação sólido-líquido satisfatória, é necessário garantir que os flocos tenham um aumento de dimensão física e, conseqüentemente, haverá redução de sua concentração na água (FILHO FERREIRA, 2017).

A ineficiência desse processo está relacionada com o desempenho da coagulação (LIBÂNIO, 2010) e com a velocidade de agitação, a qual deve diminuir gradualmente, para permitir a formação de flocos e evitar a pré-sedimentação ou quebra dos flocos formados (MIRANDA; MONTEGGIA, 2007).

2.3.3 Decantação

Na decantação são fornecidos aos flocos formados na etapa anterior condições para a ocorrência da sedimentação por ação da gravidade (LIBÂNIO, 2010). Esse processo ocorre no decantador que, geralmente, é um tanque retangular com fundo inclinado (BRASIL, 2014), onde os flocos vão decantar e formar e uma camada de lodo (DUALIBI, 2010).

Com o acúmulo de lodo, é necessária a realização de limpeza do decantador, pois pode ocorrer a putrefação que libera gases, capazes de provocar odor e sabor na água. Essa etapa do tratamento prepara a água para a filtração, portanto se a decantação for eficiente, a filtração também será (BRASIL, 2014).

2.3.4 Filtração

Explica-se a necessidade da realização da filtração, devido ao fato de que por mais que a sedimentação tenha ocorrido de forma satisfatória, ela não é capaz de remover 100% das partículas coloidais presentes na água (FILHO FERREIRA, 2017). Por essa razão, a principal função da filtração consiste na remoção das partículas responsáveis pela cor e turbidez, cuja presença pode comprometer a desinfecção na inativação de micro-organismos patogênicos (LIBÂNIO, 2010).

Além disso, a filtração tem grande importância, pois caso ocorra falhas nos processos anteriores, essa etapa pode corrigi-las e garantir a qualidade da água tratada (LIBÂNIO, 2010). Porém, se ocorrer algum problema com o funcionamento da filtração, pode comprometer as características estéticas da água, além de proporcionar riscos na etapa de desinfecção (FILHO FERREIRA, 2017).

2.3.5 Desinfecção

Durante a decantação e a filtração, pode ocorrer a redução de micro-organismo por meio da remoção de agregados de partículas suspensas e coloidais. Porém, o processo que está diretamente relacionado com a inativação de micro-organismos patogênicos é a desinfecção, a qual também previne o crescimento microbiológico no sistema de distribuição (LIBÂNIO, 2010).

Para a desinfecção pode ser utilizado cloro gasoso, hipoclorito de cálcio, hipoclorito de sódio, dióxido de cloro, ozônio e radiação ultravioleta. Mas é o cloro o agente desinfectante mais usado, devido ao seu poder de desinfecção e seu preço mais baixo (RECESA, 2008). A reação de cloro gasoso com a água gera o ácido hipocloroso que se dissocia em íon hipoclorito. O ácido hipocloroso tem um maior potencial oxidante e com sua concentração alta na água ocasiona uma maior desinfecção (BRAGA, 2014).

O ideal é que a desinfecção das águas ocorra em pH ácido do que em pH alcalino, pois o poder bactericida do cloro aumenta à medida que o pH diminui (DOS SANTOS; MAIA, 2015; PAVEI, 2006). Outros fatores além do pH podem influenciar na eficiência da desinfecção, assim como a quantidade do sanitizante, o tempo de contato, a mistura do agente com a água e os tipos de micro-organismos a serem inativados (RECESA, 2008).

2.3.6 Correção do pH

A correção do pH consiste na última etapa do tratamento, caso seja necessário (RECESA, 2008). É um método para prevenção de corrosão do encanamento ocasionado por um pH baixo. Então, alcaliniza-se a água para remover o gás carbônico e levar a formação de uma película de carbonato na superfície interna das canalizações (BRASIL, 2014). O produto mais comum utilizado para aumentar o pH é a cal virgem ou hidratada (RECESA, 2008).

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a qualidade físico-química e microbiológica da água bruta, tratada e distribuída de um estabelecimento produtor e comercializador de alimentos por três anos consecutivos.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar um levantamento dos resultados das análises da água bruta, tratada e distribuída;
- Avaliar a qualidade físico-química e microbiológica das amostras de acordo com a legislação;
- Avaliar as variações dos resultados analíticos dos três tipos de água no decorrer dos anos;
- Analisar o desempenho do tratamento da água por meio dos resultados das amostras.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 LEVANTAMENTO DE DADOS

Para a realização deste trabalho foram analisados os boletins de análises de amostras de água bruta, tratada e distribuída, coletadas em vários setores de um estabelecimento produtor e comercializador de alimentos da cidade de Juiz de Fora-MG. As amostras foram coletadas em frascos próprios para cada tipo de análise (físico-química ou microbiológica) durante o período de 2015 a 2017 e enviadas ao Laboratório de Análises Alimentos e Águas (LAAA) da Faculdade de Farmácia da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF).

Foram coletados os resultados analíticos de 33 amostras de água analisadas pela equipe técnica do LAAA durante o período do estudo. Destas amostras, oito foram coletadas na torneira do poço (água bruta), oito obtidas na saída do tratamento (água tratada) e 17 amostras coletadas em setores do estabelecimento, incluindo refeitório, padaria e bebedouro (água distribuída). Os resultados e informações das amostras de águas do presente estudo foram obtidos por meio de avaliação do banco de dados no LAAA.

Observa-se que foram coletados um número pequeno de amostras durante o período de estudo, porém essas quantidades de coletas foram determinadas e agendadas pelo responsável da qualidade da água do estabelecimento em questão. Além disso, as coletas dos diferentes tipos de amostra foram realizadas pelos próprios solicitantes das análises e cada amostra foi coletada em dias diferentes, com uma diferença entre as coletas de meses, intervalos que também foram definidos pelos próprios interessados nas análises ao LAAA.

4.2 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE

Os parâmetros selecionados para avaliação da qualidade foram alcalinidade, cloretos, cloro residual livre, demanda química de oxigênio, dureza, ferro total, sólidos totais dissolvidos, nitrato, nitrito, turbidez, cor aparente, pH, contagem de bactérias heterotróficas, coliformes totais e presença de *E. coli*. As análises microbiológicas e físico-químicas foram realizadas de acordo com a

metodologia adaptada do *Standard Methods for the examination of water and Wastewater* (APHA, 2005).

