

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DE FORMIGA – UNIFOR MG
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA
GABRIELA ARANTES MACEDO**

**QUALIDADE DA ÁGUA DE ABASTECIMENTO EM COMUNIDADES RURAIS DO
MUNICÍPIO DE FORMIGA – MG**

**FORMIGA – MG
2017**

GABRIELA ARANTES MACEDO

QUALIDADE DA ÁGUA DE ABASTECIMENTO EM COMUNIDADES RURAIS DO
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
2º SEMESTRE/2017

Gabriela Arantes Macedo

Qualidade da água de abastecimento em comunidades rurais do 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. Anísio Cláudio Rios Fonseca
UNIFOR - MG

Prof.^a Me. Tânia Aparecida de Oliveira Fonseca
UNIFOR - MG

Formiga, 4 de dezembro de 2017.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus que, em seu infinito amor me concedeu coragem para lutar e perseverança para vencer, e por ser proteção e refúgio em todos os momentos.

Aos meus pais, que com sua imensa compreensão, apoio e amor único, conduziram-me a esta vitória.

Aos amigos pelas lembranças e ensinamentos.

Ao professor Me. Paulo Ricardo Frade, pelo apoio e orientação.

E aos professores e familiares que de alguma forma contribuíram com seus ensinamentos para a concretização de minha formação pessoal e profissional.

“A água de boa qualidade é como a saúde ou a liberdade: só tem valor quando acaba”.

Guimarães Rosa

RESUMO

A água é um bem comum que precisa estar em quantidade suficiente para cumprir as necessidades básicas e metabólicas do ser humano, além de diversas outras atividades, e com qualidade que garanta o bem-estar, conforto, saúde e a qualidade de vida. No meio rural nem sempre pode-se garantir essa qualidade em virtude da utilização de fontes alternativas, da captação e do sistema de armazenamento, o que contribui para contaminações e disseminação de doenças de veiculação hídrica. O presente trabalho tem por objetivo avaliar a qualidade da água de origem subterrânea, que abastece diferentes comunidades da zona rural no município de Formiga – MG. Foram coletadas águas em 24 diferentes comunidades, sendo elas, Albertos, Baiões, Batata, Boa Esperança, Cerrado de Baiões, Cerrado das Palmeiras, Cunhas I, Cunhas II, Cunhas III, Fazenda Velha, Fivela, Marmelada, Nova Zelândia, Padre Doutor, Paneleiros, Ponte Vila, Restinga, Retiro, Rodrigues, Santa Luzia, São Pedro, Teodoro, Timboré e Timóteo. As análises foram realizadas nos laboratórios do SAAE, e observou-se parâmetros físicos, químicos e biológicos. Os resultados encontrados que apresentaram discordância com a Portaria 2.914 do Ministério da Saúde que impõe sobre os padrões de potabilidade e vigilância da água foram, o pH, a condutividade, ambos para baixo do recomendado; presença para coliformes totais, *Escherichia coli* e bactérias heterotróficas. Conclui-se que parte da população residente consome água com valores em desacordo com a legislação brasileira, e que podem acontecer melhorias na tecnologia de distribuição e armazenamento da água, e ser implantado o sistema de cloração, a fim de inibir microrganismos patogênicos. Vale ressaltar a importância de metodologias para conscientizar os moradores da educação ambiental.

Palavras-chave: Potabilidade, Zona Rural, Abastecimento de água.

ABSTRACT

Water is a common good that needs to be in sufficient quantity to meet the basic and metabolic needs of the human being, in addition to several other activities, and with quality that guarantees well-being, comfort, health and quality of life. In rural areas this quality can not always be guaranteed due to the use of alternative sources, capture and storage system, which contributes to contamination and dissemination of waterborne diseases. The present work has the objective of evaluating the water quality of underground source, which supplies different communities of the rural area in the municipality of Formiga - MG. The water was collected in 24 different communities, including Albertos, Baiões, Boa Esperança, Cerrado de Baiões, Cerrado das Palmeiras, Cunhas I, Cunhas II, Cunhas III, Fazenda Velha, Fivela, Marmelada, Nova Zelândia, Paneleiros, Ponte Vila, Restinga, Retiro, Rodrigues, Santa Luzia, São Pedro, Teodoro, Timboré and Timóteo. The analyzes were performed in the laboratories of the SAAE, and physical, chemical and biological parameters were observed. The results found that presented disagreement with Portaria 2,914 of the Ministry of Health that imposes on the standards of potability and water surveillance were, the pH, the conductivity, both below recommended; presence of total coliforms, *Escherichia coli* and heterotrophic bacteria. It is concluded that part of the resident population consume water with values that are not in accordance with Brazilian legislation, and that improvements in water distribution and storage technology may occur, and the chlorination system be implanted in order to inhibit pathogenic microorganisms. It is worth mentioning the importance of methodologies to educate residents about environmental education.

