

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE FORMIGA – UNIFOR-MG
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA
THAMIRES APARECIDA SOUSA SILVA

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA NAS ESCOLAS NO MUNICÍPIO DE
FORMIGA – MG.

FORMIGA – MG
2017

THAMIRES APARECIDA SOUSA SILVA

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA NAS ESCOLAS NO MUNICÍPIO DE
FORMIGA – MG.

Trabalho de conclusão de curso
apresentado ao curso de Engenharia
Ambiental e Sanitária do UNIFOR-MG,
como requisito parcial para obtenção do
título de bacharel em Engenharia
Ambiental e Sanitária.

Orientador: Prof. Me. Paulo Ricardo Frade

FORMIGA – MG

2017

Thamires Aparecida Sousa Silva

Avaliação da qualidade da água nas escolas no município de Formiga – MG.

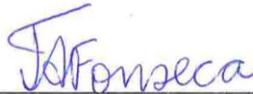
Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Ambiental e Sanitária do UNIFOR-MG, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária.

BANCA EXAMINADORA



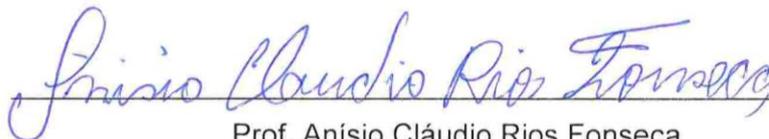
Prof. Me. Paulo Ricardo Frade

Orientador



Prof. Me. Tânia Aparecida de Oliveira Fonseca

UNIFOR-MG



Prof. Anísio Cláudio Rios Fonseca

UNIFOR-MG

Formiga, 17 de novembro de 2017.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer a Deus por ter me dado forças e saúde, para superar todas as dificuldades, e por permitir viver e concretizar mais esse sonho.

Agradeço aos meus pais que em qualquer situação estão sempre do meu lado me dando força.

Aos amigos que fiz nessa jornada, que me ajudaram a passar por tudo.

Ao professor Me. Paulo Ricardo Frade, pela orientação, apoio e confiança.

A todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigada.

RESUMO

Obter água com qualidade adequada e quantidade atendendo às necessidades da população, são condições básicas necessárias para que se possa promover o abastecimento público de água potável. A qualidade da água deve estar dentro das normas de potabilidade da organização mundial de saúde. O tratamento da água é a principal forma de prevenir doenças de veiculação hídrica como, por exemplo, a leptospirose, a cólera, entre outras. O presente trabalho tem como objetivo verificar a qualidade da água nas escolas no município de Formiga – MG. Os pontos de coletas foram determinados pela autora do trabalho, com a finalidade de avaliar a qualidade da água em diferentes escolas do município de Formiga. Foram definidos sete pontos distintos, todos localizados na zona urbana do município. As análises foram realizadas no laboratório do SAAE de Formiga - MG, sendo considerados os seguintes parâmetros: turbidez, cloro, condutividade elétrica, pH, cor, coliformes fecais e bactérias heterotróficas. Dentre o estudo, todas as análises de amostras físico-químicas das escolas avaliadas se mostraram em conformidade com a portaria. O que demonstra a eficiência do tratamento de água executado pelo SAAE de Formiga. Já nas análises microbiológicas de coliformes totais, fecais e *escherichia coli*, o resultado foi negativo para todas, como delimitado na Portaria. Porém, nas análises de bactérias heterotróficas, duas amostras estavam fora do parâmetro estabelecido pela Portaria, apresentando um valor superior a 500. Este valor fora do parâmetro pré-estabelecido está diretamente associado com os níveis baixos de cloro, que é o agente desinfetante da água. A partir deste valor, se assume o risco de disseminação de doenças de veiculação hídrica em duas escolas do município de Formiga.

Palavras chave: Análise. Potabilidade. Qualidade da água.

ABSTRACT

Obtaining water of adequate quality and quantity in accordance with the needs of the population are the basic conditions necessary to promote the public supply of drinking water. The quality of the water should be within the potability standards of the world health organization. Treatment of water is the main way to prevent waterborne diseases such as leptospirosis, cholera, among others. The present work aims to verify water quality in schools in the municipality of Formiga - MG. The collection points were determined by the author of the study, with the purpose of evaluating water quality in different schools in the municipality of Formiga. Seven distinct points were defined, all located in the urban area of the municipality. The analyzes were performed in the laboratory of the SAAE of Formiga - MG, considering the following parameters: turbidity, chlorine, electrical conductivity, pH, color, fecal coliforms and heterotrophic bacteria. Within the study, all analyzes of physico-chemical samples of the schools evaluated were in compliance with the ordinance. This demonstrates the efficiency of the water treatment performed by Formiga SAAE. In the microbiological analyzes of total coliforms, fecal and escherichia coli, the result was negative for all, as delimited in the Ordinance. However, in the analyzes of heterotrophic bacteria, two samples were outside the parameter established by the Ordinance, presenting a value higher than 500. This value outside the pre-established parameter is directly associated with the low levels of chlorine, which is the disinfectant agent of water. From this value, it is assumed the risk of dissemination of waterborne diseases in two schools in the municipality of Formiga.

Keywords: Analysis. Potability. Water quality.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Descrição dos pontos de coleta.	43
Tabela 2 – Valores padrões	46
Tabela 3 – Resultados de análises físico-químicas do dia 07/12/2016.	59
Tabela 4 – Resultados de análises físico-químicas do dia 12/12/2016.	60
Tabela 5 – Resultados de análises físico-químicas do dia 14/12/2016.	61
Tabela 6 – Resultados de análises microbiológicas.....	62

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Classes de enquadramento e respectivos usos e qualidade da água.	17
Figura 2 - Demonstração de fases do tratamento de água.	21
Figura 3 - Impurezas contidas na água.	27
Figura 4 - Localização do município de Formiga no estado de Minas Gerais.	40
Figura 5 - Marcação de pontos de coleta.	42
Figura 6 - Frascos e sacos plásticos utilizados.	43
Figura 7 – Amostras para análise microbiológica e estufa bacteriológica	44
Figura 8 – Contagem de bactérias heterotróficas.....	45

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Associação entre os usos da água e os requisitos de qualidade.	18
Quadro 2 - Doenças relacionadas com a água	26

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	OBJETIVOS.....	14
2.1	Objetivo Geral	14
2.2	Objetivos Específicos	14
3	JUSTIFICATIVA.....	15
4	REFERENCIAL TEÓRICO.....	16
4.1	Qualidade da água.....	16
4.2	Tratamento da água	19
4.2.1	Fases do tratamento de água	20
4.3	Doenças de veiculação hídrica	24
4.4	Propriedades Físicas, Químicas e Microbiológicas da água.....	26
4.4.1	Propriedades Físicas	27
4.4.1.2	Turbidez	28
4.4.1.3	Sabor e odor	29
4.4.1.4	Temperatura.....	29
4.4.2	Propriedades químicas	30
4.4.2.1	pH.....	30
4.4.2.2	Alcalinidade	31
4.4.2.3	Acidez.....	31
4.4.2.4	Dureza	32
4.4.2.5	Condutividade elétrica	32
4.4.2.6	Sais minerais	33
4.4.2.7	Oxigênio dissolvido	34
4.4.2.8	Demanda de oxigênio	35
4.4.2.9	Micropoluentes inorgânicos e orgânicos.....	35
4.4.2.10	Cloro residual	36
4.4.3	Propriedades biológicas.....	36
4.4.3.1	Coliformes.....	37
4.5	Legislação (Portaria 2.914/2011).....	38
5	MATERIAL E MÉTODOS	40
5.1	Tipo de pesquisa	40

5.2	Caracterização do local de estudo.....	40
5.3	Definição dos pontos de coleta.....	42
5.4	Análises laboratoriais	44
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	46
6.1	Resultados das análises dos parâmetros físico-químicos.....	46
6.2	Resultados das análises dos parâmetros microbiológicos	49
7	CONCLUSÃO	54
	REFERÊNCIAS.....	55
	APÊNDICE A – Tabelas de análises físico-químicas.....	59
	APÊNDICE B – Análises microbiológicas	62

1 INTRODUÇÃO

Obter água com qualidade adequada e quantidade atendendo às necessidades da população, são condições básicas necessárias para que se possa promover o abastecimento público de água potável.

Alterações na quantidade estão relacionadas à escassez, estiagens, cheias, e principalmente à qualidade, que pode agravar consideravelmente. Porém, existem técnicas para reverter situações de água com baixa qualidade. (BRAGA et al., 2006).

Indispensável ao organismo humano, à água pode conter determinadas substâncias, elementos químicos e microrganismos que devem ser eliminados ou reduzidos a concentrações que não sejam prejudiciais a saúde. Água potável ou água própria para o consumo humano é aquela que satisfaz os seguintes requisitos: organoléptico, não possuir odor e sabor desagradáveis; físicos: não conter cor ou turbidez acima dos padrões determinados; químicos: não conter substâncias nocivas ou tóxicas acima dos limites determinados; biológicos: não conter agentes patogênicos. (SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO AMBIENTAL, 2007).

A água presente nos mananciais e no subsolo apresenta características e propriedades que lhe conferem diferentes aspectos, quando há necessidade de tratamento para abastecimento público, indica que essa água poderá ter viabilidade econômica, ecológica e social.

A água que chega até as casas da população é coletada em um manancial abastecedor e encaminhada para uma Estação de Tratamento de Água (ETA), onde passa por processos físicos, químicos e biológicos, para que esta se torne potável, ou seja, adequada para consumo. O processo de tratamento da água de captação superficial consiste em oito fases: captação no manancial, adução, coagulação/floculação, decantação, filtração, fluoretação, desinfecção e correção de pH.

Quando a água é encaminhada para o consumo humano deve ser seguido um padrão. “O conceito de potabilidade implica o atendimento a padrões mínimos exigidos para que a água a ser consumida não seja transmissora de doenças aos seres humanos”. (SAAE, 2006, p, 2). Os níveis de impurezas devem ser limitados ao máximo, até que não cause danos à saúde do homem. Melhorando assim a qualidade de vida da população.

A qualidade da água deve estar dentro das normas de potabilidade da organização mundial de saúde. O tratamento da água é a principal forma de prevenir doenças de veiculação hídrica como, por exemplo, a leptospirose, a cólera, entre outras.

O presente trabalho tem como objetivo verificar a qualidade da água nas escolas no município de Formiga – MG.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

O presente trabalho consiste em verificar a qualidade da água nas escolas no município de Formiga – MG.

2.2 Objetivos Específicos

- Identificar os pontos de amostragem em 7 escolas de diferentes bairros do município de Formiga - MG, realizar a coleta de amostras de água na rede de distribuição do SAAE e na caixa d'água do local.
- Analisar os parâmetros físicos, químicos, e microbiológicos, das amostras de água;
- Comparar os parâmetros encontrados com os previstos na legislação vigente.

3 JUSTIFICATIVA

As escolas são locais que crianças, adolescentes e adultos passam grande parte do dia. Esta permanência demanda uma ingestão de água em quantidades significativas.

Este estudo se justifica pela preocupação em monitorar as águas de abastecimento público em escolas, e observar as condições de potabilidade da água que chega da rua e as águas armazenadas em caixa d'água, para que não ofereça nenhum risco à saúde.

Após os resultados das análises, será possível pontuar se existem fatores que estejam fora dos padrões, e propor medidas a serem tomadas para a devida correção, melhorando a qualidade de vida.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 Qualidade da água

Para Branco (1993) o termo qualidade aplicado à água, refere-se não a um estado de pureza química, mas sim as suas características tal como encontrada na natureza, isto é, de uma solução de vários produtos do ambiente natural. Von Sperling (1996) considera as características resultantes de fenômenos naturais, ações antrópicas e ocupação do solo. A palavra qualidade se relaciona com os aspectos químicos, físicos e biológicos que determinam as finalidades de seu uso.

Os padrões de qualidade da água são os valores limites admissíveis dos indicadores de qualidade para o uso dos recursos hídricos para as mais diversas atividades como: abastecimento urbano e industrial, recreação, irrigação, etc, assim como, o tipo de tratamento que a água receberá antes de sua utilização. Os limites para a presença de determinadas substâncias, têm por objetivo a proteção da saúde pública (SANTOS, 2002).

Miranda, Gomes e Silva (2006), dizem que a preservação da qualidade da água favorece o uso sustentável, suprimindo as necessidades atuais sem comprometer as próximas gerações de satisfazer suas próprias necessidades.

Para minimizar a exploração desenfreada dos recursos hídricos, é necessária uma gestão sustentável eficiente e uma parceria com políticas públicas, visando não só a quantidade de água, mas, especialmente, a qualidade.

O enquadramento dos corpos hídricos por classes de qualidade faz com que os padrões determinados para cada classe sejam formados de acordo com os usos contemplados naquela classe. Contudo, a sistematização das classes de qualidade no caso de águas doces, observando o uso a que se destinam, tem em vista que as águas de melhor qualidade podem ser aproveitadas em usos menos exigentes, desde que não prejudique a qualidade da água (MIZUTORI, 2009).

Segundo a Resolução Conama 357/2005 “qualidade é o conjunto de condições e padrões de qualidade de água necessários ao atendimento dos usos preponderantes, atuais ou futuros.” (CONAMA, 2005). Classifica os corpos de água em águas doces, salinas e salobras.