Para a verificação da qualidade da água bruta, tratada e distribuída quanto às características físico-químicas e microbiológicas, foram adotados os padrões estabelecidos pela Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017 (BRASIL, 2017).

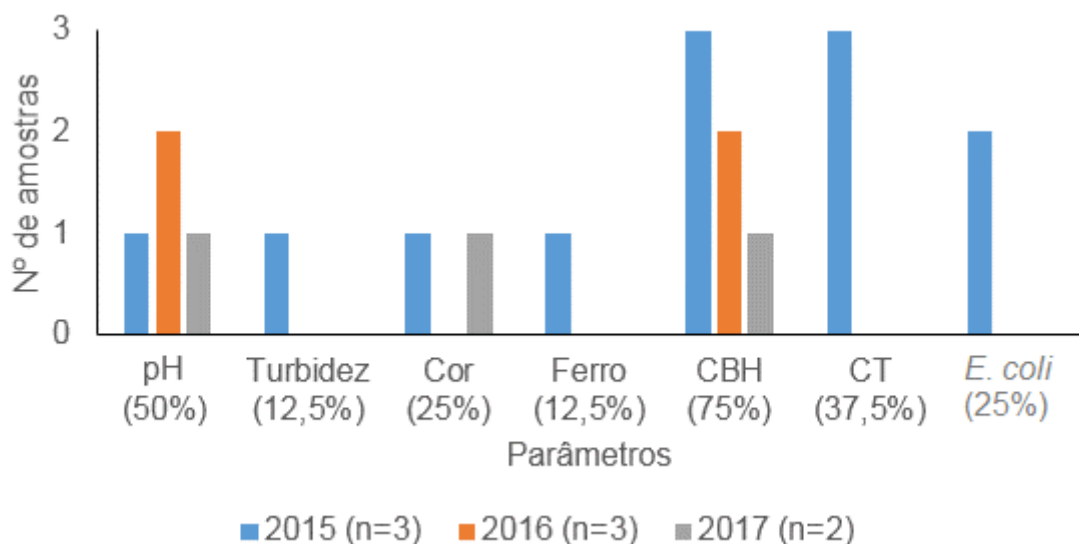
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 LEVANTAMENTO DE DADOS E AVALIAÇÃO DOS INDICADORES DE QUALIDADE DAS AMOSTRAS DE ÁGUA

Durante o período de estudo, analisou-se 33 amostras de águas, das quais oito (24,2%) foram de água bruta, oito (24,2%) de água tratada e 17 (51,5%) de água distribuída, provenientes de um estabelecimento produtor e comercializador de alimentos, localizado na cidade de Juiz de Fora-MG. Destas amostras, 26 (78,8%) estavam em não conformidade com a legislação vigente em pelo menos um dos parâmetros analisados (Tabela 2).

Do total de amostras em desacordo, oito são referentes à água bruta, as quais apresentaram problemas na contagem de bactérias heterotróficas (seis amostras – 75%), pH (quatro amostras – 50%), coliformes totais (três amostras – 37,5%), *E. coli* (duas amostras – 25%), cor (duas amostras – 25%), ferro total (uma amostra – 12,5%) e turbidez (uma amostra – 12,5%) (Figura 2).

Figura 2: Número de amostras de água bruta, coletadas entre 2015 a 2017, em desacordo com os padrões legais vigentes.



CBH: Contagem de bactérias heterotróficas; CT: Coliformes totais.

* Não foi realizada análise de cloro residual para a água bruta.

Fonte: AUTOR

Tabela 2: Resultados das análises microbiológicas e físico-químicas das amostras de água bruta, tratada e distribuída no período de 2015 a 2017.

Parâmetros			Al. ¹ Bic. (mg/L)	Cl (mg/L)	CRL (mg/L)	DQO (mg/L)	D (mg/L)	F (mg/L)	pH	STD (mg/L)	N (mg/L)	Ni (mg/L)	T (uT)	Cor Ap. (uH)	CBH ² Log (UFC/mL)	C T	E. coli
Especificações ³				250,00	0,20 – 2,00		500,00	0,30	6,00- 9,50	1000,00	10,00	1,00	5,00	15,00	2,70	A	A
Tipo de água	Ano	n															
Água bruta	2015	3	70,00	33,08	NR	6,90	65,20	0,77	6,37	215,00	0,11	0,04	8,78	64,90	5,48	P	P
			7,50	16,66	NR	0,90	40,00	0,02	5,45	116,00	0,04	0,02	0,00	0,00	3,70	P	A
			27,50	21,27	NR	1,00	50,00	0,01	6,18	92,72	1,85	0,02	0,72	9,00	3,88	P	P
	2016	3	5,00	15,95	NR	0,15	5,00	0,03	5,98	38,55	1,07	0,00	0,00	11,70	4,93	A	A
			17,25	17,72	NR	0,80	47,00	0,04	6,00	80,12	0,53	0,01	1,15	1,20	4,60	A	A
			0,00	19,16	NR	0,00	22,00	0,00	4,77	68,93	3,76	0,04	0,58	5,30	0,70	A	A
	2017	2	10,00	17,74	NR	0,95	30,00	0,00	5,52	42,00	6,56	0,00	0,58	1,00	1,76	A	A
			5,50	22,69	NR	0,00	33,00	0,00	6,15	84,86	6,28	0,18	2,83	45,00	2,82	A	A
	Água tratada	2015	3	9,00	21,76	0,09	0,00	26,5	0,03	6,05	105,00	0,86	0,00	0,00	NR	1,38	A
40,80				1,51	1,35	0,25	40,01	0,10	6,53	56,00	NR	NR	0,14	0,00	0,00	A	A
8,50				7,99	1,00	0,60	24,98	0,02	7,05	45,00	NR	NR	0,00	0,00	0,00	A	A
2016		3	21,25	20,21	0,00	29,50	0,00	5,94	5,94	98,48	3,42	0,00	3,43	77,40	0,00	A	A
			14,75	21,15	0,25	0,00	32,00	0,00	6,37	76,58	2,26	0,00	0,58	0,00	2,08	A	A
			10,75	22,69	0,06	1,10	30,50	0,00	6,22	94,00	4,00	0,00	0,00	3,20	1,34	A	A
2017		2	15,75	16,64	0,05	0,34	30,00	0,00	6,65	78,12	0,76	0,09	0,00	0,00	3,28	A	A
			15,00	21,90	0,06	2,70	40,00	0,00	4,82	85,36	0,13	0,00	0,58	0,00	1,34	A	A
Água distribuída	2015	3	9,75	20,00	0,17	0,00	23,50	0,01	5,68	82,00	1,37	0,00	0,72	NR	2,33	A	A
			8,00	14,82	0,08	0,38	23,50	0,10	5,74	NR	NR	NR	0,00	0,00	0,78	A	A
			47,00	2,18	0,68	0,30	34,00	0,00	6,76	57,00	NR	NR	0,00	0,00	0,00	A	A
	2016	6	19,50	16,30	0,87	0,90	52,00	0,07	6,42	73,00	1,30	0,00	0,58	15,40	3,36	P	A
			13,50	11,30	0,60	0,80	35,00	0,06	6,71	64,99	0,22	0,02	0,58	7,50	0,30	A	A
			15,00	8,93	0,80	1,50	35,00	0,12	6,66	50,75	0,00	0,00	0,29	9,60	0,00	P	A
			21,00	24,81	0,08	1,30	30,00	0,00	6,17	93,11	8,40	0,00	0,86	15,00	2,15	P	A