Keywords: Potability, Rural Area, Water supply.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Descrição dos pontos de coleta	30
Quadro 2. Valores máximos permitidos pela Portaria 2.914	35
Quadro 3. Análises físico químicas de maio.....	36
Quadro 4. Análises físico químicas de junho.....	37
Quadro 5. Análises físico químicas de julho	38
Quadro 6. Análises microbiológicas de maio.....	43
Quadro 7. Análises microbiológicas de junho	44
Quadro 8. Análises microbiológicas de julho.....	45

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ciclo Hidrológico	19
Figura 2. Limites do município de Formiga MG	28
Figura 3. Localização do SAAE	29
Figura 4. Localização geográfica dos pontos de coleta.....	31
Figura 5. São Pedro	32
Figura 6. Cerrado das Palmeiras.....	32
Figura 7. Timboré	32
Figura 8. Rodrigues.....	32
Figura 9. Padre Doutor	33
Figura 10. Retiro.....	33

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Relação entre os parâmetros de dureza, condutividade e pH em maio ...	40
Gráfico 2. Relação entre os parâmetros de dureza, condutividade e pH em junho...	41
Gráfico 3. Relação entre os parâmetros de dureza, condutividade e pH em julho....	42
Gráfico 4. Relação de Coliformes Totais em maio	46
Gráfico 5. Relação de Coliformes Totais em junho	47
Gráfico 6. Relação de Coliformes Totais em julho	47
Gráfico 7. Relação de <i>Escherichia coli</i> em maio	49
Gráfico 8. Relação de <i>Escherichia coli</i> em junho	49
Gráfico 9. Relação de <i>Escherichia coli</i> em julho	50

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 OBJETIVOS	14
2.1 Objetivo Geral	14
2.2 Objetivos Específicos	14
3 JUSTIFICATIVA	15
4 REFERENCIAL TEÓRICO	16
4.1 Educação Ambiental	16
4.2 Saneamento	17
4.3 Ciclo Hidrológico	19
4.4 Águas Subterrâneas.....	20
4.5 Parâmetros de qualidade da água	21
4.5.1 Parâmetros físico químicos	21
4.5.1.1 Acidez.....	21
4.5.1.2 Alcalinidade	21
4.5.1.3 Cloreto.....	22
4.5.1.4 Condutividade Elétrica.....	22
4.5.1.5 Dureza	22
4.5.1.6 pH.....	23
4.5.1.7 Cor.....	23
4.5.1.8 Temperatura.....	24
4.5.1.9 Turbidez	24
4.5.2 Parâmetros biológicos	24
4.5.2.1 Bactérias Heterotróficas	25
4.5.2.2 Coliformes Totais	25
4.5.2.3 <i>Escherichia coli</i>	25
4.6 Legislação	26
5 MATERIAL E MÉTODOS	28
5.1 Tipo de pesquisa	28
5.2 Caracterização da área de estudo	28
5.3 Descrição dos pontos de coleta	29
5.4 Análises laboratoriais	33
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35

6.1 Resultados das análises dos parâmetros físico químicos	35
6.2 Resultados das análises dos parâmetros biológicos	43
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	51
REFERÊNCIAS	52

1 INTRODUÇÃO

A água potável é essencial no desenvolvimento e manutenção da vida. Nas diversas atividades humanas, como a familiar, agricultura e indústria, é necessário o controle da qualidade que garante a segurança e proteção da saúde do consumidor.

Segundo Telles (2013) o planeta é constituído por 2,5% de água doce, sendo que 2% está inacessível ao homem para exploração, encontrada nas geleiras, calotas polares e em profundidades inatingíveis. Dos 0,5% restantes, mais de 95% são representadas pelas águas subterrâneas, cuja potencialidade não é uniforme, ocorrendo regiões de escassez e de abundância.

A crescente demanda de utilização dos recursos hídricos, faz com que se torne interessante a exploração dos aquíferos subterrâneos em razão de sua alta qualidade, abundância e baixo custo de captação. Este se torna um recurso estratégico para desenvolvimento socioeconômico, devendo, portanto, ser protegido de poluição. Porém deve ser definida a relação do ciclo hidrológico nos aquíferos para que não altere o fluxo base das águas superficiais (CETESB, 2017).