As águas doces possuem salinidade inferior a 0,5%, desprovida de salinidade. (BARROS, 2005). Se que enquadram em classes, especiais, classe 1, 2,

3 e 4. Na classe especial são destinadas ao abastecimento doméstico pós-tratamento de desinfecção e a preservação do equilíbrio natural de recursos hídricos e em unidades de conservação. Classe 1, águas para abastecimento humano após tratamento simplificado; resguardo de comunidades aquáticas e recreação de contato primário. Classe 2 engloba as todas as destinações de classe 1 com adição de irrigação de geral que possui contato direto do público e aquicultura/pesca. Classe 3, abastecimento humano após tratamento avançado ou convencional; irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; pesca armadora; recreação secundária e dessedentação de animais. E por fim classe 4 engloba água para navegação e harmonia paisagística. (CONAMA, 2005). A FIG. 1 demonstra o conceito determinado acima que relaciona a qualidade de água e seus usos preponderantes com as classes de enquadramento.

Figura 1 - Classes de enquadramento e respectivos usos e qualidade da água.



Fonte: WEINBERG (2013) apud ANA (2009b).

As águas salinas são aquelas que possuem mais sais dissolvidos que a água doce e a salobra, possui salinidade igual ou superior a 30%, é imprópria ao consumo humano. (GRASSI, 2001; BARROS, 2005). São divididas em classes especiais e classes 1, 2 e 3. A classe especial compreende preservação de ambientes aquáticos em unidades de conservação e preservação do equilíbrio hídrico natural. Classe 1, destinadas à recreação primária; proteção hídrica natural; aquicultura e pesca. Classe 2 compreende a pesca armadora e recreação secundária. Classe 3 engloba a navegação e harmonia paisagística. (CONAMA, 2005).

E as águas salobras, possuem salinidade igual ou inferior entre 0,5 e 30%. (BARROS, 2005). Podem ser classificadas como especiais e classes 1, 2 e 3. A

classe especial compreende a preservação de recursos hídricos em unidades de conservação e comunidades aquáticas naturais. Classe 1, recreação primária, proteção de comunidades aquáticas; aquicultura; pesca; abastecimento humano após tratamento convencional ou avançado e irrigação em geral que possua contato direto com o ser humano.

A qualidade da água é determinada em função de seus usos previstos, O QUADRO 1 apresenta simplificada a associação entre requisitos de qualidade e correspondentes usos da água.

Quadro 1- Associação entre os usos da água e os requisitos de qualidade.

Uso Geral	Uso específico	Qualidade Requerida
Abastecimento de água doméstico	-	Isentas de substâncias químicas prejudiciais à Saúde; Adequada para serviços Domésticos; Baixa agressividade e dureza; Esteticamente agradável (baixa turbidez, cor, sabor e odor; ausência de micro e macrorganismos)
Abastecimento Industrial	Água é incorporada ao produto (Ex: alimento, bebidas, remédios)	Isenta de substâncias químicas prejudiciais à saúde; Isenta de organismos prejudiciais à saúde; Esteticamente agradável (baixa turbidez, cor, sabor e odor.
	Água entra em contato com o produto	Variável com o produto
	Água não entra em contato com o produto (Ex: refrigeração, caldeiras)	Baixa dureza; Baixa agressividade.
Irrigação	Hortaliças, produtos ingeridos crus ou com casca	Isenta de substâncias químicas e organismos prejudiciais à saúde; Salinidade não excessiva.
	Demais plantações	Isenta de substâncias químicas prejudiciais ao solo e às plantações Salinidade não excessiva.
Dessedentação de animais	-	Isenta de substâncias químicas prejudiciais à saúde dos animais; Isenta de organismos prejudiciais à saúde dos animais
Preservação da fauna e da flora	-	Variável com os requisitos ambientais da fauna e flora que se deseja preservar

Quadro 1 - Associação entre os usos da água e os requisitos de qualidade
(continuação)

Uso Geral	Uso específico	Qualidade Requerida
Recreação e lazer	Contato primário (contato direto com o meio líquido)	Isenta de substâncias químicas e organismos prejudiciais à saúde Baixos teores de sólidos em suspensão, óleos e graxas
	Contato secundário (não há contato direto com o meio líquido)	Aparência agradável
Geração de Energia	Usinas hidrelétricas	Baixa agressividade
	Usinas nucleares ou termelétricas (ex: torres de resfriamento)	Baixa dureza
Transporte	-	Baixa presença de material grosseiro que possa por em risco as embarcações
Diluição de despejos	-	-

Fonte: Adaptado de VON SPERLING, 1996.

Para não ser nociva à saúde, a água não pode conter substâncias tóxicas e organismos patogênicos. A água para o consumo humano deve atender a padrões de qualidade e potabilidade, seja por fonte de abastecimento derivada de tratamento ou fonte subterrânea.

4.2 Tratamento da água

A água para consumo humano pode ser obtida através de dois tipos de fontes subterrâneas: em aquíferos confinados ou aquíferos livres. Aquífero confinado se encontra abaixo de duas camadas impermeáveis, o que torna mais difícil a contaminação da água. Os aquíferos livres estão mais próximos da superfície e mais expostos a contaminações. A captação de água deste tipo de fonte é feita a partir de poços artesianos, se sua qualidade não for propícia ao consumo humano, demandará algum tipo de tratamento. Já as fontes superficiais, estão diretamente expostas ao ambiente, onde diversos fatores afetam sua qualidade, para isso é necessário uma série de processos de tratamentos em caso de contaminações. (MIRANDA; MONTEGGIA, 2007).

O tratamento de águas de abastecimento público originou-se na Escócia, onde John Gibb construiu o primeiro filtro lento. A filtração rápida foi iniciada na instalação pioneira no mundo, construída na cidade de Campos, Rio de Janeiro, em 1880. Em 1990 existiam nos Estados Unidos apenas 10 estações purificadoras, com filtros lentos. Hoje existem no Brasil mais de 1000 estações de tratamento de águas, algumas delas entre as maiores do mundo. (AZEVEDO NETTO; RICHTER, p. 05)

O tratamento de água baseia na retirada de partículas suspensas e coloidais, matéria orgânica, micro-organismos e outras substâncias eventualmente patogênicas à saúde humana, possivelmente presentes nas águas naturais, a baixos custos de implantação, operação e manutenção, e ocasionando menor impacto ambiental às áreas circunvizinhas. As tecnologias de tratamento acessíveis visam a agregar tais objetivos. (LIBÂNIO, 2010).

“O tratamento de água deverá ser adotado e realizado apenas depois de demonstrada sua necessidade e, sempre que a purificação for necessária, compreender somente os processos imprescindíveis à obtenção da qualidade que se deseja, com custo mínimo” (AZEVEDO NETTO; RICHTER, 1991, p. 6).

A principal finalidade do tratamento de água é torna-la potável, de forma a extinguir quaisquer impurezas e corrigir as características que possam impossibilitar o seu consumo.

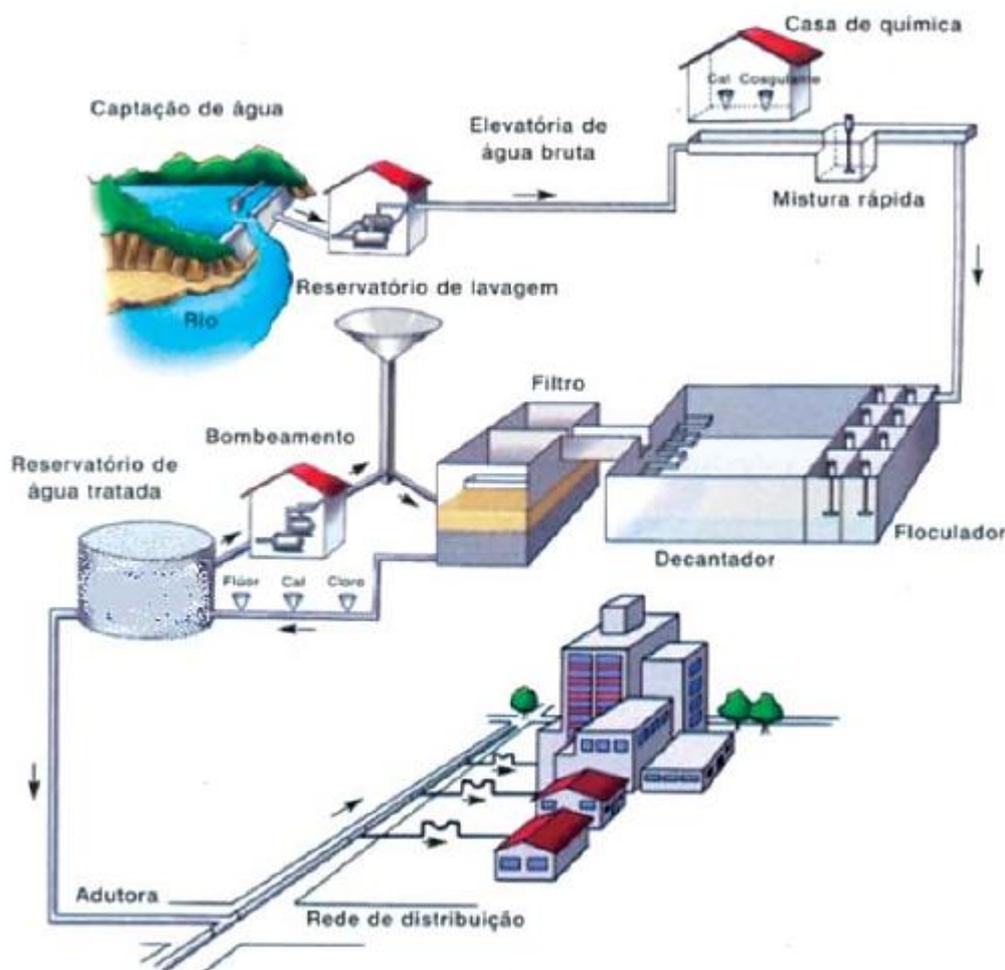
O tipo de tratamento da água depende da qualidade da água do manancial de abastecimento. Os mananciais subterrâneos, não poluídos, geralmente não necessitam de tratamento completo, o que ocorre diferentemente em mananciais superficiais, os quais normalmente carregam maior quantidade de matéria em suspensão e estão sujeitos a maior contaminação, necessitando assim, submeter-se aos processos de clarificação e desinfecção. (AZEVEDO NETTO; RICHTER, 1991).

O tratamento de água é monitorado frequentemente e passa por vários processos, desde a captação até a sua armazenagem e distribuição para a população. Os processos são: captação no manancial, adução, coagulação/floculação, decantação, filtração, fluoretação, desinfecção e correção de pH.

4.2.1 Fases do tratamento de água

Na FIG. 2 é possível observar um esquema representativo do sistema de tratamento de água utilizado no município de Formiga – MG.

Figura 2 - Demonstração de fases do tratamento de água.



Fonte: Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (2007)

A escolha do manancial é um processo importante e de grande responsabilidade na produção de um sistema de abastecimento. A água pode ser captada de duas formas: superficial ou subterrânea. A captação superficial pode ser feita por gravidade ou bombeamento e é realizada em rios, lagos ou represas, já a subterrânea é através de poços artesianos, que são perfurações feitas no terreno para captar água dos lençóis subterrâneos. (GUERREIRO, 2007).

O sistema de captação do SAAE – Formiga fica a aproximadamente 2,5 Km da ETA Santa Luzia e é realizado através de barragem que se localiza o Rio Formiga com adutora de gravidade em manilha de concreto e ferro fundido, com elevatória próxima da estação de tratamento.

A adução “é o conjunto de encanamentos, peças especiais e obras destinadas a promover o transporte da água em um sistema de abastecimento entre

a Estação de Tratamento de Água (ETA) (adutora de água bruta) e desta até os reservatórios (adutora de água tratada)". (MEDEIROS FILHO, [200-], p. 49).

O processo de coagulação baseia-se fundamentalmente na desestabilização das partículas coloidais e suspensas resultantes de reações físicas e químicas, com pequena duração, entre o coagulante (usualmente sulfato de alumínio ou ferro), a água e as impurezas presentes. "Na solução aquosa, acontece a hidrólise dos íons metálicos (ferro ou alumínio), que positivamente carregados, formam fortes ligações com os átomos de oxigênio, liberando os átomos de hidrogênio e reduzindo o pH da suspensão." (LIBÂNIO, 2010, p. 154). Após, executa-se a agitação da água que conduz os produtos da hidrólise para o contato com as impurezas presentes, acarretando sua desestabilização e envolvimento nos precipitados.

Este processo ocorre em mistura rápida, contínua e homogênea da solução de sulfato de alumínio, promovendo a formação de coágulos gelatinosos. Este coagulante tem o poder de aglomerar a sujeira, formando flocos, que podem ser removidos por sedimentação, flotação e filtração. (BITTENCOURT, PAULA, 2014).

No SAAE de Formiga - MG é utilizado como substância coagulante o sulfato de alumínio, que é muito utilizado dentre Estações de Tratamento de Água (ETA) no Brasil. A dosagem ideal do coagulante é definida em laboratório, a fim de que se obtenha melhor eficiência e economia.

Após a coagulação no tanque de mistura rápida, o efluente passa para a unidade subsequente de mistura lenta, com a finalidade de fazer com que os coágulos, que são partículas desestabilizadas, tendam a formar partículas maiores denominadas flocos. Essa formação de flocos se dá à medida que vai havendo colisões entre as partículas. O tempo de agitação deve ser adequado, para haver a formação de flocos grandes e com densidade suficiente para uma boa sedimentação. A coagulação e floculação têm como objetivo remover a turbidez da água. (GUERREIRO, 2007).

De acordo com Azevedo Netto e Ricther (1991), a formação de bons flocos ocorre quando se emprega dosagem de coagulante adequada.

O SAAE de Formiga - MG possui atualmente 04 floculadores na ETA Santa Luzia, para a realização deste processo.

Após o processo de coagulação, a água segue para os tanques de floculação, onde vai ficar parada por um determinado tempo, sendo esta, ligeiramente agitada,

para que os flocos se misturem e ganhem peso, volume e consistência. (VON SPERLING, 1996).