(Continuação...)

Tabela 2: Resultados das análises microbiológicas e físico-químicas das amostras de água bruta, tratada e distribuída no período de 2015 a 2017.

Parâmetros			Al. ¹ Bic. (mg/L)	Cl (mg/L)	CRL (mg/L)	DQO (mg/L)	D (mg/L)	F (mg/L)	pH	STD (mg/L)	N (mg/L)	Ni (mg/L)	T (uT)	Cor Ap. (uH)	CBH ² Log (UFC/mL)	C T	E. coli
Especificações ³				250,00	0,20 – 2,00		500,00	0,30	6,00- 9,50	1000,00	10,00	1,00	5,00	15,00	2,70	A	A
Tipo de água	Ano	n															
Água distribuída	2016	6	13,00	18,08	0,09	0,40	32,50	0,00	6,44	78,04	3,52	0,00	0,14	7,10	1,29	P	A
			12,00	19,50	1,04	0,10	27,00	0,00	6,84	77,24	2,15	0,00	0,00	0,00	2,20	P	A
	2017	8	17,50	15,16	0,00	0,05	27,00	0,00	6,71	76,04	0,00	0,00	0,72	4,30	2,36	A	A
			2,50	24,46	0,00	1,50	36,00	0,00	6,07	76,00	1,99	0,00	0,14	0,00	2,20	A	A
			14,00	18,52	0,00	0,00	35,00	0,00	6,55	87,96	6,24	0,00	0,00	0,00	4,30	P	A
			10,50	19,50	0,81	0,00	28,50	0,00	6,64	76,16	6,32	0,00	0,00	0,00	0,00	A	A
			11,00	13,50	1,46	0,80	22,00	0,05	7,03	57,63	1,51	0,00	0,24	0,50	4,34	P	A
			10,75	14,70	0,99	0,70	28,00	0,00	7,01	57,91	1,58	0,00	0,24	1,17	4,28	P	A
			20,00	24,90	0,00	1,00	39,00	0,00	6,68	94,23	4,64	0,00	0,00	3,70	1,83	A	A
			17,00	24,10	1,74	0,20	40,00	0,00	6,57	85,09	4,28	0,00	0,58	4,00	0,60	A	A

Al. Bic: Alcalinidade em bicarbonato; Cl: Cloretos; CRL: Cloro residual livre; DQO: Demanda química de oxigênio; D: Dureza; F: Ferro total; STD: Sólidos totais dissolvidos; N: Nitrato; Ni: Nitrito; T: Turbidez; CBH: Contagem de bactérias heterotróficas; CT: Coliformes totais; P: Presença; A: Ausência. NR: Não realizado.

¹ Alcalinidade em carbonatos e hidróxidos foi igual a zero para todas as amostras analisadas.

² As amostras com log igual a zero correspondem a ≤ 1 UFC/mL.

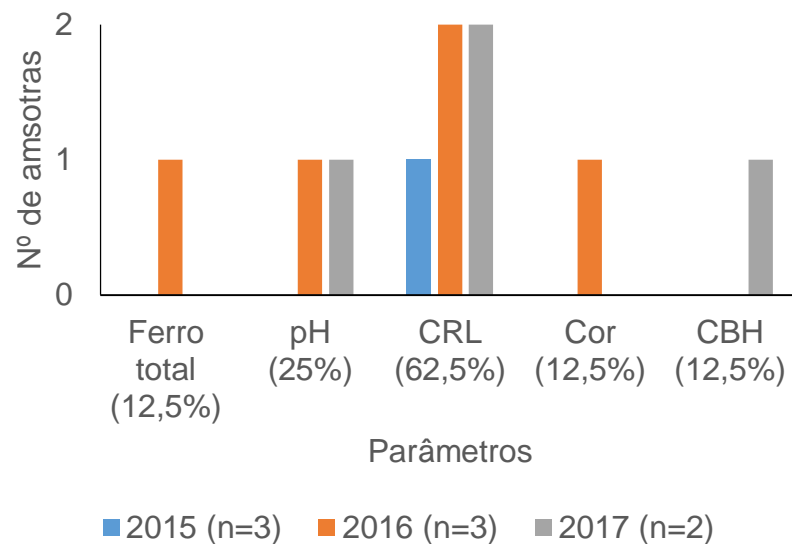
³ Os valores das especificações foram obtidos da Portaria de Consolidação nº 5/2017 (BRASIL, 2017).

Os valores em negrito não atendem aos padrões estabelecidos pela Portaria nº 5/2017.

Fonte: AUTOR

Em relação à água tratada, das oito amostras que foram analisadas, cinco não estavam em conformidade com os padrões legais. As quais apresentaram problemas com os níveis de cloro residual livre (cinco amostras – 62,5%), pH (duas amostras – 25%), cor (uma amostra – 12,5%), ferro total (uma amostra – 12,5%) e contagem de bactérias heterotróficas (uma amostra – 12,5%) (Figura 3).

Figura 3: Número de amostras de água tratada, coletadas entre 2015 a 2017, em desacordo com os padrões legais vigentes.