A água tem sido considerada um bem livre de uso comum e inesgotável, principalmente pelas populações com maior disponibilidade, levando à cultura da abundância e do desperdício. As ações antrópicas na tentativa de acompanhar as evoluções excessivas de estilo de vida geram múltiplos resíduos, que combinado ao aumento do crescimento populacional, influencia na degradação da qualidade dos recursos hídricos.

De acordo com o Ministério do Meio Ambiente (2007) no Brasil, os problemas mais comuns das águas subterrâneas têm variadas relações. A superexploração, ou seja, quando a quantidade extraída excede o volume infiltrado, causa a seca de nascentes, afeta o escoamento básico dos rios, e influencia os níveis mínimos dos reservatórios. A impermeabilização do solo através de construções, que diminui a capacidade de infiltração de água no solo. E também a poluição, que se traduz na vulnerabilidade do aquífero à contaminação por meios antrópicos ou naturais.

O monitoramento de águas subterrâneas no Brasil acontece de forma pontual. Os parâmetros de potabilidade avaliados são físicos, químicos e microbiológicos, devendo a água estar livre de contaminação e patógenos.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Realizar o diagnóstico da qualidade da água destinada ao consumo humano nas comunidades rurais do Município de Formiga – MG.

2.2 Objetivos Específicos

- Identificar e estabelecer os locais a se realizar as coletas de água;
- Analisar os parâmetros químicos, físicos e microbiológicos das amostras;
- Analisar qualitativamente os resultados encontrados, com o propósito de conhecer e discutir as alterações entre os diferentes pontos.

3 JUSTIFICATIVA

Parte significativa da população do município de Formiga se encontra na área rural, portanto faz-se necessário o monitoramento constante e eficiente da qualidade da água dos poços que abastecem os mais variados locais como escolas, residências, e restaurantes, a pequenas e grandes distâncias do centro urbano.

A crescente população e o uso nobre desta água necessitam que os índices qualitativos e quantitativos apresentem conformidade com o que exige a legislação vigente, evitando assim o aparecimento de doenças de veiculação hídrica e quaisquer riscos à saúde.

Os resultados representaram o cenário encontrado em todas as comunidades estudadas, para então concluir a necessidade de tomadas de decisão para os valores fora do padrão e melhoria contínua para aquelas em conformidade, dessa forma garantindo a qualidade de vida dos habitantes locais.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 Educação Ambiental

A constituição institui o dever do Poder Público de promover a educação ambiental em todos os níveis de ensino e a conscientização pública para a necessidade de preservação do meio ambiente (BRASIL, Constituição de 1988, art. 225).

A Lei 9.795/1999 dispôs sobre a educação ambiental e institui a Política Nacional de Educação Ambiental. Entre seus princípios básicos está a “concepção do meio ambiente em sua totalidade, considerando a interdependência entre o meio natural, o socioeconômico e o cultural, sob o enfoque da sustentabilidade”. (MACHADO, 2015).

Carvalho (2004) ressalta “a importância de se formar sujeitos capazes de compreender um mundo complexo e em constante transformação e agir nele de forma crítica interpretando as relações, os conflitos e os problemas ali presentes, sendo este o ponto de partida para o exercício da cidadania ambiental”.

Ainda segundo Carvalho (2004) a educação ambiental surgiu por meio de movimentos ecológicos que chamavam a atenção para a má distribuição no acesso aos recursos naturais e a qualidade de vida das presentes e futuras gerações, isto é, da inter-relação entre sociedade e meio ambiente. Em um segundo momento se torna uma proposta educativa tal como:

Os processos por meio dos quais os indivíduos e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e sua sustentabilidade (Lei 9.705 de 27 de abril de 1999).

Segundo Dias (2004) os principais aspectos da Educação Ambiental e suas finalidades são, a realidade sociocultural e econômica de cada região acompanhada dos objetivos de crescimento; as decisões que devem ser descentralizadas, com participação responsável da população; bem como, constitui a forma mais adequada de promover uma educação mais ajustada à realidade, às necessidades, aos problemas e aspirações do indivíduo e das sociedades do mundo atual.

Segundo Machado (2015) a palavra sustentável é boa porque significa que suficiente é conseguir com que a economia cresça sem destruir os recursos e o ambiente dos quais o futuro depende, para manter o crescimento econômico de forma que os impactos sociais e ambientais desse crescimento permaneçam em equilíbrio.