A decantação é o fenômeno físico em que as partículas em suspensão apresentam movimento descendente em meio líquido pela ação da gravidade. É o resultado da eficiência dos dois processos anteriores, coagulação e floculação. As partículas suspensas descem com velocidade constante, sem interferência mútua, mantendo inalterados sua forma, peso e tamanho. Quando atingem ao fundo, ficam em repouso. (LIBÂNIO, 2010).

No decantador, tem uma configuração destinada à oferta de condições em que não ocorra turbilhonamento ou fluxo preferencial, garantida pelo dimensionamento da unidade em função dos fluxos mínimos, máximos e médios pretendidos. É considerada uma preparação da água para a filtração. Sendo assim, quanto melhor a decantação, melhor será a filtração. Neste processo não se adiciona substância química. (BITTENCOURT, PAULA, 2014). Na ETA Santa Luzia existem 2 decantadores.

A eficiência do processo de decantação não é absoluta ou determinante ao considerar a potabilidade como critério, fato que permite a existência de flocos remanescentes na água, os quais serão removidos por meio da filtração. A filtração é um processo físico em que a água atravessa um leito filtrante, em geral areia ou areia e carvão, de modo que partículas em suspensão sejam retidas, produzindo um efluente mais limpo. É, portanto, onde as impurezas mais leves que ainda permanecem na água são retiradas. (BITTENCOURT, PAULA, 2014).

Existem dois processos distintos de filtração: filtração lenta que faz a remoção de impurezas presentes na água bruta, e filtração rápida remoção na água coagulada ou floculada. (GUERREIRO, 2007). A ETA Santa Luzia apresenta 4 filtros.

Após todos estes processos ocorre a adição de flúor (ácido fluo silícico), muito útil na prevenção de cáries dentária. É o ajuste da concentração de fluoreto natural, ou seja, ajustar a água deficiente em fluoreto para o nível recomendado para a saúde dental ideal. Os três tipos de fluoreto que são utilizados para fluoretar a água são o fluoreto de sódio, fluorsilicato de sódio e ácido fluorsilícico. (FROIS, 2013).

E para finalizar o tratamento é realizado a desinfecção e a correção do pH. A desinfecção é o processo de tratamento para eliminação dos micro-organismos patogênicos eventualmente presentes na água, como: bactérias, protozoários, vírus

e vermes. Entre os agentes químicos mais utilizados para a desinfecção está o cloro, garantindo a inexistência de bactérias e partículas nocivas à saúde humana que poderiam causar surtos de epidemias, como de cólera ou de tifo. O cloro é produzido através do processo de eletrólise, que é o processo que separa os elementos químicos de um composto através do uso de eletricidade, formando assim um novo composto. O cloro é muito utilizado na desinfecção da água por se viável economicamente, facilmente disponível, alta solubilidade, deixa residual em solução e destrói micro-organismos patogênicos. (RICHTER; AZEVEDO NETO, 1991).

Dessa forma, o SAAE de Formiga - MG realiza o processo de desinfecção através de produto químico a base de cloro para eliminar os possíveis micro-organismos patogênicos que ainda permanecem na água.

A última ação no processo de tratamento da água é a correção do pH. Adiciona-se a cal hidratada, em solução, quando necessário para uma neutralização adequada à proteção contra corrosão ou incrustação de encanamentos por onde a água tratada é veiculada até os reservatórios e consumidores (redes de abastecimento e redes domésticas). (HOWE et al., 2016.)

A ETA Santa Luzia apresenta 02 (dois) sistemas de bombeamento da cal.

4.3 Doenças de veiculação hídrica

O controle e a vigilância da qualidade da água são efetuados pela entidade responsável pelo sistema de abastecimento de água através dos órgãos de saúde pública, que asseguram a proteção à saúde da população. (BRASIL, 2006). O tratamento da água assegura a disseminação de doenças de veiculação hídrica.

Maioria das patologias transmitidas ao ser humano é ocasionada por micro-organismos: protozoários, vírus, bactérias e helmintos. Além disso, existem também outros contaminantes como agrotóxicos, produtos químicos, toxinas naturais, metais pesados, dentre outros. (VRANJAC, 2009).

As patologias associadas à água são transmitidas por meio da ingestão de água contaminada, denominadas doenças de veiculação hídrica. O motivo de contaminação dessa água é geralmente o esgoto que é depositado nos rios e lagos sem sofrer qualquer tipo de tratamento. As secas também possuem uma grande influência na transmissão dessas doenças, pois sem água se torna impossível

realizar uma higiene correta. (VRANJAC, 2009). A melhor forma de prevenção ou redução dessas doenças é realizar o tratamento de águas utilizadas para beber, principalmente quando for de utilização pública.

A transmissão de doenças veiculadas pela água contaminada é bastante comum em locais de saneamento básico inadequado, sendo causadas por organismos parasitas do homem que podem contaminar a água. Os organismos parasitas vivem, na maioria das vezes, alojados no aparelho digestivo humano, principalmente no intestino, de onde são eliminados na forma de ovos ou organismos adultos juntamente com as fezes. Do mesmo modo, o solo onde são plantadas hortaliças pode sofrer contaminação. (MARTINS; PEDRO; CASTIÑEIRAS, 2017).

Existem ainda patologias onde sua ocorrência é dependente de um meio hídrico, ou seja, parte de seu ciclo de vida acontece em meio aquático. Dentre elas podemos citar a dengue. (BRASIL, 2006)

Para Vranjac (2009), existem insetos/vetores que necessitam da água em seu ciclo biológico, como os mosquitos *Aedes aegypti* que transmite a dengue, zica vírus e a chikungunya; o *Anopheles*, malária e o *Flavivirus* transmissor da febre amarela. O contágio dessas doenças se dá através da picada desses insetos/vetores. Na época das chuvas os mosquitos aumentam drasticamente sua população, e também os riscos para doenças. De acordo com a Organização Mundial de Saúde, morrem a cada ano mais de 1 milhão de pessoas portadoras de doenças veiculadas por mosquitos.

No Brasil as doenças de maior importância são a Dengue devido ao número de surtos que ocorreram nos últimos anos, e a Leptospirose nos períodos chuvosos, onde as enchentes aumentam a probabilidade de disseminação da bactéria do gênero leptospira principalmente através da urina de animais como os roedores, caninos, suínos e bovinos, entre outros pequenos mamíferos. Embora existam outras como, por exemplo, a malária. Estes vetores nascem na água ou necessitam dela para realizar seu ciclo biológico. (BRASIL, 2006)

Algumas das principais doenças ligadas à ingestão de água contaminada são: cólera, disenteria amebiana, disenteria bacilar, febre tifóide e paratifoide, gastroenterite, giardíase, hepatite infecciosa, leptospirose, paralisia infantil, salmonelose. Por contato com água contaminada: escabiose, tracoma, verminoses e esquistossomoses. Por meio de insetos que se desenvolvem na água: dengue, febre

amarela, filariose e malária. (GUERREIRO, 2007). O QUADRO 2 demonstra as principais doenças relacionadas com a água e suas formas de prevenção.

Quadro 2 - Doenças relacionadas com a água

GRUPO DE DOENÇAS	FORMAS DE TRANSMISSÃO	PRINCIPAIS DOENÇAS	FORMAS DE PREVENÇÃO
Transmitidas pela via feco-oral (alimentos contaminados por fezes)	O organismo patogênico (agente causador de doença) é ingerido	1. Diarréias e disenterias, como a cólera e a giardíase 2. Febre tifóide e paratifóide 3. Leptospirose 4. Amebíase 5. Hepatite infecciosa 6. Ascariíase (lombriga)	1. Proteger e tratar as águas de abastecimento e evitar uso de fontes contaminadas 2. Fornecer água em quantidade adequada e promover a higiene pessoal, doméstica e dos alimentos
Controladas pela limpeza com a água (associadas ao abastecimento insuficiente de água)	A falta de água e a higiene pessoal insuficiente criam condições favoráveis para sua disseminação	Infecções na pele e nos olhos, como o tracoma e o tifo relacionado com piolhos, e a escabiose	Fornecer água em quantidade adequada e promover a higiene pessoal e doméstica
Associadas à água (uma parte do ciclo da vida do agente infeccioso ocorre em um animal aquático)	O patogênico penetra pela pele ou é ingerido	Esquistossomose	1. Evitar o contato de pessoa com águas infectadas 2. Proteger mananciais 3. Adotar medidas adequadas para a disposição de esgotos 4. Combater o hospedeiro Intermediário
Transmitidas por vetores que se relacionam com a água	As doenças são propagadas por insetos que nascem na água ou picam perto dela	1. Malária 2. Febre amarela 3. Dengue 4. Filariose (elefantíase)	1. Combater os insetos transmissores 2. Eliminar condições que possam favorecer criadouros 3. Evitar o contato com criadouros 4. Utilizar meios de proteção individual

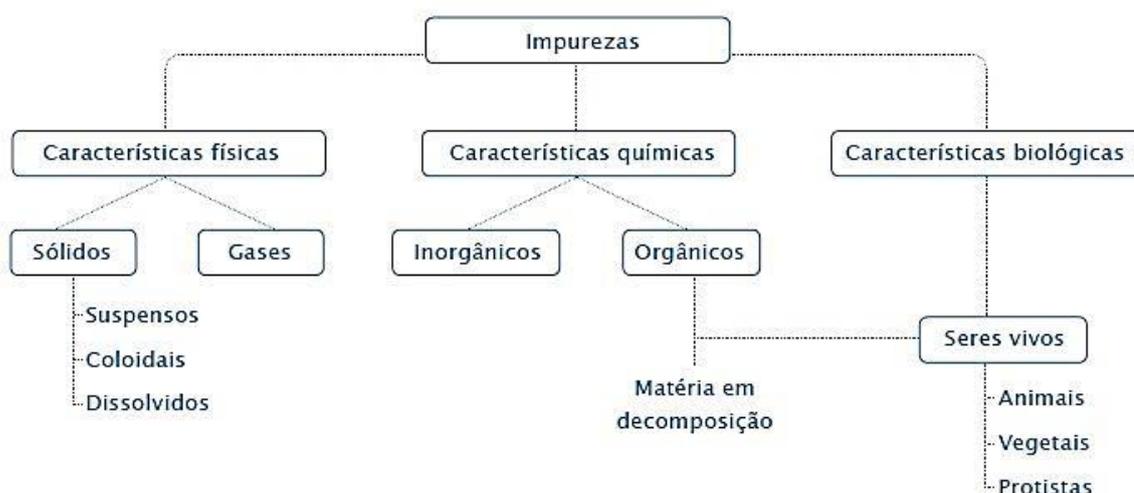
Fonte: BRASIL, 2006.

4.4 Propriedades Físicas, Químicas e Microbiológicas da água

Para realizar o controle da qualidade do tratamento de água, é necessário caracterizar as impurezas presentes na água que sejam patógenas ao ser humano. Uma água insípida, incolor e inodora não são características adequadas o bastante ao consumo, é necessário o uso de equipamentos laboratoriais para verificar suas características. (SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO AMBIENTAL, 2007).

“Os diversos componentes presentes de na água, e que alteram o seu grau de pureza, podem ser retratada, de uma maneira ampla e simplificada, em termos das suas características físicas, químicas e biológicas.” (VON SPERLING, 1996, p. 17). As impurezas contidas na água são demonstradas pela FIG. 3 com suas divisões.

Figura 3 - Impurezas contidas na água.



Fonte: VON SPERLING, 1996.

4.4.1 Propriedades Físicas

As propriedades físicas estão relacionadas geralmente aos sólidos presentes na água. Estes sólidos podem ser em suspensão, coloidais ou dissolvidos, conforme seu tamanho. As partículas menores representam os sólidos em suspensão e a matéria dissolvida na água são os sólidos dissolvidos. Numa faixa intermediária estão os sólidos coloidais. Estas características são mais simples de determinar. As propriedades físicas são: cor, turbidez, sabor e odor, temperatura. (RICHTER, AZEVEDO NETO, 1991; VON SPERLING, 1996; SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO AMBIENTAL, 2007).

4.4.1.1 Cor

A cor de uma amostra de água corresponde ao grau de redução da

intensidade que a luz sofre ao atravessá-la, devido à presença de coloides de dimensão inferior a 10 μm . Sua origem natural é pela decomposição da matéria orgânica, ferro e manganês ou de origem de resíduos industriais. (LIBÂNIO, 2010).

A coloração das águas é medida através do aparelho denominado colorímetro. A unidade de medida de cor é uH que significa Unidade Hazen.

A cor é sensível ao pH, sua remoção é mais fácil a pH baixo, ou seja, quanto maior o pH mais intensa é a cor. A mesma pode ser facilmente removida da água por coagulação química, caso a cor esteja muito elevada, a remoção pode ser auxiliada ou realizada integralmente através do processo de oxidação química, utilizando permanganato de potássio, cloro, ozônio, ou qualquer outro oxidante poderoso. A água pura é virtualmente ausente de cor. (RICHTER; AZEVEDO NETO, 1991).

Existem dois tipos de cor para a água, a cor verdadeira e a cor aparente. A cor verdadeira é a cor da água quando a turbidez for retirada, já a cor aparente, além de incluir as substâncias dissolvidas, envolve também a matéria orgânica suspensa. A diferença entre a cor verdadeira e a cor aparente, é definida pelo tamanho das partículas. Generalizando, partículas com diâmetro superior a 1,2 μm , promove turbidez e com diâmetro inferior, ocasiona cor verdadeira. (MACEDO, 2007).

O maior problema, em geral, causado pela cor da água é o estético e não representa risco direto à saúde.

4.4.1.2 Turbidez

Segundo Bittencourt e Paula (2014) “a turbidez indica o grau de atenuação que um feixe de luz sofre ao atravessar a água. Essa atenuação ocorre pela absorção e espalhamento da luz causada pelos sólidos em suspensão”. É um parâmetro de aspecto estético de aceitação ou rejeição do produto.