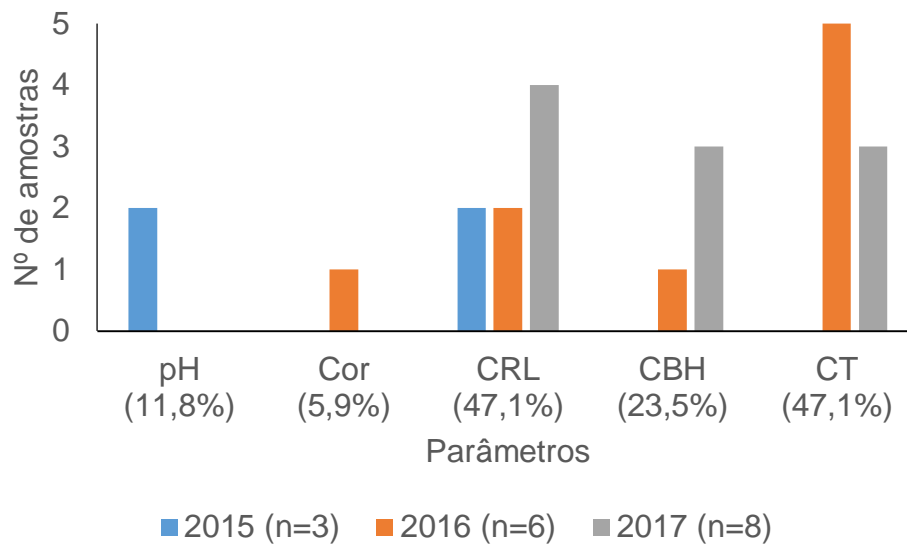
CRL: Cloro residual livre; CBH: Contagem de bactérias heterotróficas.
Fonte: AUTOR

Enquanto para água distribuída, das 17 amostras analisadas, 13 não estavam em conformidade com a legislação vigente. Essas amostras apresentaram problemas com coliformes totais (oito amostras – 47,1%), cloro residual livre (oito amostras – 47,1%), contagem de bactérias heterotróficas (quatro amostras – 23,5%), pH (duas amostras – 11,8%) e cor (uma amostra – 5,9%) (Figura 4).

Observou-se que o parâmetro responsável pela reprovação da maioria das amostras de água tratada e distribuída (52%) foi a baixa concentração de cloro residual livre, inferior ao limite preconizado na legislação (Figura 5), fator que indica falhas no processo de desinfecção e falta de padronização na adição do sanitizante. Esse resultado é preocupante, devido à importância da desinfecção da água na

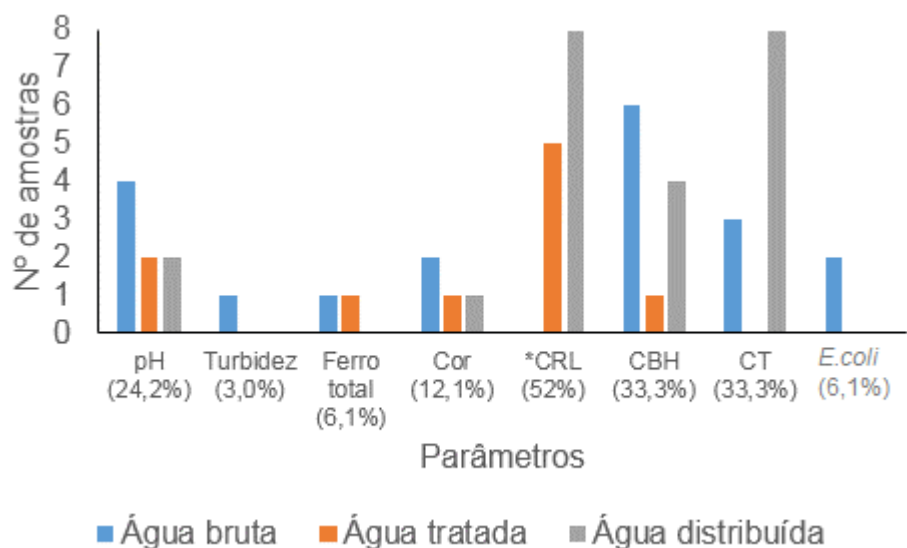
inativação de micro-organismos patogênicos, a fim de minimizar possíveis contaminações durante a sua distribuição e armazenamento (BRASIL, 2006).

Figura 4: Número de amostras de água distribuída, coletadas entre 2015 a 2017, em desacordo com os padrões legais vigentes.



CRL: Cloro residual livre; CBH: Contagem de bactérias heterotróficas; CT: Coliformes totais.
Fonte: AUTOR

Figura 5: Perfil de reprovação dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos segundo a origem das amostras de água analisadas.



CBH: Contagem de bactérias heterotróficas; CT: Coliformes totais; CRL: Cloro residual livre. * Não foi realizado análise de cloro residual para a água bruta.
Fonte: AUTOR

Desse modo, não é surpresa que os outros parâmetros com maior número de reprovações foram a presença de coliformes totais (33,3%) e a contagem de bactérias heterotróficas (33,3%) acima do valor recomendado (500 UFC/mL). Entretanto, não é possível correlacionar esses problemas somente com as baixas concentrações de CRL, já que não foram só as amostras com falhas em desinfecção que apresentaram problemas com contaminação microbiológica.

Esse mesmo fato foi observado no trabalho realizado por Carmo et al. (2008) que avaliaram a qualidade da água na saída do tratamento e na rede de distribuição. Eles observaram que apenas 16% das amostras positivas ou negativas para CT poderiam ser explicadas pela variação de CRL. Porém, no trabalho realizado por Freire e Lima (2012), observou-se nas amostras de água com maior média de CRL (1,2 mg/L) uma densidade de BH de 50 UFC/mL, enquanto nas amostras com média menor de CRL (0,3 mg/L) obteve-se 250 UFC/mL, portanto, à medida que a concentração de CRL diminuiu, a quantidade de bactérias heterotróficas aumentou.

Os valores elevados de bactérias heterotróficas e coliformes totais encontrados no presente trabalho, podem estar relacionados com falta de proteção do poço, falhas no processo de desinfecção, presença de infiltrações ou rupturas na rede, formação de biofilmes nas tubulações, deficiência de manutenção e limpeza da caixa d'água e da rede de distribuição.

No período de 2015 a 2017, observou-se que os três tipos de água avaliados apresentaram um aumento das reprovações. Porém, pode-se afirmar esse aumento apenas dentro da amostragem realizada no presente estudo, a qual foi considerada baixa. O número de amostras de água tratada reprovadas nos três anos foi de 33,3%, 66,7% e 100%, respectivamente. Já para as amostras de água distribuída as reprovações foram de 66,7%, 83,3% e 75% neste mesmo período. Enquanto para as amostras de água bruta, todas estavam em não conformidade em pelo menos um dos parâmetros analisados. Porém, uma melhora em relação à presença de CT e *E. coli* foi detectada neste tipo de água a partir de 2015.