De acordo com Milaré (2007) a sustentabilidade do planeta é de inteira responsabilidade do homem, que tem o dever de compatibilizar suas ações para o desenvolvimento econômico-social, com a utilização e conservação dos recursos naturais de maneira racional, visando cooperar com toda a humanidade presente e futura.

Os padrões de comportamento de preservação e melhoria do meio ambiente só serão alcançados se a maioria dos membros de uma dada sociedade absorver, de forma livre e consciente, os valores positivos do meio ambiente, capazes de estabelecer a autodisciplina (DIAS, 2004).

A educação ambiental está relacionada à própria educação com o objetivo de melhorar a qualidade de vida e ambiental da coletividade, garantindo a sustentabilidade. Portanto, é necessário que sua ação transformadora esteja apoiada na ética, na justiça social e na equidade (JÚNIOR; ROMÉRO; BRUNA, 2004).

4.2 Saneamento

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), saúde é um estado de completo bem-estar físico, mental e social e não somente ausência de afeções e enfermidades.

O saneamento básico no Brasil acontece de maneira desigual com um grande déficit ao acesso, principalmente em relação à coleta e tratamento de esgoto. Isso impacta na qualidade de vida, na saúde, na educação, no trabalho e no ambiente. Alcançar uma maior cobertura deste benefício é um grande desafio (LEONETI; PRADO; OLIVEIRA, 2011).

O conceito de saneamento pode ser entendido como o controle dos fatores do meio físico do homem, meio este que pode exercer um efeito deletério sobre o seu bem-estar físico, mental e social, ou seja, sobre sua saúde (JÚNIOR, ROMÉRO E BRUNA, 2004).

As atividades previstas pelo saneamento compreendem, o abastecimento de água; o esgotamento sanitário; a coleta e destinação final dos resíduos sólidos; o controle de vetores de doenças transmissíveis; além do controle da poluição ambiental e da educação em saúde pública e ambiental (Júnior; Roméro; Bruna, 2004).

Em seu artigo 30, a Constituição Federal menciona a competência dada aos municípios de oferecer e realizar os serviços de saneamento, sem excluir os níveis estadual e federal de agir por meio de legislação, diretrizes ou assistência técnica (BRASIL, Constituição de 1988, art. 30).

O controle ambiental significa o saneamento do meio, não sendo permitidas condições para o desenvolvimento de vetores. Os benefícios são a longo prazo, como à saúde, ao conforto da população e à atividade econômica, assim também é possível evitar o controle químico (CASTRO et al., 2003).

Conforme Guimarães; Carvalho e Silva (2007) o saneamento básico se restringe ao abastecimento de água com qualidade compatível a proteção da saúde dos usuários e em quantidade suficiente para atender as necessidades básicas; a coleta, tratamento e disposição adequada de águas residuárias; acondicionamento, coleta e destinação dos resíduos sólidos; e coleta de águas pluviais e controle de empoçamentos e inundações.

No contexto brasileiro, as cidades cresceram vertiginosamente sem o devido acompanhamento de infraestrutura básica, gerando ambientes insalubres e exclusão social. Exclusão das classes populares em termo de acesso a serviços urbanos (MOISÉS et al, 2007).

A Política Federal de Saneamento Básico, prevê a articulação com as políticas de desenvolvimento urbano e regional, de habitação, de combate à pobreza e de sua erradicação, de proteção ambiental, de promoção da saúde e outras de relevante interesse social voltadas para a melhoria da qualidade de vida, para as quais o saneamento básico seja fator determinante (Lei Federal 11.445, de 05 de janeiro de 2007).

O saneamento básico é um fator fundamental, mas não único, para a melhoria das condições de vida da população, devendo ser incorporado a um modelo de desenvolvimento que contemple também as questões sociais (RIBEIRO; ROOKE, 2010).