O aumento da turbidez pode ser: a) de origem natural, através de partículas de rocha, argila, silte, de algas e outros microrganismos, não trazendo inconvenientes sanitários diretos, entretanto é esteticamente inóspito na água potável, e os sólidos em suspensão podem servir de abrigo para microrganismos patogênicos (minimizando a eficiência da desinfecção); b) de origem antropogênica, por despejos domésticos, despejos industriais, microrganismos e erosão, podendo

estar associada a compostos tóxicos e organismos patogênicos. A turbidez em corpos d'água pode reduzir a zona eufótica, que é a zona de penetração da luz, prejudicando a fotossíntese. A turbidez quando oriunda de processos naturais, não traz inconvenientes sanitários diretos. Porém é esteticamente desagradável na água potável. (VON SPERLING, 1996).

Para medir a turbidez é usado um turbidímetro. A unidade de medida da turbidez é a NTU (Unidades Nefelométricas de Turbidez).

4.4.1.3 Sabor e odor

Von Sperling (1996, p. 24) conceitua o odor como: “o sabor é a interação entre o gosto (salgado, doce, azedo e amargo) e o odor (sensação olfativa)”. Apesar de sensações distintas, usualmente são referenciadas conjuntamente. Sua origem está associada à presença de substâncias químicas ou gases dissolvidos.

Sabor e odor podem apresentar causas distintas de acordo com a origem das águas (superficial ou subterrânea). Podem estar associados também a compostos orgânicos aromáticos, presentes em efluentes industriais; crescimento microbiano; concentrações elevadas de cloro residual e presença de sólidos totais. Ambos os parâmetros representam a possibilidade de rejeição de uma população (LIBÂNIO, 2010).

Para reparar esta característica é eficaz a aeração e/ou utilização de carvão ativado para a adsorção de compostos. (RICHTER; AZEVEDO NETO, 1991).

4.4.1.4 Temperatura

A temperatura é a medição da intensidade de calor e é facilmente registrado. “Ela tem importância por sua influência sobre outras propriedades: acelera reações químicas, reduz solubilidade dos gases, acentua a sensação de sabor e odor.” (RICHTER; AZEVEDO NETO, 1991, p. 30).

O aumento da temperatura de uma água pode ser de origem natural, através da transferência de calor por radiação, condução e convecção (atmosfera e solo) ou de origem antropogênica, causada por meio de águas de torres de resfriamento e despejos industriais. A temperatura tem uma grande importância, pois sua elevação

aumenta a taxa das reações físicas, químicas e biológicas; diminuem a solubilidade dos gases e aumentam a taxa de transferência de gases (VON SPERLIN, 1996).

A temperatura é diretamente proporcional: à velocidade das reações químicas que praticamente dobra para a elevação de 10° na temperatura das águas; à solubilidade das substâncias; à concentração do oxigênio dissolvido; ao metabolismo dos organismos presentes no ambiente aquático, à formação de subprodutos de desinfecção; ao recrudescimento microbiológico e à taxa de corrosão nas tubulações integrantes dos sistemas de abastecimento. (LIBÂNIO, 2010).

4.4.2 Propriedades químicas

Os parâmetros químicos são definidos pelas substâncias químicas presentes na água, divididos em orgânicas ou inorgânicas. “Substâncias orgânicas são os compostos do carbono, formam em sua maioria os organismos animais e vegetais. Substâncias inorgânicas são todas aquelas que não são orgânicas, por exemplo, os minerais.” (SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO AMBIENTAL, 2007, p. 40).

As análises químicas da água exploram por meio mais preciso as características da água, são de extrema importância nas perspectivas sanitária e econômica. Dentre os parâmetros químicos, se caracterizam: pH, alcalinidade, acidez, dureza, sais minerais (ferro e manganês, cloretos, nitrogênio e fósforo), demanda de oxigênio, oxigênio dissolvido, micropoluentes inorgânicos e orgânicos, dentre outros. (RICHTER; AZEVEDO NETO, 1991).

4.4.2.1 pH

O pH representa a concentração de íons hidrogênio H⁺ (em escala anti-logarítmica), dando uma indicação sobre a condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água. A faixa de pH é de 0 a 14 (VON SPERLING, 1996).

É a abreviatura de potencial hidrogeniônico, utilizado para indicar maior ou menor grau de acidez de uma solução. Valor 7,00 indica solução neutra, menor que 7,00 indica solução ácida e maior que 7,00 indica solução alcalina ou básica. É um parâmetro operacional utilizado para otimizar os processos de tratamento e preservar contra corrosões as tubulações da

rede de distribuição. Não tem risco sanitário associado diretamente à sua medida. (SAAE, 2015, p. 01).

O pH talvez se constitua no parâmetro de maior frequência de monitoramento na rotina operacional das estações de tratamento de água pela interferência em diversos processos e operações unitárias inerentes à potabilização, da aplicação dos coagulantes ao processo de desinfecção química. As alterações de pH podem ter origem natural (fotossíntese, dissolução de rochas) ou antropogênica (efluentes industriais e domésticos). Este monitoramento sucede-se por meio do phmetro em unidades de bancada ou de escoamento contínuo. (LIBÂNIO, 2010).

4.4.2.2 Alcalinidade

É a quantidade de íons na água que reagirão para neutralizar os íons de hidrogênio. Os principais elementos da alcalinidade são os bicarbonatos (HCO_3^-), carbonatos (CO_3^{2-}) e hidróxidos (OH^-). Estas três formas são manifestadas através do pH, onde valores entre 4,4 e 8,3 se caracteriza em virtude de bicarbonatos, 8,3 e 9,4 carbonatos e bicarbonatos, e para maiores de 9,4 hidróxidos e carbonatos. Sua origem natural é através de dissolução de rochas e reação resultante de CO_2 com a água e origem antropogênica por meio de despejos industriais. (VON SPERLIN, 1996; LIBÂNIO, 2010).

A alcalinidade não possui significado sanitário para a água potável, porém em altas quantidades adquire gosto amargo na água. Para determinação da alcalinidade, é utilizado geralmente o método titulométrico juntamente com um indicador de fenolftaleína e uma solução de hidróxido de sódio 0,02 mol/L para titulação da amostra. (RICHTER; AZEVEDO NETO, 1991).

4.4.2.3 Acidez

É a capacidade da água em suportar as mudanças causadas pela base que é devida principalmente à presença de gás carbônico livre. Sua origem natural é por CO_2 absorvido da atmosfera, resultado de decomposição de matéria orgânica e por gás sulfídrico. Já em origem antropogênica através despejos industriais, passagem de água por minas abandonadas, vazadouros de mineração e de borras de minério. (VON SPERLIN, 1996).

Não possui significado sanitário, porém são desagradáveis ao paladar, causando rejeição da população. Causa corrosão de adutoras e redes de distribuição. (LIBÂNIO, 2010).

Para determinação da acidez, normalmente utiliza-se também o método titulométrico e como indicador foi usado o “indicador misto” (vermelho de metila e verde de bromocresol) e uma solução de ácido sulfúrico 0,02N para titulação da amostra.

4.4.2.4 Dureza

Richter e Azevedo Neto (1991, p. 32) conceituam a dureza como “característica conferida pela presença de íons metálicos como cálcio (Ca^{2+}) e magnésio (Mg^{2+}), e íons ferrosos (Fe^{2+}) e de estrôncio (S^{2+}).” A dureza é caracterizada por impedir a formação de espuma no sabão.

Os mesmos autores ainda afirmam que existem graus de durezas: moles, dureza moderada, duras e muito duras, que variam de acordo com miligrama por litro em CaCO_3 .

A dureza ainda pode ser classificada como dureza carbonato e dureza não carbonato, conforme o ânion que está associado. A dureza carbonato está relacionada à alcalinidade e a dureza não carbonato com as demais formas. A primeira, ainda é sensível ao calor e precipita-se em elevadas temperaturas. (VON SPERLIN, 1996).

A dureza de origem natural está associada à dissolução de minerais contendo cálcio e magnésio, como as rochas calcárias. E de origem antropogênica as despejos industriais. Não possui evidências de problemas sanitários, alguns estudos apontam que a água com maior dureza diminua a incidência de problemas cardíacos. Pode ter efeitos laxativos e sabor desagradável. A dureza ainda causa incrustações em tubulações de água quente. (VON SPERLIN, 1996; LIBÂNIO, 2010).

4.4.2.5 Condutividade elétrica

Para Libânio (2010) a condutividade elétrica ou condutância específica representa a capacidade da água natural de transmitir a corrente elétrica em função

da presença de substâncias que se dissociam em ânions e cátions, sendo, portanto, diretamente proporcional à concentração iônica.

Sua determinação permite estimar, de modo rápido, a quantidade de sólidos dissolvidos totais presentes na água (BERNARDO; PAZ, 2008).

Embora não seja um padrão exigido pela norma, e também por isto, somente monitorado em estações de maior porte, constitui-se importante indicador de eventual lançamento de efluentes por relacionar-se à concentração de sólidos totais disponíveis. (LIBÂNIO, 2010).

Ainda segundo o mesmo autor, a condutividade elétrica é relacionada à resistência elétrica ao comprimento e é expressa em $\mu\text{mhos/cm}$.

A condutividade elétrica das águas superficiais e subterrâneas é bastante variável, podendo ser baixa em valores de 50 micromhos/cm e variando até 50.000 micromhos/cm, que é a condutividade elétrica das águas do mar. (MACEDO, 2004).

4.4.2.6 Sais minerais

São inúmeros minerais possíveis de ocorrerem na água como: nitrogênio, ferro, manganês, cloretos, fósforo, dentre outros. (GUERREIRO, 2007).

O nitrogênio juntamente com o fósforo são componentes essenciais no crescimento de algas, em excesso podem causar a eutrofização da água. O nitrogênio em origem natural é constituinte de proteínas, clorofila e outros. De origem antrópica através de despejos domésticos e industriais, excremento de animais e fertilizantes. O nitrogênio no meio aquático pode ser encontrado em forma de nitrogênio molecular escapando para a atmosfera, nitrogênio orgânico dissolvido e em suspensão, amônia, nitrito e nitrato. (VON SPERLIN, 1996; LIBÂNIO, 2010).

Ferro e manganês estão presentes nas formas insolúveis (Fe^{3+} e Mn^{4+}) em solos e na ausência de oxigênio dissolvido, eles apresentam forma solúveis (Fe^{2+} e Mn^{2+}). Se a água tiver contato com o ar atmosférico ambos compostos voltam as suas formas insolúveis. Eles alteram a cor da água e pode manchar roupas. Sua origem natural é pela dissolução de compostos do solo e antropogênica despejos industriais. Possuem pouco significado sanitário, podem causar cor e odor na água (VON SPERLIN, 1996).

Os cloretos das águas naturais resultam da lixiviação das rochas e dos solos com as quais as águas contatam, e nas zonas costeiras, da intrusão salina. As águas de montanha contêm, em geral, baixos teores de cloretos, enquanto que as águas subterrâneas e de rios apresentam concentrações elevadas. Para, além disso, as águas residuais das atividades agrícolas, industriais e domésticas constituem outra fonte de cloretos. No controle da qualidade das águas, relativamente aos cloretos, interessa mais saber se este valor se mantém constante do que o seu valor real, desde que este não exceda 600 mg/L, valor considerado, pela Organização Mundial da Saúde (OMS), como máximo admissível para abastecimento público. (SOUSA, 2001, p. 08-09)

Os cloretos possuem origem natural por dissolução de minerais e intrusão de águas salinas, e origem antrópica por despejos industriais e domésticos e águas utilizadas em irrigação. Em elevadas concentrações imprime sabor salgado à água. (PEREIRA, 2004).

O fósforo é, em razão da sua baixa disponibilidade em regiões de clima tropical, o nutriente mais importante para o crescimento de plantas aquáticas. Quando esse crescimento ocorre em excesso, prejudicando os usos da água, caracteriza-se o fenômeno conhecido como eutrofização. No ambiente aquático, o fósforo pode ser encontrado sob várias formas: orgânico: solúvel (matéria orgânica dissolvida) ou particulado (biomassa de micro-organismos); inorgânico: solúvel (sais de fósforo) ou particulado (compostos minerais, como apatita) (BRASIL, 2006, p. 52)

A origem natural do fósforo é por meio de dissolução de compostos do solo e decomposição de matéria orgânica. Já a antropogênica se dá através de despejos domésticos e industriais, detergentes, excremento de animais e fertilizantes. Não representa problema de ordem sanitária em águas de abastecimento. (VON SPERLIN, 1996).

4.4.2.7 Oxigênio dissolvido

É um dos parâmetros mais importantes para avaliar a qualidade de um meio aquático. A dissolução na água de gases sofre a interferência de diversos fatores ambientais (temperatura, pressão, salinidade). Ele é responsável pela sobrevivência de seres aeróbios, e é utilizado durante a estabilização da matéria orgânica. (BRASIL, 2006).

O oxigênio dissolvido (OD) é um parâmetro relevante na escolha de manancial de captação, por isso ele não é analisado rotineiramente em estações de tratamento de água. A quantidade de oxigênio que a água pode conter é pequena,

pois sua solubilidade é baixa. A presença de oxigênio na água, especialmente com CO₂, constitui-se em um significativo fator a ser considerado na prevenção da corrosão de metais ferrosos. Sua origem natural é por dissolução do oxigênio atmosférico e produção pelos organismos fotossintéticos, em origem antrópica por introdução de aeradores. (VON SPERLIN, 1996; LIBÂNIO, 2010, RICHTER; AZEVEDO NETO, 1991).

4.4.2.8 Demanda de oxigênio

Existem dois tipos de demanda de oxigênio: demanda bioquímica e demanda química. Ambos são utilizados para indicar a presença de matéria orgânica na água e é responsável pelo principal problema de poluição das águas: a redução na concentração de oxigênio dissolvido. (BRASIL, 2006).

A Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) é a medida de quantidade de oxigênio necessária ao metabolismo das bactérias aeróbias para destruir a matéria orgânica. Já a Demanda Química de Oxigênio (DQO), envolve também a estabilização da matéria orgânica ocorrida por processos químicos. Por isso, o valor de DQO é sempre maior que o de DBO. (RICHTER; AZEVEDO NETO, 1991).

Como o OD, a DBO e DQO não são fatores monitorados em estações de tratamento de água. Estes parâmetros servem para avaliar a qualidade da água do manancial de abastecimento, no caso de DBO, por exemplo, o valor deve ser inferior a 5 mg/L. (LIBÂNIO, 2010).

4.4.2.9 Micropoluentes inorgânicos e orgânicos

A maioria dos micropoluentes inorgânicos é tóxica, dentre eles se destacam os metais pesados como arsênio, cádmio, cromo, chumbo, mercúrio e prata, que se dissolvem na água. Além dos metais pesados, ainda existem cianetos, flúor, dentre outros. São encontrados em pequenas quantidades em ambientes aquáticos naturais. Sua origem natural é através da dissolução de rochas constituintes e origem antropogênica em despejos industriais, atividades mineradoras. (VON SPERLIN, 1996; BRASIL, 2006)

Os micropoluentes orgânicos são acumulativos, resistentes à degradação biológica e não integram os ciclos biogeoquímicos. São os defensivos agrícolas,

detergentes, produtos químicos, dentre outros. Mesmo em pequenas concentrações possui riscos tóxicos. Sua origem natural advém de vegetais com madeira (tanino, lignina, celulose, fenóis) e origem antropogênica despejos industriais, detergentes, processamento e refinamento do petróleo, defensivos agrícolas. (VON SPERLIN, 1996).

4.4.2.10 Cloro residual

Para o controle de desinfecção da água é utilizado o cloro, produto químico de extrema importância que tem sua dosagem monitorada para controlar a presença de micro-organismos patogênicos durante o tratamento até a distribuição da água, se constitui uma barreira sanitária contra eventual contaminação antes do uso.

A Portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde determina a obrigatoriedade de se manter na saída do tratamento (após desinfecção) concentração de cloro residual livre de 0,5mg/l e em qualquer ponto na rede de distribuição 0,2 mg/l. Recomenda, ainda, que o teor máximo seja de 2,0 mg/l em qualquer ponto do sistema de abastecimento. Os principais produtos utilizados são: hipoclorito de cálcio, cal clorada, hipoclorito de sódio e cloro gasoso. (FUNASA, 2009, p. 50-51).

A análise de cloro pode ser realizada de duas formas, pelo Método do comparador Colorimétrico, onde é adicionado um reagente denominado dialquil - 1,4-fenilenodiamino (DPD) à mostra e embasado em uma escala de cores com unidade de medida em miligrama por litro (mg/L); ou pelo Método do Colorímetro, no qual é adicionado à amostra o reagente DPD e um aparelho, previamente calibrado, registra o resultado em mg/L de cloro. (SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO AMBIENTAL, 2007).

4.4.3 Propriedades biológicas

A água serve de veículo para a transmissão de diversas doenças causadas pelos microrganismos. “As características biológicas das águas naturais referem-se aos diversos microrganismos que habitam o ambiente aquático e manifesta-se na possibilidade de transmitir doenças e na transformação da matéria orgânica” (LIBÂNIO, 2010, p. 63). Para minimizar a transmissão de doenças, o controle da qualidade da água para consumo apresenta organismos indicadores.

Alguns micro-organismos como certas bactérias, vírus e protozoários são patogênicos, podem provocar doenças e ser causador de epidemias. Outros organismos com as algas são responsáveis pelo sabor e odor desagradáveis, ou por distúrbios em filtros e outras partes do sistema de abastecimento. As características biológicas das águas são determinadas através de análises bacteriológicas. (RICHTER; AZEVEDO NETO, 1991).

4.4.3.1 Coliformes

“As bactérias do grupo coliforme habitam normalmente o trato intestinal dos animais de sangue quente, servindo como indicadores da contaminação.” Dentro do grupo dos Coliformes, a *escherichia Coli* é a mais conhecida e de origem exclusivamente fecal, sendo bastante utilizada para indicar a poluição na água. (LIBÂNIO, 2010, p. 64).

Existem dois tipos de bactérias coliformes: fecais e totais. As *coliformes fecais* correspondem as bactérias termotolerantes, incluindo gêneros não necessariamente de origem fecal. Já o termo “coliformes totais” congrega um grupo ainda mais amplo de bactérias aeróbias ou anaeróbias também capazes de fermentar a lactose em 24 a 48 horas à temperatura 35 a 37°C. (LIBÂNIO, 2010, p. 64).

Maioria das doenças relacionadas à água é transmitida via fecal, ou seja, ao serem liberados pelas fezes, os organismos patogênicos atingem o meio aquático, contaminando pessoas que fazem uso desta água de modo incorreto. (BRASIL, 2006).

A determinação do (Número Mais Provável) NPM de coliformes em uma amostra é feita através da Técnica de Tubos Múltiplos. É baseada no princípio de que as bactérias presentes em uma amostra podem ser separadas por agitação resultando em uma suspensão de células bacterianas individuais uniformemente distribuídas. Consiste na inoculação de volumes decrescentes da amostra em um meio de cultura adequada ao crescimento dos microrganismos pesquisados, sendo cada volume inoculado em uma série de tubos. Através de diluições sucessivas, são obtidas inoculações e a combinação dos resultados positivos e negativos, permite a estimativa da densidade das bactérias pesquisadas através do cálculo de probabilidade. O exame é feito através de duas etapas: Ensaio Presuntivo e Ensaio

Confirmado. São obrigatórios para todos os tipos de amostra e podem ser complementados com o Ensaio Completo quando indicado. (SAAE, 2015).

A análise por membrana filtrante baseia-se na filtração de volumes adequados de água através de membrana filtrante. O meio é fornecido em flaconetes, para cada um deste, utiliza-se 100 ml da amostra de interesse. A amostra é colocada na estufa e a leitura é feita em 24 horas. As bactérias a serem detectadas apresentam dimensões maiores e ficarão retidas na superfície da membrana a qual então é transferida para uma placa de Petri contendo o meio de cultura seletivo e diferencial. O meio difunde-se para a membrana por capilaridade entrando em contato com as bactérias. Após o período de tempo determinado desenvolvem-se colônias com características típicas que poderão ser observadas com auxílio microscópico. (SAAE, 2015).

4.5 Legislação (Portaria 2.914/2011)

A Portaria 2.914/2011 “dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade”. (BRASIL, 2011, p. 01). Foi elaborada para substituir a revogada Portaria 518/2004 “que estabelecia os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.” (BRASIL, 2004, p. 01).

Esta portaria se aplica apenas a água indicada ao consumo humano, bem como seu sistema, abastecimento e padrão de potabilidade. Nela, são conceituados termos como: água para o consumo humano; água potável; padrão de potabilidade; padrão organoléptico; água tratada; sistema de abastecimento; solução alternativa coletiva e individual de abastecimento de água para consumo humano; rede de distribuição; ligações prediais; cavalete; controle, vigilância e garantia da qualidade da água para consumo humano, dentre outros. (BRASIL, 2011).

Delega responsabilidades e competências relacionadas ao padrão de qualidade da água e sua inspeção, à União (Ministério da Saúde, Secretaria Especial de Saúde Indígena, Agência Nacional de Vigilância Sanitária e Secretaria de Vigilância em Saúde), Estados e Municípios. (BRASIL, 2011).

Estabelece obrigações ao responsável pelo sistema de abastecimento coletivo, a fim de garantir que o tratamento de água ocorra conforme padrões das

normas técnicas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Dentro do sistema, se faz necessário o controle operacional, capacitação técnica e análises laboratoriais para garantir a qualidade da água tratada, dentre outras especificações exigida pela portaria. (BRASIL, 2011).

Os Laboratórios de Controle e Vigilância devem ser equipados para todas as análises necessárias e utilizar metodologias analíticas para determinação dos parâmetros visando às normas nacionais ou internacionais mais recentes. (BRASIL, 2011).

A Portaria delimita ainda os padrões de potabilidade da água através de parâmetros químicos, físicos e biológicos. Cada análise possui sua periodicidade e seus valores limitantes, estas características são demonstradas ao longo do Capítulo 5 referente ao padrão de potabilidade e nos anexos da portaria. Nos planos de amostragem são demonstrados os riscos à saúde associados às cianotoxinas, que são controlados através do monitoramento de cianobactérias presentes na água. (BRASIL, 2011).

Por fim, estipula penalidades do não cumprimento desta portaria, porém as sanções administrativas são aplicadas de acordo com a Lei nº 6.437, de 20 de agosto de 1977. Qualquer alteração de periodicidade de análises deve ser autorizada pelas autoridades competentes, tendo um prazo de resposta de sessenta dias. (BRASIL, 2011).

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Tipo de pesquisa

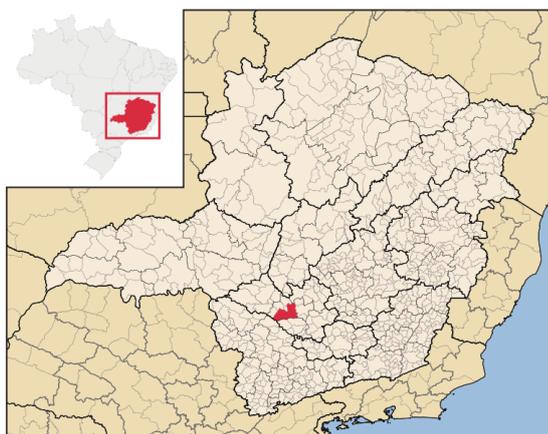
A pesquisa em questão quanto a sua abordagem possui caráter qualitativo e quantitativo. A qualitativa não se preocupa com valores e sim com qualidade, com a compreensão de um grupo social. Neste tipo de abordagem, a pesquisa depende muito do pesquisador, da sua capacidade e sua maneira de trabalhar, é isso que norteia esta pesquisa. (GIL, 2009).

Já a “pesquisa quantitativa é caracterizada pelo emprego da quantificação, tanto nas modalidades de coleta de informações quanto no tratamento delas por meio de técnicas estatísticas.” (RICHARDSON, 1999, p. 50).

5.2 Caracterização do local de estudo

A área de estudo compreende o município de Formiga, localizado na Região Centro-Oeste do Estado de Minas Gerais (FIG. 4) distante da capital mineira, Belo Horizonte, há aproximadamente 200 km. O município possui cerca de 68.423 habitantes, distribuídos em uma área de aproximadamente 1.502 Km. (IBGE, 2017).

Figura 4 - Localização do município de Formiga no estado de Minas Gerais.



Fonte: Google Maps, 2017.

O município de Formiga se localiza a 20°27'45”S e 45°25'40”W. Ele faz divisa com os seguintes municípios: a norte – Pains, Córrego Fundo, Arcos, Santo Antônio do Monte e Pedra do Indaiá; a sul – Candeias e Cristais; a oeste – Pimenta e Guapé e a leste – Itapecerica.

O Trabalho foi realizado com o auxílio do (Serviço Autônomo de Água e Esgoto) SAAE de Formiga – MG. Esta entidade é uma autarquia municipal, criado pela Lei nº 837 de 27/12/1971, sendo Prefeito Municipal nesta data, o Sr. Arnaldo Barbosa.

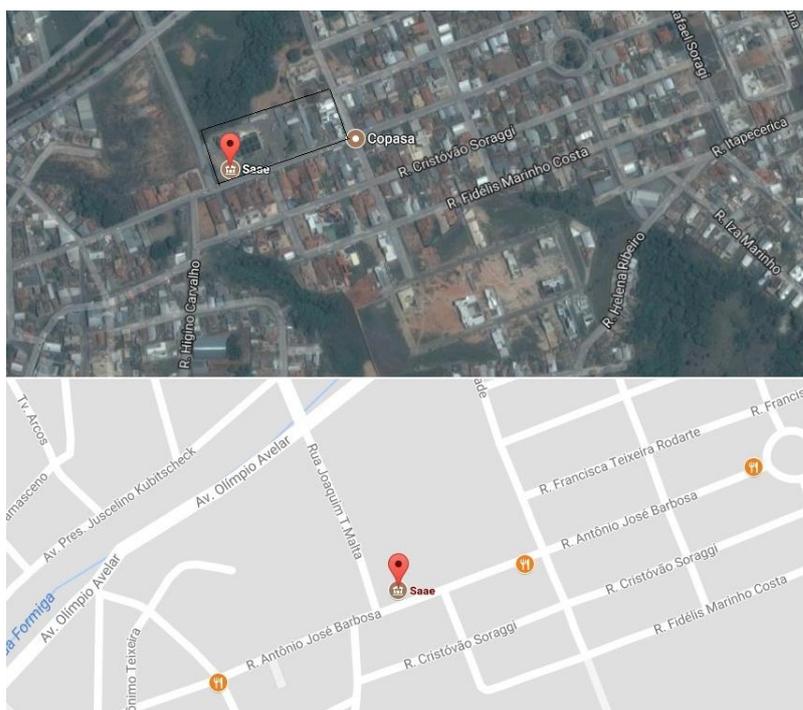
Dentro da prestação de serviços do SAAE se inclui a captação, tratamento e distribuição de água com boa qualidade, e coleta de esgoto sanitário em todos seus aspectos, até sua destinação final.

O SAAE de Formiga funciona 24 horas por dia, com horário comercial de 07:00h às 16:00h, segunda a sexta feira, com plantão de serviços externos aos sábados, domingos e feriados.