Em relação aos outros parâmetros analisados como cloretos, dureza, sólidos totais dissolvidos, nitrato e nitrito, todas as amostras avaliadas estavam de acordo com a legislação vigente.

5.1.1 AVALIAÇÃO DE BACTÉRIAS HETEROTRÓFICAS (BH)

Em relação às BH nas amostras de água bruta, observou-se que pelo menos uma amostra apresentou contagem acima do valor recomendado (500 UFC/mL) em cada um dos anos avaliados no estudo, o que indica um problema recorrente de contaminação por esse grupo de micro-organismos. Porém, pode-se perceber que ocorreram melhoras nos resultados das análises de contagem de BH que foram realizadas ao longo dos anos estudados, com média de 4,4, 3,4 e 2,3 log UFC/mL nos anos de 2015, 2016 e 2017, respectivamente.

A contaminação microbiológica nas águas de poços pode estar relacionada com a falta de proteção e a profundidade do poço, pois uma profundidade inferior a 20 metros contribui para a exposição da água aos contaminantes, devido à redução do tempo de contato entre a água da superfície com o solo, reduzindo o efeito de filtração (DE CASTRO, 2011).

Nos resultados das análises para a água tratada, observou-se uma melhora da qualidade da água em comparação com a água bruta, por não haver contagem de BH acima do valor recomendado nas análises realizadas em 2015 e 2016. No entanto, uma amostra apresentou contagem acima do recomendado em 2017 (3,3 log UFC/mL), o que pode ser explicado por falhas no processo de desinfecção, pois essa amostra apresentou concentração de CRL igual a 0,05 mg/L, abaixo do limite mínimo determinado (0,2 mg/L).

Em relação à água distribuída, quatro amostras (uma em 2016 e três em 2017) apresentaram quantidade de BH acima do recomendado pela Portaria nº 5/2017, o que indica falhas no processo de desinfecção, colonização ou formação de biofilmes no sistema de distribuição (DOMINGUES et al., 2007). Resultados semelhantes foram encontrados na avaliação de bebedouros no Campus Universitário de Ipatinga (MG), na qual a água analisada nos pontos de coleta apresentou contagem de BH acima 500 UFC/mL em algum momento do estudo (CARVALHO, D.R. et al., 2009).

Altas densidades de BH podem ocasionar a deterioração da qualidade da água, com formação de odores e sabor desagradáveis, além de indicar a presença de nutrientes que podem favorecer crescimento bacteriano ou presença de micro-organismos patogênicos como, por exemplo, *Pseudomonas aeruginosa*, por isso a importância da avaliação desse parâmetro (BRUM et al., 2016).

5.1.2 AVALIAÇÃO DE COLIFORMES TOTAIS (CT) E *Escherichia coli*

Os resultados das análises de água bruta mostraram 100% das amostras que foram analisadas em 2015 apresentaram CT, das quais 66,7% também apresentaram *E. coli*. Esses fatores indicam uma possível falha da proteção desse poço e/ou contaminação do lençol freático, corroborando também com a contagem elevada de BH nessas amostras. Nas análises realizadas em 2016 e 2017, não foram detectadas a presença de CT e *E. coli*, ou seja, houve melhora da qualidade microbiológica dessa água ao longo desses anos, provavelmente, o problema que ocasionava a contaminação foi solucionado.

Em relação à água tratada, não houve nenhuma amostra avaliada no período do estudo com presença de CT e/ou *E. coli*. Esse resultado indica que a água bruta não apresentava contaminação por esses micro-organismos ou o tratamento foi eficiente.

No trabalho desenvolvido por Peil et al. (2015), que avaliaram a qualidade da água bruta e da água tratada no município de Pelotas-RS, considerou-se a água bruta como imprópria para o consumo devido à presença de CT e *E. coli*, porém após o tratamento não foi detectada nenhuma dessas bactérias.

Nas amostras de água distribuída analisadas no presente estudo, em 2015, não houve a presença de CT. Observou-se a presença desses micro-organismos apenas em algumas amostras analisadas em 2016 e 2017, mas com ausência de *E. coli*. Os CT atuam como indicadores da integridade do sistema de distribuição, então a detecção desses micro-organismos nas amostras de água em 2016 e 2017, pode ser explicada por ocorrência de infiltrações ou rupturas na rede e formação de biofilmes, que podem ocasionar a contaminação da água (CARMO et al. 2008).

A presença de *E. coli* na água indica contaminação fecal e, conseqüentemente, essa água passa a ser uma fonte perigosa à saúde, por esse micro-organismo ser um indicador da possível presença de patógenos, além dessa bactéria também apresentar diferentes sorotipos capazes de provocar doenças no homem (MARCHETI; CALDAS, 2011; PEIL et al., 2015).

5.1.3 AVALIAÇÃO DO pH

Em relação ao pH, algumas amostras apresentaram valores abaixo do permitido na legislação (pH 6,0), das quais uma amostra coletada em 2015 apresentou pH de 5,45, duas amostras em 2016 com valores de pH de 4,77 e 5,98 e outra em 2017 com pH de 5,52. Esses resultados caracterizam águas mais ácidas, o que pode ser explicado também pela baixa concentração de alcalinidade em bicarbonatos encontrada nestas amostras (7,5; 0 e 5; 10 mg/L CaCO₃).

Nas amostras de água tratada, observou-se uma maior adequação das amostras à legislação quanto aos valores de pH. Apenas em duas amostras os valores de pH estavam abaixo do preconizado, uma delas coletada em 2016 (pH 5,94) e a outra em 2017 (pH 4,82). No trabalho realizado por Neto et al. (2013), a água da saída do tratamento apresentou valor de pH de 4,5, abaixo do padrão de potabilidade, fato justificado por uma falha no bombeamento do agente corretor de pH. Essa mesma falha pode ter ocorrido no sistema de tratamento de água no presente estudo ou pode ser devido ao baixo pH da água bruta.

Quanto às amostras de água distribuída, o pH estava em não conformidade em duas amostras de 2015 (pH 5,68 e 5,74). Observou-se que não existe uma correlação entre o número de amostras com valores de pH fora dos padrões legais em relação as coletas realizadas na saída do tratamento e sistema de distribuição. Esse fato pode ser explicado pela diferença entre os tempos de coletas dessas amostras.