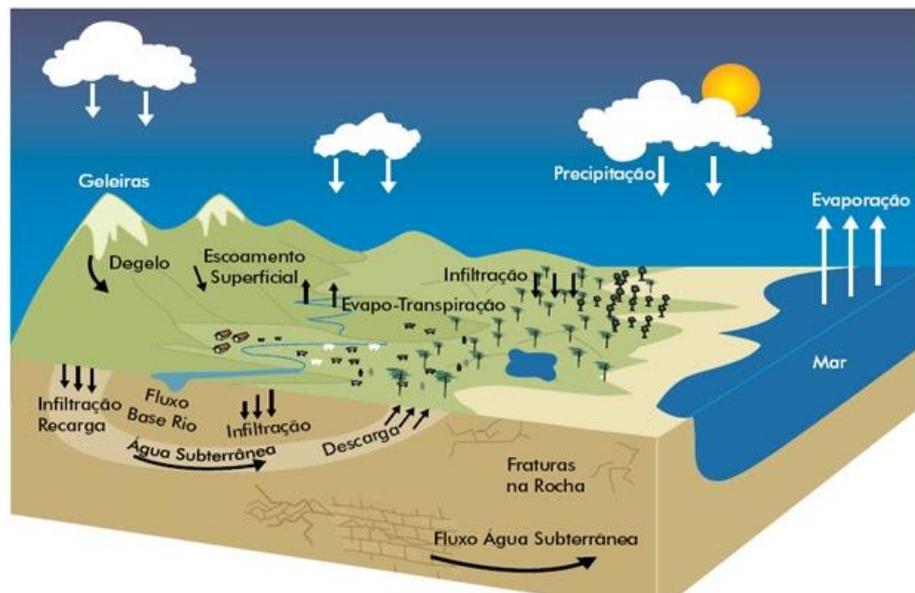
4.3 Ciclo Hidrológico

O ciclo hidrológico é um fenômeno global de circulação fechada da água entre a superfície e a atmosfera, provocado pela energia solar, aliado a ação da gravidade e a rotação da terra. O conceito de ciclo hidrológico está ligado ao movimento da água nos seus vários estados físicos, que ocorre na Hidrosfera, entre os oceanos, as calotas polares, as águas superficiais e subterrâneas e a atmosfera (CARVALHO; MELLO; SILVA, 2007).

Entre os mecanismos de transferência da água, a precipitação que compreende toda a água e cai da atmosfera na superfície da Terra; o escoamento superficial é responsável pelo deslocamento da água sobre o solo; a infiltração corresponde a água que infiltra o solo, formando os lençóis d'água; e a evapotranspiração que é a passagem da água para o meio atmosférico (VON SPERLING, 1996).

As águas superficiais, subterrânea, e atmosférica apenas mudam suas condições. A água que precipita, na forma de neve, chuva ou granizo, já esteve no subsolo, em icebergs e passou pelos rios e oceanos. Por estar sempre se movimentando é que ocorrem as chuvas, a neve, os rios, lagos, oceanos, nuvens e as águas subterrâneas, como demonstra a FIG. 1 (BRASIL, Ministério do Meio Ambiente, 2017).

Figura 1 – Ciclo Hidrológico



Fonte: Ministério do Meio Ambiente, 2017.

4.4 Águas Subterrâneas

Milaré (2007) explica que o consumo atual exige uma demanda de 10% de toda a água presente na terra, porém, as reservas não se encontram totalmente disponíveis, podendo estar retidas em forma sólida (calotas polares e geleiras), vapor (atmosfera), ou ainda em volume escasso nos rios e lagos. Por sua vez, as reservas subterrâneas que possuem 0,6% da água doce existente, surgem como opção na infinda necessidade.

Água subterrânea é aquela que ocupa os espaços vazios das formações geológicas, os denominados aquíferos, enquanto, água de solo é aquela reservada nos lençóis freáticos (TELLES, 2013).

No Brasil, o uso da água subterrânea é complementar à superficial. Mesmo assim, a água subterrânea é utilizada para diversos fins, destacando-se a irrigação, o abastecimento humano, a indústria e o lazer (TELLES, 2013).

As principais formas em que a água ocorre no subsolo afeta sua qualidade e pode apresentar-se de três formas: nas fraturas e falhas das rochas, corresponde às rochas ígneas e metamórficas; nos terrenos fraturados-cársticos, ao longo das fraturas acontece a dissolução devido aos minerais solúveis nas rochas calcárias; e por fim nas rochas sedimentares, a água é armazenada no espaço entre os grãos da rocha (ANA, 2007).

As águas subterrâneas têm a função de abastecer o fluxo de base dos rios, portanto o volume retido no subsolo é tanto maior que o superficial, e com isso sua renovação se torna mais prolongada. Observar os pontos de recarga é interessante, para a sua proteção e prevenção à poluição (TELLES, 2013).

As ações antrópicas, principalmente as ocorridas nas últimas décadas comprometeram a excelente qualidade das águas subterrâneas. Algumas das questões são: a perfuração indiscriminada de poços sem o adequado projeto construtivo e o não seguimento as normas e legislação, causando uma superexploração dos aquíferos e um significativo rebaixamento do nível freático; a carência no saneamento básico traz riscos quando se associa a perfuração de poços e a utilização de fossa negras; o uso excessivo de insumos agrícolas com grande potencial de contaminação; disposição inadequada de resíduos sólidos; e outros como vazamento de tanques de armazenamento em postos de combustível (ANA, 2007).