Conta com 150 funcionários distribuídos em diversos serviços prestados como: Posto de Atendimento e Recebimento de Contas no Prédio da Prefeitura no centro da cidade, Atendimento e prestação de serviços no Escritório geral da ETA 1, no Bairro Santa Luzia, onde funciona a Estação de Tratamento de Água do Rio Formiga e outras dependências.

Está situado na Rua Antônio José Barbosa, 723 Bairro Santa Luzia (FIG. 5), CEP: 35.570-000 Formiga, Minas Gerais, Caixa Postal 125. Possui as seguintes coordenadas geográficas UTM X 456193 leste e Y 7737834 sul.

Figura 5 – Localização do SAAE



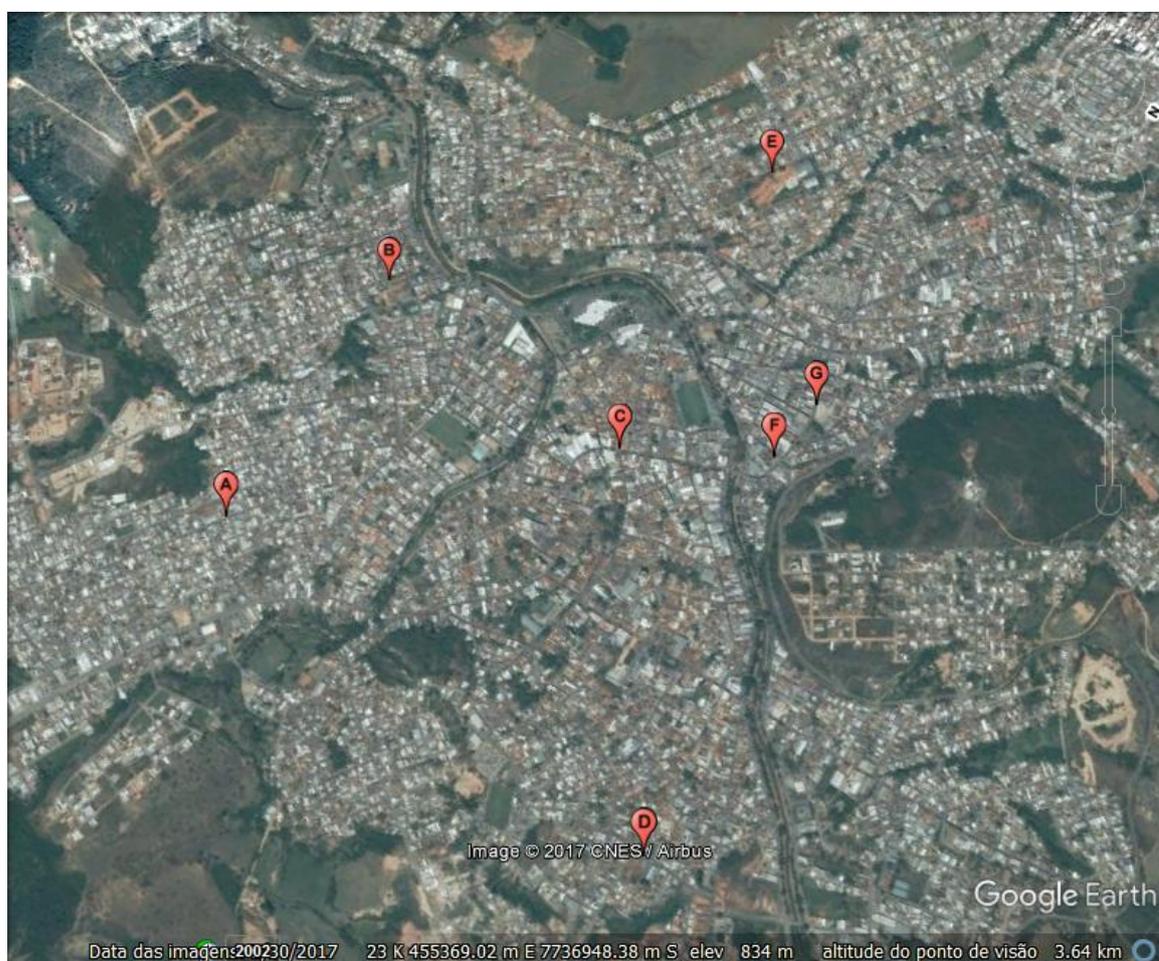
Fonte: Google Maps, 2017.

5.3 Definição dos pontos de coleta

Os pontos de coletas foram determinados pela autora do trabalho, com a finalidade de avaliar a qualidade da água em diferentes escolas do município de Formiga. Foram definidos sete pontos distintos, todos localizados na zona urbana do município. (FIG. 6)

Os ensaios foram realizados em triplicata, sendo que as coletas foram feitas três vezes nos pontos descritos conforme (TAB. 1). A primeira coleta foi realizada no dia 07/12/2016, a segunda 12/12/16 e a terceira dia 14/12/16.

Figura 6 - Marcação de pontos de coleta.



Fonte: Google Earth, 2017.

Tabela 1 - Descrição dos pontos de coleta.

Ponto de coleta	Local de coleta	Bairro de coleta	Coordenadas Geográficas	
			Latitude	Longitude
A	E.M Miralda da Silva Carvalho	N. S. de Lourdes	456001	7736105
B	E.E Aureliano Rodrigues Nunes	Alvorada	455145	7736130
C	E.E Rodolfo Almeida	Centro	455223	7736956
D	E.E Pio XII	Vila Esperança	456140	7737675
E	E.E Abílio Machado	Areias Brancas	454286	7736909
F	E.E Profº Joaquim Rodarte	Centro	455019	7737338
G	E.E Jalcira Santos Valadão	Centro	454827	7737366

Fonte: Acervo Pessoal, 2016.

Os procedimentos de coleta e acondicionamento das amostras de água foram realizados conforme métodos especificados pelo manual de procedimentos de amostragem e análises físico-químicas e microbiológicas da Fundação Nacional de Saúde (FUNASA, 2009). Os frascos e sacos plásticos utilizados foram de 100 ml padronizados e esterilizados. Todos os recipientes foram abertos nos locais da coleta. (FIG. 7)

Após as coletas as amostras foram identificadas e transportadas em caixa de isopor.

Figura 7 - Frascos e sacos plásticos utilizados.



Fonte: Acervo pessoal, 2016.

5.4 Análises laboratoriais

As análises foram realizadas no laboratório do SAAE de Formiga - MG, sendo considerados os seguintes parâmetros: turbidez, cloro, condutividade elétrica, pH, cor, coliformes fecais e bactérias heterotróficas.

Para a análise de cor foi utilizado o colorímetro modelo Digimed. A turbidez foi analisada através do turbidímetro modelo Poli Control AP2000. Para as análises de pH e condutividade elétrica foi utilizado potenciômetro digital, modelo Orion Versastar que realiza ambas análises simultaneamente. A realização da análise do parâmetro cloro foi feita utilizando um colorímetro La Motte SMART3.

Nas análises microbiológicas foi realizado o teste de presença e ausência em Coliformes totais utilizando um substrato cromogênico, adicionado logo após a coleta. Essas amostras foram preservadas por 24 horas em estufa bacteriológica e após analisadas em fluorescência a fim de verificar a acidificação do meio (mudança de coloração para amarelo) com ou sem produção de gás, é considerado resultado positivo para coliformes. (FIG. 8)

Figura 8 – Amostras para análise microbiológica e estufa bacteriológica



Fonte: Acervo pessoal, 2016.

Para determinar a quantidade de bactérias heterotróficas utiliza-se o meio Plate Count Agar. O meio recém-preparado deve ser inoculado por 48 horas e faz-se a contagem de (Unidade Formadora de Colônias) UFC. (FIG. 9).

Figura 9 – Contagem de bactérias heterotróficas



Fonte: Acervo pessoal, 2016.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Resultados das análises dos parâmetros físico-químicos

Os resultados encontrados para os parâmetros analisados foram comparados com a Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011, que estabelece valores padrões para os parâmetros turbidez, cloro, condutividade elétrica, pH e cor, como ilustra a TAB. 2.

Tabela 2 – Valores padrões

Parâmetros	Unidade	V.M.P*
Turbidez	uT	5
Cloro residual	Mg/l	2
Condutividade	$\mu\text{S.cm}^{-1}$	30 a 1500
pH	--	6,0 a 9,5
Cor	UH	15

* Valor Máximo Permitido (VPM)
Fonte: BRASIL, 2011.

Os resultados das análises dos parâmetros físico-químicos das sete escolas escolhidas como pontos estão descritos nas TAB. 3, 4 e 5 (APÊNDICE A).

De acordo com as análises a turbidez das amostras apresentaram valores de 0,1 a 7,62 uT nas amostras de água da rua; já nas análises de água da caixa d'água os valores encontrados variaram de 0,1 a 6,55 uT ; a Portaria vigente exige que a turbidez seja inferior a 5 uT, desta forma, duas amostras se encontram fora do padrão exigido.

No parâmetro condutividade elétrica as amostras de água da rua ilustraram valores de 91,1 a 116,2 $\mu\text{S.cm}^{-1}$; já o valor da análise de água da caixa d'água foi de 88,6 a 116, 2 $\mu\text{S.cm}^{-1}$, sendo o valor permitido entre 30 a 1500 $\mu\text{S.cm}^{-1}$. Todas estão dentro do permitido para água potável. Os resultados obtidos pelas análises não sofreram grandes variações ao longo do período estudado. Os valores mais altos de condutividade foram encontrados nos pontos que obtiveram alta turbidez, o que pode ter influenciado os resultados, devido a presença de sais e outros sólidos dissolvidos. Sehn (2012) afirma que os sólidos totais englobam os sólidos em suspensão e os sólidos dissolvidos, conseqüentemente interferem na turbidez e na

condutividade elétrica, ao se secar uma amostra se encontra a quantidade residual de sólidos. Para se medir uma quantidade de sólidos dissolvidos é utilizado o método de filtragem, para após a secagem analisar o seu peso, ou medir através do parâmetro de condutividade elétrica. Para medir os sólidos em suspensão, emprega-se a subtração da massa de sólidos dissolvidos pelos sólidos totais, ou medir a partir da turbidez.

Os valores de pH encontrado nas amostras de água da rua variaram de 7,13 a 7,95; já o valor de água da caixa d'água foi de 7,15 a 8,32; o valor permitido pela Portaria é de 6,0 a 9,5. Deste modo, todas as amostras estão dentro do valor permitido.

No parâmetro cor as amostras de água da rua ilustraram valores de 0 a 5,6 UH; já as amostras de água da caixa d'água variaram de 0 a 2,1. O valor permitido estabelece que seja inferior a 15 UH, sendo assim, todas estão dentro do permitido. A cor e turbidez são parâmetros inter-relacionados, cor é a característica que comprova a presença de substâncias dissolvidas na água, resultando no grau de coloração da mesma. Turbidez é a característica que comprova a presença de partículas em suspensão, resultando num aspecto turvo da água. Se a cor estiver com níveis altos consequentemente a turbidez também estará. O que comprova esta teoria, é a amostra com valor de cor 5,3 UH nas análises que apresentou turbidez de 7,62uT, demonstrando assim, sua correlação.

Os valores do cloro das amostras da água da rua variaram de 0,6 a 1,15, já nas amostras da caixa variaram de 0 a 1,01.

As características da água sofrem algumas variações ao longo de seu percurso de distribuição, como por exemplo, redução da desinfecção residual. No estudo em questão pode ser observada que quanto mais afastada é a escola em relação ao centro, menor é o valor do cloro, pois ocorre o decaimento do cloro. Este decaimento acontece devido a alguns fatores como às diversas reações orgânicas e inorgânicas que podem ocorrer dentro de uma tubulação e condições hidráulicas de vazão e pressão. Estas reações interferem na concentração de cloro residual e consequentemente perda da qualidade microbiológica, por este motivo é importante que se conheça os meios de deterioração do cloro e suas causas, para assim pontuar soluções. (SALGADO, 2008).

Segundo Meyer (1994), o cloro e seus compostos são fortes agentes oxidantes. A reatividade do cloro diminui com o aumento do pH, e sua velocidade de

reação aumenta com a elevação da temperatura. As reações do cloro com compostos inorgânicos redutores, como sulfitos, sulfetos, íon ferroso e nitrito, são geralmente muito rápidas. Ainda de acordo com o autor, a presença de alguns compostos orgânicos dissolvidos também reagem rapidamente com o cloro. As águas de abastecimento, em geral, apresentam valores de pH entre 5 e 10, quando as formas presentes são o ácido hipocloroso (HOCl) e o íon hipoclorito (OCl) (cloro residual livre).

A presença de ferro e manganês na água afeta a cloração. Caso o pH seja elevado o bastante para que haja a formação de hidróxidos e a quantidade de cloro presente seja suficiente, as formas reduzidas desses metais serão oxidadas às suas formas de hidróxidos insolúveis. Os nitritos também podem estar presentes na água, sendo rapidamente oxidados pelo cloro. Uma grande quantidade de compostos orgânicos presentes na água pode exercer influência no consumo de cloro, dependendo da quantidade de cloro disponível e do tempo de reação (MEYER, 1994).

Diante do exposto, pode-se observar através dos resultados obtidos que os parâmetros pH, cloro e bactérias heterotróficas estão diretamente interligadas. Nos pontos onde o pH se encontrava mais alto, a concentração de cloro reduzia e conseqüentemente um maior número de bactérias foi formado. Diante do exposto, conclui-se que, existe o risco de patogenicidades em duas escolas do município de Formiga. Por ser um órgão público e de muita circulação de pessoas, há o risco de infecção por doenças de veiculação hídrica.