O pH não tem tanta interferência na saúde pública, apenas se estiver em valores extremamente baixos ou altos, que pode ocasionar irritação na pele e nos olhos. Destaca-se a sua importância durante o tratamento da água em etapas como a coagulação, desinfecção e remoção da dureza e na distribuição. Uma água com pH baixo pode causar corrosão das tubulações e peças do abastecimento e o pH elevado possibilita a formação de incrustações nas tubulações e nas peças das águas de abastecimento (SPERLING, 2017).

5.1.4 AVALIAÇÃO DA COR, TURBIDEZ E FERRO TOTAL

Duas amostras de água bruta apresentaram valores de cor aparente fora dos padrões de potabilidade, em 2015 (64,9 uH) e 2017 (45 uH). Nesta amostra

coletada em 2015, os valores de turbidez (8,78 uT) e ferro total (0,77 mg/L) também estavam acima do padrão legal permitido. De acordo com Gomes et al. (2012), a cor da água provém de substâncias dissolvidas nela como, por exemplo, o ferro ou manganês.

Em relação à água tratada, apenas uma amostra coletada em 2016 apresentou valores elevados para a cor aparente (77,4 uH) e ferro total (5,94 mg/L), demonstrando novamente a correlação entre estes parâmetros.

Para a água distribuída, dentre esses três parâmetros em questão, houve não conformidade apenas para cor (15,4 uH) em uma amostra de 2016.

A cor da água não representa risco direto à saúde, mas esse fator pode fazer com que as pessoas desconfiem dessa água, assim como ocorre com a turbidez, a água fica com um aspecto desagradável comprometendo a satisfação do consumidor (SPERLING, 2017). Além disso, a cloração da água com matéria orgânica dissolvida pode gerar produtos altamente cancerígenos. A presença de sólidos em suspensão também pode servir de abrigo para micro-organismos patogênicos e, dessa forma, prejudica a cloração (SCURACCHIO; FARACHE FILHO, 2011; SPERLING, 2017).

Em relação ao ferro, não existem evidências de efeitos nocivos à saúde, mas sua presença na água pode levar a rejeição do consumidor devido à coloração acastanhada que ele proporciona à água, além de manchar roupas e louças de sanitários e permitir o desenvolvimento de ferro-bactérias. Essas bactérias encontram-se principalmente nas redes de distribuição e podem causar odor desagradável na água e a formação de incrustações de ferro na rede (CARMO et al., 2008; FREITAS et al., 2002).

Foram observadas variações nos resultados de cor e turbidez nas amostras de água da saída do tratamento. Uma amostra em 2016 apresentou cor aparente de 77,4 uH e turbidez 3,43 uT, o que sugere que esse sistema de tratamento pode não estar preparado para mudanças bruscas da água bruta. Essas mudanças podem estar relacionadas com períodos chuvosos que aumenta o escoamento superficial e o carreamento de partículas e impurezas, o que torna a água mais turva e com cor aparente elevada (ALMEIDA et al., 2017).

Provavelmente, no tratamento dessa amostra de água tratada coletada em 2016, ocorreram falhas na coagulação. Essas falhas podem ser ocasionadas pelo tipo e a concentração de coagulante, o pH e a alcalinidade da água bruta, a

origem e o tamanho das partículas responsáveis pela cor e turbidez ou pela ausência de uniformidade da mistura do coagulante na água (LIBÂNIO, 2010).

Conseqüentemente, se houve falhas no processo de coagulação, os processos seguintes (floculação e decantação) não vão ser eficientes. Porém, podem também ocorrer problemas durante a floculação, gerados pela intensidade da agitação ou pelo tempo de floculação. Esses fatores vão determinar a densidade e o tamanho dos flocos formados para a redução da cor e turbidez na decantação da água (LIBÂNIO, 2010).

Ao se observar os valores obtidos de cor nas amostras de água distribuída, nota-se que apesar de uma amostra em 2016 estava fora do padrão de potabilidade de cor, as outras amostras seguintes apresentaram variações elevadas, desde a ausência de coloração até o limite máximo permitido, 15 uH. Esses valores altos como, por exemplo, 9,5 uH e 7,5 uH em algumas amostras, sugere que essa água quando chegou do tratamento apresentava uma coloração maior, mas na caixa d'água pode ter ocorrido a sedimentação das partículas e dessa forma reduziu sua cor.

Alterações na cor e turbidez nas amostras de água distribuída podem indicar a necessidade de uma verificação das condições de manutenção e limpeza da rede de distribuição e/ou da caixa d'água (FREITAS et al., 2002).

5.1.5 AVALIAÇÃO DO CLORO RESIDUAL LIVRE (CRL)

Nas análises de amostras de água tratada, o parâmetro com maior número de não conformidades foi a concentração de CRL, a qual apresentou nos três anos do presente estudo pelo menos uma amostra abaixo do limite mínimo estabelecido pela Portaria nº 5/2017 (BRASIL, 2017).

Assim como foi observado na água tratada, na água distribuída também houve reprovação de amostras pelos níveis baixos de CRL nos três anos analisados. Fato que pode ser justificado pelos baixos resultados de CRL observados nas amostras de água da saída do tratamento. Além disso, o cloro é utilizado para a inativação de micro-organismos e oxidação de matéria orgânica e inorgânica (LIBÂNIO, 2010). Dessa forma, se houver a presença desses fatores na tubulação ou na caixa d'água, vai ocasionar a perda de CRL.

De Oliveira et al. (2018) avaliaram a qualidade físico-química e microbiológica de águas de bebedouros de escolas públicas na cidade de Timon-MA e obtiveram apenas 10% das amostras com concentração de CRL dentro do padrão estabelecido (0,2 – 2,0 mg/L). Resultados contrários, foram obtidos por Costa et al. (2015) que observaram 100% das amostras de bebedouros em escolas públicas em Matias Barbosa-MG, estavam dentro dos valores de referência para o CRL.

Níveis de CRL abaixo do limite mínimo estabelecido tornam a água uma fonte potencial de risco, pela possibilidade de contaminação por micro-organismos e não existir um agente bactericida para protegê-la. Em adição, valores acima do limite máximo ou abaixo do limite mínimo estabelecido pela legislação indicam falhas no tratamento dessa água, provavelmente no processo de desinfecção por falta de padronização na adição do sanitizante.

Na água da saída do tratamento foram encontrados valores com muita variação, desde resultados com ausência de CRL até valor máximo de 1,35 mg/L. Em um total de oito amostras realizadas em 2015, 2016 e 2017, cinco (62,5%) amostras estavam com os níveis de CRL abaixo de 0,2 mg/L.