É imprescindível o gerenciamento da água subterrânea por meio do monitoramento dos poços, através de avaliações espaciais e periódicas da qualidade da água (Agência Nacional das Águas, 2007).

4.5 Parâmetros de qualidade da água

A qualidade da água indica seu potencial para diferentes usos, não somente a potabilidade, isto abrange as características físicas, químicas e biológicas, podendo sofrer variações devido a poluentes de diversas origens (SILVA, 2015).

4.5.1 Parâmetros físico químicos

4.5.1.1 Acidez

A acidez é a característica química de neutralizar bases e também evitar alterações bruscas no pH, graças, especialmente, a concentração de gases dissolvidos como CO₂ e H₂S ou de ácidos húmicos, fúlvicos e himatomelâmicos (LIBÂNIO, 2010).

Pode ter origem natural quando o gás carbônico é absorvido da atmosfera e da decomposição da matéria orgânica; ou antrópica pelo lançamento de despejos industriais e lixiviação do solo em minas abandonadas de mineração. Com pouco valor sanitário, águas com acidez mineral pronunciada são recusadas pela população. Além disso, é responsável pela corrosão das adutoras e das redes de distribuição (VON SPERLING, 1996).

4.5.1.2 Alcalinidade

A alcalinidade das águas naturais traduz a capacidade de neutralizar ácidos ou a capacidade de minimizar variações significativas de pH, constituindo-se especialmente de bicarbonatos (HCO₃⁻), carbonatos (CO₃²⁻), e hidróxidos (OH⁻) (LIBÂNIO, 2010).

Freqüentemente encontrada sob as águas na forma de carbonato ou bicarbonato, a alcalinidade tem valor sanitário associado a alcalinidade cáustica,

causada por íons hidróxidos, sendo pouco encontrada em águas naturais (MACÊDO, 2007).

A alcalinidade e a acidez, indicam a massa dos radicais químicos na solução, sendo essas substâncias relacionadas com as propriedades industrial, comercial e potável da água. Não demonstram atividades químicas dos eletrólitos (MACÊDO, 2007).

4.5.1.3 Cloreto

Os cloretos são advindos da dissolução de sais e intrusão de águas salinas, quando de origem natural; bem como por despejos domésticos e industriais, e águas utilizadas em irrigação, quando de origem antropogênica. Em determinadas situações a água é caracterizada por evidenciar um sabor salgado (VON SPERLING, 1996).

A concentração de cloretos é maior em águas residuárias domésticas, do que nas águas brutas, pois é uma substância comum da dieta humana e passa imutável através do sistema digestivo (SILVA, 2001).

Níveis mais altos caracterizam a presença de esgotos sanitários, aumentando o poder de corrosão da água (MACÊDO, 2007).

4.5.1.4 Condutividade Elétrica

A condutividade elétrica ou condutância específica indica a capacidade da água natural de conduzir corrente elétrica devido à presença de substâncias dissolvidas que dissociam em ânions e cátions, sendo proporcional a concentração iônica (LIBÂNIO, 2010).

Deve ser acompanhado a variância da condutividade elétrica da água, pois, pode indicar a contaminação do meio aquático por efluentes industriais, tanto quanto o assoreamento acelerado de rios por destruição da mata ciliar.

4.5.1.5 Dureza

A **dureza** indica a concentração de cátions multivalentes em solução na água, sobretudo de cálcio (Ca^{+2}) e magnésio (Mg^{+2}), e em menor magnitude

alumínio (Al^{+3}), ferro (Fe^{+2}), manganês (Mn^{+2}) e estrôncio (Sr^{+2}), e se manifesta pela resistência à reação de saponificação (LIBÂNIO, 2010).

Conforme mencionado, frequentemente a dureza tem origem natural pela dissolução de rochas calcárias, ricas em cálcio e magnésio e, em menor relevância, decorrente do lançamento de efluentes industriais (LIBÂNIO, 2010).

4.5.1.6 pH

O potencial hidrogeniônico representa a concentração de íons hidrogênio H^+ , dando uma indicação sobre a condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água, a faixa varia de 0 a 14 (VON SPERLING, 1996).