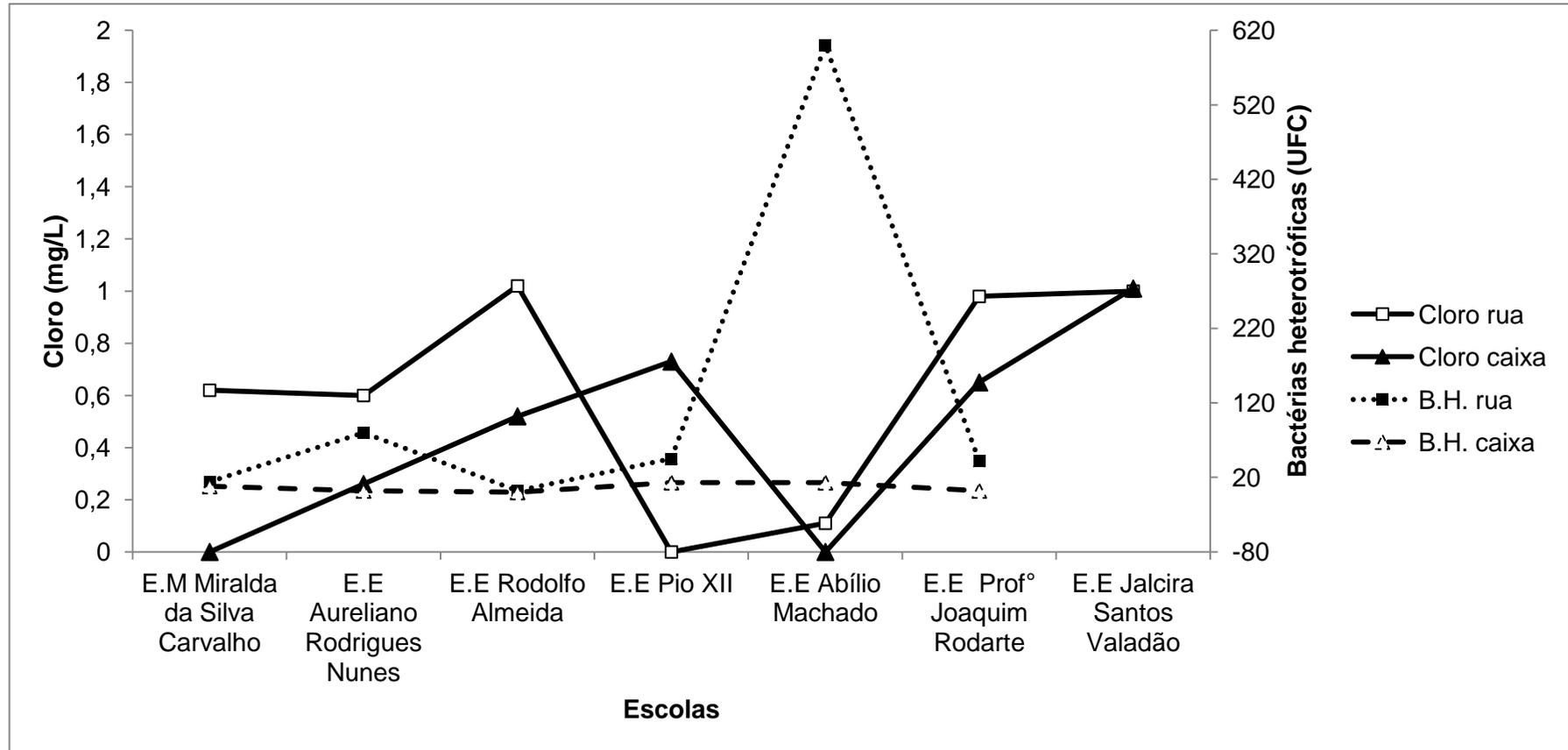
6.2 Resultados das análises dos parâmetros microbiológicos

Os resultados das análises de parâmetro microbiológicos para bactérias heterotróficas, coliformes totais e fecais e *escherichia coli* estão representados na TAB. 6 (APÊNDICE B).

Nas análises microbiológicas de Coliformes totais, fecais e *escherichia coli* os resultados foram todos ausência, estando dentro do padrão de potabilidade. Já nas análises de bactérias heterotróficas, as amostras de água da rua demonstraram valores de 2 a 600 colônias, nestes valores apenas uma amostra ficou fora do padrão de 500, que foi a amostra da Escola Abílio Machado no dia 07/12/16. Nas amostras de água da caixa d' água foram obtidos valores de 2 a 610 colônias, nesta variação apenas a amostra da Escola Miralda da Silva Carvalho do dia 12/12/16 se apresentou em não conformidade, apresentando valor de 610. A norma estabelece que o valor máximo seja 500.

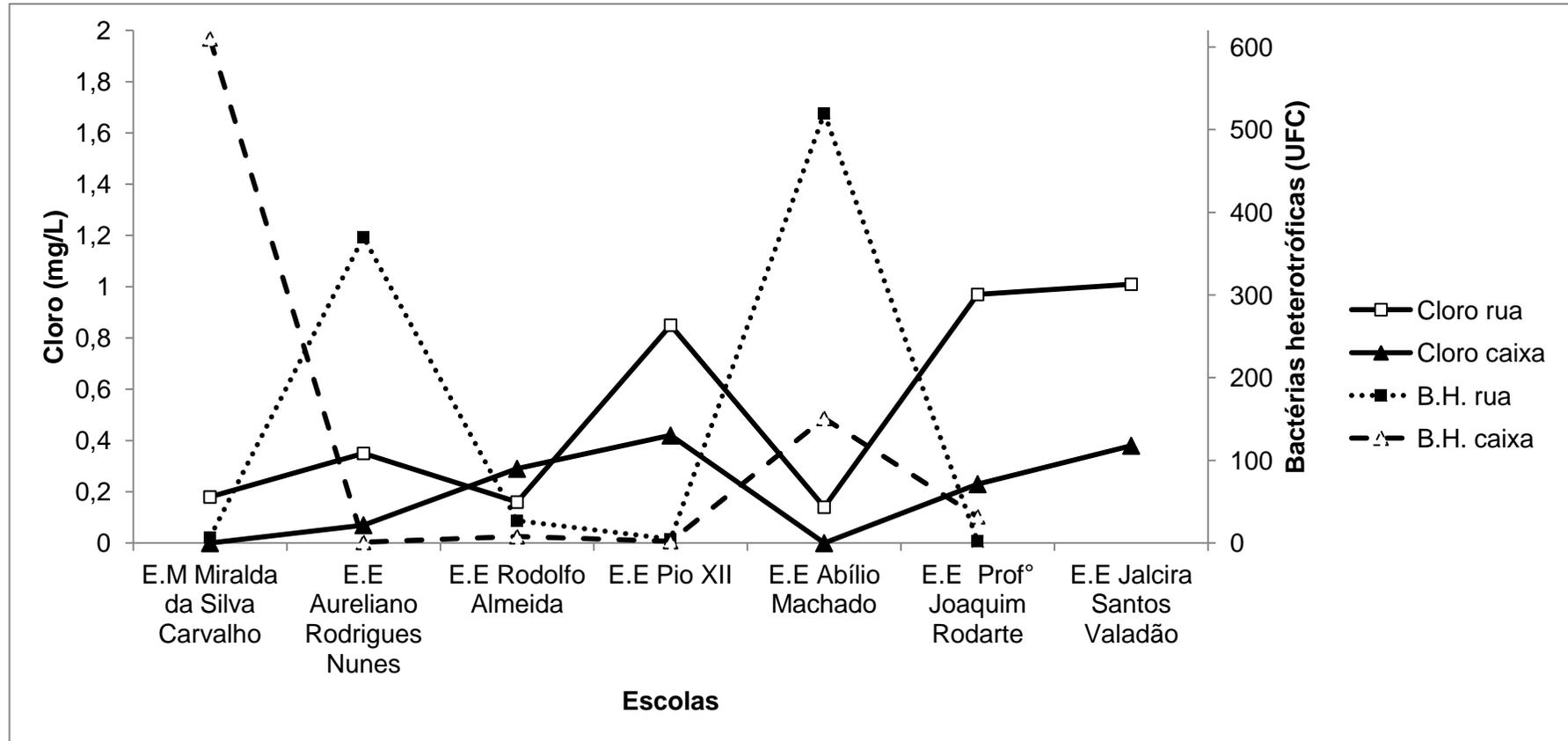
Os GRAF. 1 a 3 fizeram uma comparação entre o valor de cloro com os níveis de bactérias heterotróficas encontradas. Esta análise é muito relevante, principalmente para demonstrar que a falta de desinfecção adequada afeta diretamente na qualidade da água.

Gráfico 1 – Níveis de cloro e Bactérias Heterotróficas nas amostras do dia 07/12/16



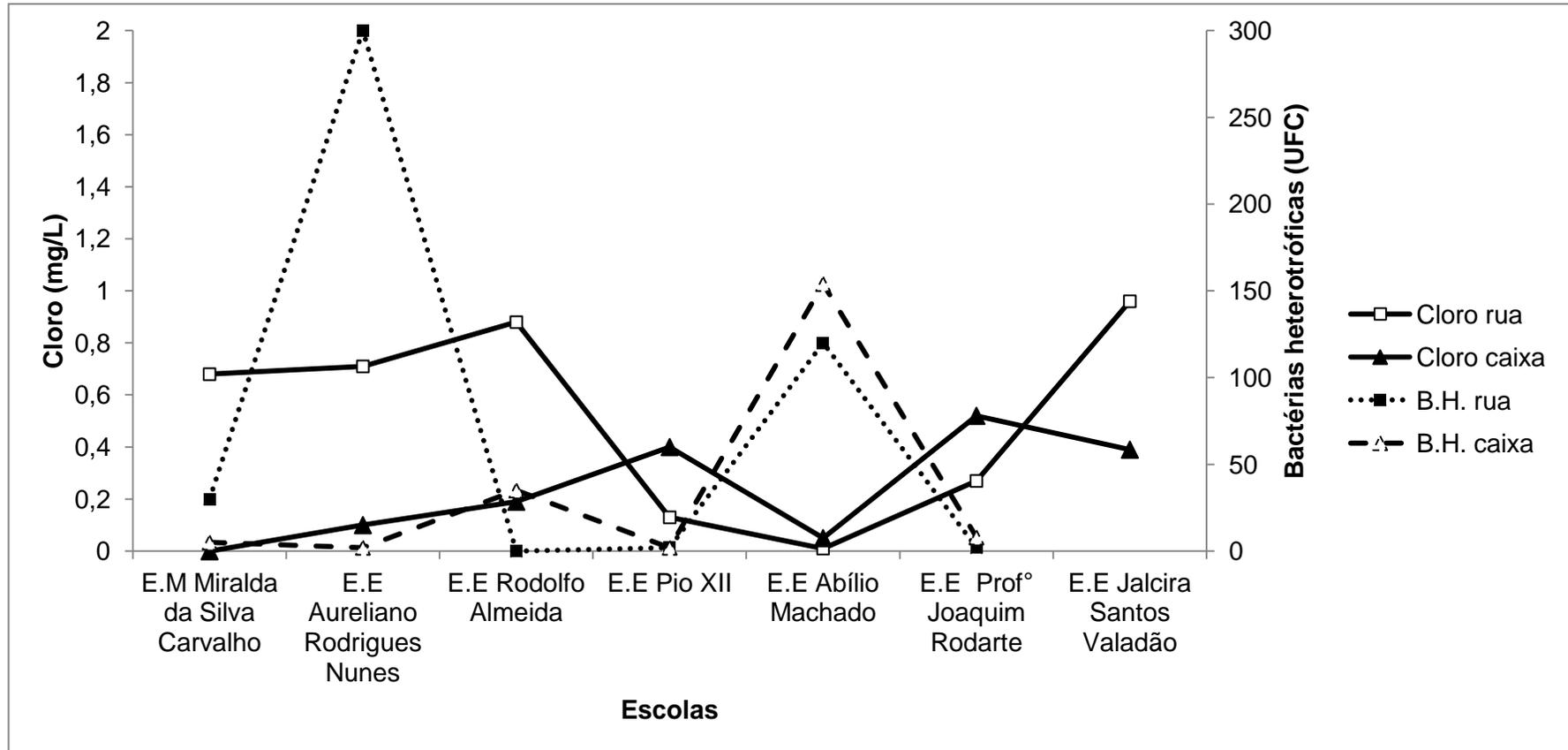
Fonte: A autora, 2017.

Gráfico 2 - Níveis de cloro e Bactérias Heterotróficas nas amostras do dia 12/12/16



Fonte: A autora, 2017.

Gráfico 3 - Níveis de cloro e Bactérias Heterotróficas nas amostras do dia 14/12/16



Fonte: A autora, 2017.

Segundo Nascimento e colaboradores (2000), a presença dessas bactérias pode indicar uma deterioração na qualidade da água de consumo ou um processo de desinfecção inadequado no sistema de produção. Segundo Dias (2008), mesmo que a maioria das bactérias heterotróficas da microbiota natural da água não seja considerada patogênica, é importante que sua população seja mantida sob controle, pois o aumento ou diminuição da população dessas bactérias na água podem causar riscos à saúde do consumidor.

Como os pontos de amostragem são locais de grande acesso da população é de extrema importância, maiores cuidados quanto à qualidade da água em questão.

7 CONCLUSÃO

A Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde que delimita os padrões de potabilidade da água. Dentre o estudo, as análises de amostras físico-químicas das escolas avaliadas se mostraram fora dos padrões de potabilidade para os parâmetros cloro e turbidez.

As análises microbiológicas de coliformes totais, fecais e *escherichia coli*, o resultado foi negativo para todas, como delimitado na Portaria. Porém, nas análises de bactérias heterotróficas, duas amostras estavam fora do parâmetro estabelecido pela Portaria, apresentando um valor superior a 500. Este valor fora do parâmetro pré-estabelecido está diretamente associado com os níveis baixos de cloro, que é o agente desinfetante da água. A partir deste valor, se assume o risco de disseminação de doenças de veiculação hídrica em duas escolas do município de Formiga.