Nas amostras de água distribuída também se observou essa variação do CRL, desde sua ausência até um valor máximo de 1,74 mg/L. Em um total de 17 amostras, oito (47%) apresentaram níveis de CRL abaixo do preconizado pela legislação. Quatro (50%) dessas oito amostras em não conformidade apresentaram ausência de CRL.

Esses resultados indicam a possibilidade de problemas no tratamento dessas águas na etapa de desinfecção, a qual pode estar relacionada com o tempo de contato da água com o agente de desinfecção, com a dosagem aplicada do agente ou com a homogeneização que não dispersa o desinfetante uniformemente por toda a água (LIBÂNIO, 2010).

6 CONCLUSÃO

- Um elevado número de amostras coletadas (78,8%) estava em não conformidade com os padrões legais vigentes, o que compromete a utilização dessa água para o consumo humano e indicam falhas no sistema de tratamento da água.
- O principal parâmetro físico-químico em não conformidade foi o CRL e em relação aos parâmetros microbiológicos, o principal problema foi com a CBH e CT.
- Durante o período de estudo, por meio apenas das amostras que foram analisadas, observou-se um aumento das reprovações nos três tipos de água avaliadas. Resultados que, dentro das limitações da amostragem realizada no estudo, sugerem ineficiência do tratamento, falta de preparação e adequação do processo de acordo com as mudanças da água bruta, por exemplo, pela sazonalidade.
- Durante os três anos de estudo, foi avaliado um pequeno número de amostras (33 amostras no total) por parte do estabelecimento produtor e comercializador de alimentos, o que dificulta uma verificação e adequação do sistema de tratamento da água. Além disso, as amostras foram coletadas em dias diferentes o que impede a realização de uma avaliação conjunta do processo.
- Contudo, esse estabelecimento deve procurar realizar mais análises durante o ano, a fim de avaliar as variações das características da água, para possuir um controle e adequação do tratamento e, desse modo, ter certeza da eficiência ou não do tratamento da água desse estabelecimento.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, M.C.; SILVA, M.M.; DE PAULA, M. Avaliação do desempenho de uma estação de tratamento de água em relação à turbidez, cor e pH da água. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais**, v. 5, n. 1, p. 25-40, 2017.
- APHA. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 21th ed. Washington: American Public Health Association, 2005.
- BARBIERI, M.D.P.; SANTOS, C.S.; RITA, F.S.; DE MORAIS, M.A. Qualidade microbiológica da água de algumas nascentes de Muzambinho, MG. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, Edição Especial n.1, p. 79-84, 2013.
- BRAGA, F.P. **Avaliação de desempenho de uma estação de tratamento da água do município Juiz de Fora-MG**. 2014. 61 p. Trabalho de conclusão de Curso (Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental) – Faculdade de Engenharia, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2014.
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano**. Brasília, DF, 212 p. 2006.
- BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Manual prático de análise de água**. 4 ed. Brasília, DF, 150 p. 2013.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS**. Brasília, DF, 112 p. 2014.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017. Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2017.
- BRUM, B.R.; OLIVEIRA, N.R.; REIS, H.C.O.; LIMA, Z.M.; MORAIS, E.B. Qualidade das águas de poços rasos em área com déficit de saneamento básico em Cuiabá, MT: Avaliação microbiológica, físico-química e fatores de risco à saúde. **Holos**, v. 2, p. 179-188, 2016.
- CARMO, R.F.; BEVILACQUA, P.D.; BASTOS, R.K.X. Vigilância da qualidade da água para consumo humano: Abordagem qualitativa da identificação de perigos. **Engenharia sanitária ambiental**, v. 13, n.4, p. 426-434, 2008.
- CARVALHO, A.P.M.; SILVA, J.N.; DOS SANTOS, V.S.; FERRAZ, R.R. Avaliação dos parâmetros de qualidade da água de abastecimento alternativo no distrito de Jamacaru em Missão Velha-CE. **Revista de Iniciação Científica, Tecnológica e Artística**, São Paulo, v. 7, n.1, p. 35-51, 2017.
- CARVALHO, D.R.; FORTUNATO, J.N.; VILELA, A.F.; BADARÓ, A.C.L. Avaliação da qualidade físico-química e microbiológica da água de um Campus Universitário de Ipatinga-MG. **Nutrir Gerais- Revista Digital de Nutrição**, Ipatinga, v.3, n. 5, p. 417-427, 2009.

CASTRO, A.M.; ESPONTÃO, R.T. Avaliação dos parâmetros físico-químicos da água de abastecimento industrial de um frigorífico do Triângulo Mineiro. **PUBVET**, Londrina, v. 4, n.18, Ed. 123, Art. 830, 2010.

COSTA, T. de A.; DE MELO, L.; CAMPOS, CAMPOS, L.M.; DA SILVA, J.B.; FABRI, R.L. Avaliação da qualidade físico-química e microbiológica de águas de bebedouros de escolas do município de Matias Barbosa, Minas Gerais. **Revista Eletrônica Acervo Saúde**, v. 7, n. 1, p. 736-741, 2015.

DE CASTRO, R.P.T. **Avaliação das condições construtivas das captações de água do assentamento Canudos em Goiás**. 2011. 47 p. Trabalho de conclusão de Curso (Curso de Engenharia Civil) - Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás, Goiânia. 2011.

DE OLIVEIRA, E.M.; RIBEIRO, D.M.; CRONEMBERGER, M.G.de O.; DE CARVALHO, W.F.; LIMA, M.D.P.; SOUSA, K.R.F. Análises físico-químicas e microbiológicas da água de bebedouros em escolas públicas da cidade de Timon-MA. **PUBVET**, v. 12, n. 5 p.1-6, 2018.

DERISIO, J.C. **Introdução ao controle de poluição ambiental**. 4 ed. São Paulo: Oficina de textos, 2012.

DOMINGUES, V.O.; TAVARES, G.D.; STUKER, F.; MICHELOR, T.M.; REETZ, L.G.B.; BERTONCHELI, C. de M.; HORNER, R. Contagem de bactérias heterotróficas na água para consumo humano: comparação entre duas metodologias. **Revista Saúde**, Santa Maria, v. 33, n. 1, p. 15-19, 2007.