O pH influi no grau de solubilidade de diversas substâncias, e como consequência na intensidade da cor, na distribuição das formas livre e ionizada de diversos compostos químicos, definindo também o potencial de toxicidade de vários elementos (LIBÂNIO, 2010).

A relevância do pH manifesta-se em diversas vertentes na potabilização das águas de consumo humano, e segundo Libânio (2010) são elas:

- Na desinfecção com compostos de cloro, pois a formação do ácido hipocloroso (HOCl), significativamente mais eficiente na inativação dos microrganismos, é governada pelo pH;
- Na coagulação com sais de ferro e alumínio que se vincula a uma faixa de variação do pH na qual o processo consubstancia-se, usualmente mais ampla para os primeiros e mais restrita para os segundos;
- No controle da corrosão nas adutoras e redes de distribuição;
- Na formação de subprodutos de trihalometanos, mais pronunciada a valores mais elevados de pH;
- No abrandamento de águas de dureza mais significativa (LIBÂNIO, 2010).

4.5.1.7 Cor

A cor é composta por sólidos dissolvidos na água. De origem antropogênica, os sólidos são compostos por resíduos industriais e esgotos domésticos, podendo ou não apresentar toxicidade; ou ainda originados naturalmente, quando da decomposição da matéria orgânica, principalmente vegetais, os ácidos húmicos e

fúlvicos, e também pela existência de ferro e manganês, não traz risco a saúde (VON SPERLING, 1996).

A reflexão da luz sob as partículas minúsculas, denominadas coloides, presentes na água forma a coloração. Com dimensão inferior a 10 µm, relaciona-se com a concentração de carbono orgânico presente no ambiente aquático. Quando se manifesta em águas subterrâneas, geralmente é devido a existência de ferro e manganês (LIBÂNIO, 2010).

4.5.1.8 Temperatura

A temperatura da água e dos fluidos em geral, indica a magnitude da energia cinética do movimento aleatório das moléculas e sintetiza o fenômeno de transferência de calor à massa líquida (LIBÂNIO, 2010).

A temperatura é diretamente proporcional a, velocidade das reações químicas; a solubilidade das substâncias; as taxas de corrosão nas tubulações dos sistemas de abastecimento, e outros como ao metabolismo dos organismos presentes no ambiente aquático (DEZUANE, 1997 apud LIBÂNIO, 2010).

O ecossistema aquático é adaptado apenas a pequenas variações de temperatura da água, porque o alto calor específico da água (1 Cal/ g x °C, a 14,5°C), o transforma em excelente regulador térmico (MACÊDO, 2007).

4.5.1.9 Turbidez

Macêdo (2007) define turbidez como a alteração da penetração da luz pelas partículas em suspensão, que provocam a sua difusão e absorção. Partículas constituídas por plâncton, bactérias, argilas, silte em suspensão, fontes de poluição que lançam material fino e outros.

E afirma que o aumento da turbidez reduz a zona eufótica, que é a zona de luz onde a fotossíntese ainda é possível ocorrer (MACÊDO, 2007).

4.5.2 Parâmetros biológicos

O objetivo da avaliação biológica da água é prover informações a respeito da potabilidade, isto é, ausência do risco de ingestão de microrganismos causadores de

doenças, normalmente originários da contaminação pelas fezes humanas e outros animais de sangue quente. Os microrganismos naturais da água não oferecem riscos à saúde humana, porém, aqueles provenientes do esgoto sanitário poderão ser nocivos. Estes incluem, vírus, bactérias, protozoários e helmintos (Fundação Nacional de Saúde, 2014).

4.5.2.1 Bactérias Heterotróficas

A contagem de microrganismos heterotróficos é um mecanismo que objetiva calcular o número de bactérias heterotróficas na água, a fim de avaliar a eficácia dos procedimentos de tratamento.

Determinação da densidade de bactérias que são capazes de produzir unidades formadoras de colônias (UFC), na presença de compostos orgânicos contidos em meio de cultura apropriada, sob condições pré-estabelecidas de incubação: $35,0 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ por 48 horas (Portaria nº 518, 2004).

4.5.2.2 Coliformes Totais

Coliformes totais (bactérias do grupo coliforme) – bacilos gram-negativos, aeróbios ou anaeróbios facultativos, não formadores de esporos, oxidase-negativos, capazes de desenvolver na presença de sais biliares ou agentes tensoativos que fermentam a lactose com produção de ácido, gás e aldeído a $35,0 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ em 24-48 horas, e que podem apresentar atividade da enzima β -galactosidase. A maioria das bactérias do grupo coliforme pertence aos gêneros *Escherichia*, *Citrobacter*, *Klebsiella* e *Enterobacter*, embora vários outros gêneros e espécies pertençam ao grupo (Portaria nº 518, 2004).