Contudo, a importância e a necessidade de se ter profissionais qualificados e dotados de competências e compromisso nas estações de tratamento de água, pois é imprescindível que os padrões de qualidade de água estejam atendendo as legislações pertinentes de forma que a população receba uma água boa qualidade em qualquer ponto da cidade.

REFERÊNCIAS

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

BARROS, W. P. **A água na visão do direito**. Porto Alegre: Tribunal de Justiça do Rio Grande do Sul, Departamento de Artes Gráficas, 2005. Disponível em: < https://www1.tjrs.jus.br/export/poder_judiciario/tribunal_de_justica/centro_de_estudos/publicacoes/doc/Agua_na_Visao_do_Direito.pdf>. Acesso em: 21 mai. 2017.

BERNARDO, L.; PAZ, L. P. **Seleção de tecnologias de tratamento de água**. São Carlos: Editora LDIBE LTDA, 2008. Volume 1.

BITTENCOURT, C.; PAULA, M. A. S. de. **Tratamento de água e efluentes**: fundamentos de saneamento ambiental e gestão de recursos hídricos. 1 ed. São Paulo: Érica, 2014.

BRAGA, B. et al. **Introdução à engenharia ambiental**: o desafio do desenvolvimento sustentável. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2006.

BRANCO, S. M. **Água**: origem, uso e preservação. São Paulo: Moderna, 1993.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano**. Brasília: Ministério da Saúde, 2006. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/vigilancia_controle_qualidade_agua.pdf>. Acesso em: 23 jun. 2017.

_____. Ministério da Saúde. **Portaria nº 518**, de 25 de março de 2004. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. Brasília/DF, Brasil. 2004. Disponível em: < http://www.aeap.org.br/doc/portaria_518_de_25_de_marco_2004.pdf >. Acesso em 31 julho de 2017.

_____. Ministério da Saúde. **Portaria nº 2.914**, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília/DF, Brasil. 2011. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html>. Acesso em 31 julho de 2017.

CONAMA. **Resolução nº 357**, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília/DF, Brasil. Conselho Nacional do Meio Ambiente, 2005. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459> >. Acesso em: 22 mai. 2017.

DIAS, M. F. F. **Qualidade microbiológica de águas minerais em garrafas individuais comercializadas em Araraquara – SP**. 2008. 66f. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Alimentos) – Universidade Estadual Paulista, Araraquara, SP, 2008.

FROIS, A. G. **Revisão de literatura sobre o controle de flúor e sua importância na prevenção da cárie**. 2013. 34 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Atenção Básica da Saúde da Família) – Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, 2013. Disponível em: <<https://www.nescon.medicina.ufmg.br/biblioteca/imagem/4509.pdf>>. Acesso em: 29 mai. 2017.

FUNASA. Fundação Nacional de Saúde. **Manual prático de análise de água**. 3ª ed. rev. - Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2009.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. 12. reimpr. São Paulo: Atlas, 2009.

GUERREIRO, L. **Dossiê técnico**. ETA (Estação de Tratamento de Água) e ETE (Estação de Tratamento de Efluentes). 2007. Disponível em: <<http://respostatecnica.org.br/dossie-tecnico/downloadsDT/MjUy>>. Acesso em: 29 mai. 2017.

GRASSI, M. T. **Águas do planeta terra**. Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola. Edição especial – Maio 2001. Disponível em: <<http://qnesc.sbq.org.br/online/cadernos/01/aguas.pdf>>. Acesso em: 21 mai. 2017.

HOWE, K. J. et al. **Princípios de tratamento de água**. Tradução Noveritis do Brasil ; revisão técnica Elvis Carissimi. São Paulo : Cengage, 2016.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Formiga**. 2017. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=312610>>. Acesso em: 10 nov. 2017.

LIBÂNIO, M. **Fundamento de qualidade e tratamento de água**. Campinas, SP: Editora Átomo, 2010. 3ª Edição.

MACEDO, J. A. B. de. **Águas e águas**. 2 ed. atual. rev. Belo Horizonte: CRQ – MG, 2004.

MARTINS, F. S. V.; PEDRO, L. G. F., CASTIÑEIRAS, T. M. P. P. **Doenças transmitidas por água e alimentos**. CIVES. Centro de Informação em Saúde para Viajantes. 2017. Disponível em: <<http://www.cives.ufrj.br/informacao/viagem/protecao/dta-iv.html>>. Acesso em: 18 jul. 2017.

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, v.10, n.1,p.99-110, 1994.

MIRANDA, A.C; GOMES. H.P. SILVA. M.O. **Recursos Hídricos: a gestão das águas, a preservação da vida.** São Paulo: All Print Editora, 2006.

MIRANDA, L. A. S.; MONTEGGIA, L. O. **Sistemas e processos de tratamento de águas de abastecimento.** Porto Alegre: (S. N.), 2007. Disponível em: <http://www.unipacvaleadoaco.com.br/ArquivosDiversos/sistemas_e_processos_de_tratamento_de_aguas_de_abastecimento.pdf>. Acesso em: 23 mai. 2017.

MEDEIROS FILHO, C. F. de. **Abastecimento de água.** [200-]. Universidade Federal de Campina Grande – UFCG. Campina Grande – PB. Disponível em: <<http://www.dec.ufcg.edu.br/saneamento/Abastece.pdf>>. Acesso em: 29 mai. 2017.

MIZUTORI, I. S., **Caracterização da Qualidade das Águas Fluviais em Meios Peri-urbanos: O Caso da Bacia Hidrográfica do Rio Morto - RJ.** Dissertação (Mestrado). Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental. Rio de Janeiro/RJ, Brasil. PPEA/UERJ, 2009.

NASCIMENTO, A. R.; AZEVEDO, T. K. L.; MENDES FILHO, N. E.; ROJAS, M. O. A. I. Qualidade microbiológica das águas minerais consumidas na cidade de São Luís-MA. **Hig. Alim.**, v.14, n.76, p.69-72, 2000.

PEREIRA, R. S. Identificação e caracterização de fontes de poluição em sistemas hídricos. **Revista eletrônica de Recursos Hídricos** . IPH-UFRGS. v. 1, n. 1, p. 20-36. 2004. Disponível em: < <http://www.vetorial.net/~regissp/pol.pdf>>. Acesso em: 23 jun. 2017.

RICHARDSON, R. J. **Pesquisa social: métodos e técnicas.** 3. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

SAAE. SERVIÇO AUTÔNOMO DE ÁGUA E ESGOTO. **Sistemas de tratamento de água.** Aracruz, ES, 2006. Disponível em: <www.saaeara.com.br/arquivos/outros/Tratamento_de_Agua.pdf>. Acesso em: 05. Abril, 2017.

_____. **Relatório da Qualidade da Água Referente a 04/2015.** Disponível em: <<http://www.saaelambari.mg.gov.br/arquivos/3d63a0207a31757003ec148ad1092df5.pdf>>. Acesso em: 23 jun. 2017.

SALGADO, S. R. T. **Estudos dos parâmetros de decaimento do cloro residual em sistema de distribuição de água tratada considerando vazamento.** 2008. 161 p. Dissertação de Mestrado (em Hidráulica e Saneamento) – Universidade de São Paulo – USP. Disponível em: < <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/VFinalSalgado.pdf>>. Acesso em: 07 nov. 2017.

SANTOS, M. de O. R. M dos. **O impacto da cobrança pelo uso da água no comportamento de usuário.** Rio de Janeiro. 2002. 231p. Disponível em: <[http://www.ana.gov/Recursos hídricos](http://www.ana.gov/Recursos%20h%C3%ADricos) .Acesso em : 16 out 2017

SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO AMBIENTAL (Org). **Qualidade da água e padrões de potabilidade: abastecimento de água: guia do profissional em**

treinamento: nível 2. Belo Horizonte: ReCESA, 2007. Disponível em: <<http://nucase.desa.ufmg.br/wp-content/uploads/2013/04/AA-QAPP.2.pdf>>. Acesso em 13 jun. 2017.

SEHN, L. **De olho nas águas. Medidor de condutividade elétrica para fins de monitoramento ambiental.** 2012. Disponível em: <http://cta.if.ufrgs.br/projects/medidor-de-condutividade-eletrica-monitoramento-ambiental/wiki/Estado_da_Arte>. Acesso em: 07 nov. 2017.

SOUSA, E. R. de. **Noções sobre qualidade da água.** 2001. Disponível em: <https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/3779578015680/Nocoos_Qualidade_Agua.pdf>. Acesso em: 23 jun. 2017.

VRANJAC, A. **Doenças relacionadas à água ou de transmissão hídrica - perguntas e respostas e dados estatísticos.** CCD. São Paulo, 2009. Disponível em: <ftp://ftp.cve.saude.sp.gov.br/doc_tec/hidrica/doc/dta09_pergresp.pdf>. Acesso em 10 mai. 2017.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** 2. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental UFMG, 1996.

APÊNDICE A – Tabelas de análises físico-químicas

Tabela 3 – Resultados de análises físico-químicas do dia 07/12/2016.

Nome da Escola	Amostras de água da rua					Amostras de água da caixa d'água				
	Turbidez	Cloro	Condutividade	pH	Cor	Turbidez	Cloro	Condutividade	pH	Cor
E.M Miralda da Silva Carvalho	0,85	0,62	105,6	7,43	0.0	1,3	0	109,7	7,8	2,3
E.E Aureliano Rodrigues Nunes	0,26	0,6	102,6	7,35	0.0	1,37	0,26	105,6	7,73	1
E.E Rodolfo Almeida	0,61	1,02	99,2	7,36	0.0	1,67	0,52	96,7	7,15	1,2
E.E Pio XII	0,35	1.15	98,9	7,54	0.0	1,39	0,73	99,5	7,42	0,9
E.E Abílio Machado	1,35	0,11	104,5	7,51	1,1	1,45	0	106	7,75	1,3
E.E Profº Joaquim Rodarte	0,1	0,98	98,7	7,53	1,5	1,17	0,65	97,4	7,32	2,1
E.E Jalcira Santos Valadão	3,08	1	98,5	7,33	0	1,22	1,01	97,5	7,34	1,2

Fonte: A autora, 2017.

Tabela 4 – Resultados de análises físico-químicas do dia 12/12/2016.

Escolas	Amostras de água da rua					Amostras de água da caixa d'água				
	Turbidez	Cloro	condutividade	pH	Cor	Turbidez	Cloro	condutividade	pH	Cor
E. M. Miralda da Silva Carvalho	0,63	0,18	97,2	7,47	0	0,13	0	110,4	8	0
E. E. Aureliano Rodrigues Nunes	0,65	0,35	95	7,53	1,4	0,1	0,07	113,2	8,32	0,02
E. E. Rodolfo Almeida	0,38	0,16	94,7	7,52	1,2	0,72	0,29	92	7,47	0
E. E. Pio XII	1,02	0,85	91,1	7,31	0	0,25	0,42	94,8	7,91	0
E. E. Abílio Machado	2,79	0,14	116,2	7,95	5,6	0,1	0	114,9	8,28	0
E.E. Prof° Joaquim Rodarte	0,83	0,97	93,7	7,59	1,6	0,92	0,23	88,6	8,05	0
E. E Jalcira Santos Valadão	3,54	1,01	92,9	7,43	5,1	0,23	0,38	94,4	8,07	0

Fonte: A autora, 2017.

Tabela 5 – Resultados de análises físico-químicas do dia 14/12/2016.

Nome da Escola	Amostras de água da rua					Amostras da caixa d'água				
	Turbidez	Cloro	Condutividade	pH	Cor	Turbidez	Cloro	Condutividade	pH	Cor
E.M Miralda da Silva Carvalho	4,37	0,68	105,6	7,21	1,1	3,59	0	116,2	7,87	0
E.E Aureliano Rodrigues Nunes	0,1	0,71	104,6	7,13	0	0,75	0,1	110,2	8,02	0
E.E Rodolfo Almeida	1,12	0,88	94,5	7,22	0	0,44	0,19	93,9	7,77	0
E.E Pio XII	0,53	0,13	100,1	7,17	0	6,55	0,4	101,8	7,82	0
E.E Abílio Machado	7,62	0,01	116	7,56	5,3	4,7	0,05	115,4	8,07	0
E.E Profº Joaquim Rodarte	4,69	0,27	94,6	7,25	0,1	1,88	0,52	93,7	7,92	0
E.E Jalcira Santos Valadão	0,79	0,96	96,4	7,18	0	0,71	0,39	92,9	7,87	0

Fonte: A autora, 2017.

APÊNDICE B – Análises microbiológicas

Tabela 6 – Resultados de análises microbiológicas

Nome da Escola	Dia	Bactérias Heterotróficas		Coliformes totais, fecais e escherichia coli	
		Água da rua	Água da Caixa	Água da rua	Água da Caixa
E.M Miralda da Silva Carvalho	07/12/2016	14	8	-	-
	12/12/2016	7	610	-	-
	14/12/2016	30	5	-	-
E.E Aureliano Rodrigues Nunes	07/12/2016	80	2	-	-
	12/12/2016	370	1	-	-
	14/12/2016	300	2	-	-
E.E Rodolfo Almeida	07/12/2016	2	0	-	-
	12/12/2016	27	8	-	-
	14/12/2016	0	35	-	-
E.E Pio XII	07/12/2016	45	13	-	-
	12/12/2016	5	2	-	-
	14/12/2016	2	2	-	-
E.E Abílio Machado	07/12/2016	600	13	-	-
	12/12/2016	520	151	-	-
	14/12/2016	120	54	-	-
E.E Profº Joaquim Rodarte	07/12/2016	42	2	-	-
	12/12/2016	2	32	-	-
	14/12/2016	2	8	-	-

Fonte: A autora, 2017.