DOS SANTOS, A. G.; MAIA, C.H. **PH e turbidez da água de abastecimento de escolas estaduais do município de Paranaiguara-GO**. 2015. Disponível em: <http://www.unirv.edu.br/conteudos/fckfiles/files/PH%20E%20TURBIDEZ%20DA%20AGUA%20DE%20ABASTECIMENTO%20DE%20ESCOLAS%20ESTADUAIS%20O%20MUNICIPIO%20DE%20PARANAIGUARA%20GO.pdf>. Acesso em: 21 de mai. de 2018.

DUALIBI, A.N. **Estudo comparativo da influência do sulfato de alumínio líquido e sulfato de alumínio granulado na remoção de turbidez, cor da água bruta e sua relação no volume de resíduo gerado no tratamento de águas**. 2010. 52 p. Trabalho de conclusão de Curso (Curso de Química) – Instituto de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá. 2010.

EUROPEAN FOOD INFORMATION COUNCIL (EFIC). **Use of water in food production**. 2015. Disponível em: <https://www.efic.org/en/en/food-production/article/use-of-water-in-food-production>. Acesso em: 4 de jun. 2018.

FALAVINHA, G.; DEGENHARDT, R. Qualidade Microbiológica da água de nascentes e poços da comunidade de Barro Branco, Capinzal, SC. **Unoesc & Ciência**, Joaçaba, v. 5, n. 2, p. 209-216, 2014.

FARIA, T.; PAULA, R.A. de O. Qualidade microbiológica da água para consumo humano em unidades de alimentação escolar. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, Três Corações, v. 10, n. 1, p. 135-144, 2013.

FILHO FERREIRA, S.S. **Tratamento de água: concepção, projeto e operação de estações de tratamento**. 1 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2017.

FRANCISCO, A.A.; POHLMANN, P.H.M.; FERREIRA, M.A. Tratamento convencional de águas para abastecimento humano: uma abordagem teórica dos processos envolvidos e dos indicadores de referência. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 2, 2011, Londrina. **Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais**, 2011. Disponível em: <http://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2011/IX-005.pdf>. Acesso em: 11 de jul. de 2018.

FREIRE, R.C.; LIMA, R.A. Bactérias heterotróficas na rede de distribuição de água potável no município de Olinda-PE e sua importância para a saúde pública. **J Manang Prim Health Care**, v. 3 n. 2, p. 91-95, 2012.

FREITAS, V.P.S.; BRÍGIDO, B.M.; BADOLATO, M.I.C.; ALABURDA, J. Padrão físico-químico da água de abastecimento público da região de Campinas. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 61, n. 1, p.51-58, 2002.

GOMES, A.S.P.; DA SILVA, C.R.; MOREIRA, A.A.D.; ARAÚJO, I.N. da S.; PEREIRA, F.C. Estudo qualitativo da água no município de Picuí-PB, enfocando os Parâmetros Cor, Turbidez e pH. **Revista Principia**, João Pessoa, n. 20, p. 38-46, 2012.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. 3 ed. Campinas: Átomo, 2010.

MACEDO, T. de L.; REMPEL, C.; MACIEL, M.J. Análise Físico-Química e Microbiológica de água de poços artesianos em um município do Vale do Taquari-RS. **Tecno-Lógica**, Santa Cruz do Sul, v. 22, n.1, p.58-65, 2018.

MARCHETI, R.G.A.; CALDAS, E.D. Avaliação da qualidade microbiológica da água de consumo humano e de hemodiálise no Distrito Federal em 2009 e 2010. **Comunicação em Ciências da Saúde**, Brasília, v. 22, n. 1, p.33-40, 2011.

MELO, L.D.V. **Aplicação de técnicas estatísticas para avaliação de desempenho e confiabilidade de estações de tratamento de água**. 2014, 78 f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Escola de Engenharia da UFMG, Belo Horizonte, 2014.

MILANEZ, T.V.; DE SOUZA, A.; BERNARDO, P.E.M. Nitrato e nitrito em água mineral envasada comercializada na cidade de São Paulo. **Boletim do Instituto Adolfo Lutz**, v. 25, n.1, p. 12-14, 2015.

MIRANDA, L.A.S.; MONTEGGIA, L.O. **Sistemas e processos de tratamento de águas de abastecimento**. Porto Alegre, 148 p. 2007. Disponível em:

http://www.unipacvaledoaco.com.br/ArquivosDiversos/sistemas_e_processos_de_tratamento_de_aguas_de_abastecimento.pdf. Acesso em: 11 de jul. de 2018.

NETO, R.M.R.; BEZERRA, H.P.; CAMPOS, V.B.; SIQUEIRA, K.F.; ALMEIDA, W.L. Avaliação do sistema de tratamento e da qualidade das águas de abastecimento público em Laranjal do Jari, AP. **Scientia plena**, Amapá, v. 9, n.11, 2013.

PAVEI, S.G. **Análises físico-químicas e microbiológicas da água bruta e tratada utilizada para abastecimento do município de Florianópolis**. 2006; 53 p; Trabalho apresentado a disciplina Estágio Supervisionado como requisito para o título de Bacharel em Química, Departamento de Química, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

PEIL, G.H.S.; KUSS, A.V.; GONÇALVES, M. do C.F. Avaliação da qualidade bacteriológica da água utilizada para abastecimento público no município de Pelotas-RS-Brasil. **Ciência e Natura**, Rio Grande do Sul, v. 37, n. 1, p.79-84, 2015.

REDE DE CAPACITAÇÃO E EXTENSÃO TECNOLÓGICA EM SANEAMENTO AMBIENTAL (RECESA). **Abastecimento de água: operação e manutenção de estações de tratamento de água**. Belo Horizonte, 92 p. 2008.

SCURACCHIO, P.A.; FARACHE FILHO, A. Qualidade da água utilizada para consumo em escolas e creches no município de São Carlos-SP. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 22, n. 4, p. 641-647, 2011.

SPERLING, M.V. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 4 ed. Belo Horizonte: UFMG, 2017.

VITÓ, C.V.G.; DA SILVA, L.J.B.F.; OLIVEIRA, K. de M.L.; GOMES, A.T.; NUNES, C.R. de O. Avaliação da qualidade da água: Determinação dos possíveis contaminantes da água de poços artesianos na região Noroeste Fluminense. **Acta Biomedica Brasiliensia**, v. 7, n. 2, p. 59-75, 2016.

YAMAGUCHI, M.U.; CORTEZ, L.E.R.; OTTONI, L.C.C.; OYAMA, J. Qualidade microbiológica da água para consumo humano em instituição de ensino de Maringá-PR. **Mundo da Saúde**, São Paulo, v. 37, n. 3, p. 312–320, 2013.