Coliformes são um grupo de bactérias que habitam o trato intestinal dos animais de sangue quente, estas, que indicam a contaminação da água por fezes, além de existir na vegetação e no solo de maneira natural (LIBÂNIO, 2010).

No entanto, os coliformes totais apresentam limitações como referência de poluição nas águas porque sua presença não necessariamente determina contaminação fecal (BERNARDO, 2008).

4.5.2.3 *Escherichia coli*

Escherichia coli – bactéria do grupo coliforme que fermenta a lactose e manitol, com produção de ácido e gás a $44,5 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$ em 24 horas, produz indol a partir do triptofano, oxidase negativa, não hidroliza a uréia e

apresenta atividade das enzimas β -galactosidase e β -glucoronidase, sendo considerada o mais específico indicador de contaminação fecal recente e de eventual presença de organismos patogênicos (Portaria nº 518, 2004).

A bactéria está presente nas fezes humanas e animais, também no esgoto e nas águas naturais que sofreram atual contaminação. Habita normalmente o intestino e a maioria não é patogênica. Sempre indica contaminação perigosa quando encontrada em água para consumo, indicando poluição (BERNARDO, 2008).

É óbvia a origem fecal da *Escherichia coli*, pois não é onipresente e tem função de caracterizar a contaminação de águas naturais e tratadas (FUNASA, 2013).

É importante no tratamento da água que se conheça a densidade de bactérias, visto que um aumento significativo da população bacteriana pode comprometer a detecção de organismos coliformes, pois, mesmo não sendo consideradas patogênicas, estas trazem problemas à saúde e qualidade da água (FUNASA, 2013).

4.6 Legislação

O Plano Nacional de Recursos Hídricos tem como objetivo a melhoria da disponibilidade da água em qualidade e quantidade, por meio de políticas públicas e diretrizes que tenham como princípios a inclusão social e o desenvolvimento sustentável; intermediar possíveis conflitos de uso da água e acontecimentos hidrológicos críticos; e também promover a preservação da água (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2017).

O Programa Nacional de Águas Subterrâneas é um subprograma estabelecido pelo Plano Nacional de Recursos Hídricos. Em seu contexto destaca que mesmo sendo de propriedade do estado, as águas subterrâneas por extrapolarem as fronteiras entre estados e países, necessita de uma gestão integrada, a fim de proporcionar acordos entre os envolvidos (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2017).

A Portaria 2.914 de 12 de dezembro de 2011 dispõe sobre a vigilância e procedimentos de controle da qualidade da água para o consumo humano e seu padrão de potabilidade.

Ressaltam entre as exigências, específicas dos responsáveis pelo sistema ou solução alternativa coletiva de abastecimento de água destinada ao consumo humano fornece relatórios de análises dos parâmetros com informações sobre o controle da qualidade da água.

A Resolução CONAMA 396 em seu artigo 1º, dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento, prevenção e controle da poluição das águas subterrâneas.

No artigo 3º, as águas subterrâneas compreendem, a classe especial que inclui águas destinadas à preservação de ecossistemas e unidades de conservação; classes 1 sem alteração da qualidade por ações antrópicas e para usos que não exigem tratamento; classe 2 também sem alteração da qualidade por ações antrópicas e podem necessitar de tratamento conforme a utilização; classe 3 com alteração da qualidade devido a ações antrópicas e tratamento adequado para o uso; classe 4 com alteração antrópicas que afeta a qualidade, uso para atividades menos restritivas; e por último a classe 5 com alteração da qualidade por atividades antrópicas e somente deverão ser usadas para finalidades sem requisitos de qualidade.

Ainda institui os valores máximos permitidos de determinados parâmetros, referente a cada utilização da água subterrânea, com ou sem tratamento e independente da sua classe de enquadramento. E por fim, propicia a criação de Áreas de Preservação dos Aquíferos e Perímetros de Proteção de Poços de Abastecimento, através dos órgãos ambientais e gestores de saúde e recursos hídricos de forma a proteger a qualidade das águas subterrâneas (RESOLUÇÃO CONAMA 396, 2008).

É importante ressaltar que, quando necessário, os estados e municípios devem elaborar normas estaduais e municipais complementares à legislação nacional, contemplando suas especificidades locais e explicitando determinados aspectos relacionados à normatização de Potabilidade de Água (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2012).

5 MATERIAL E METÓDOS

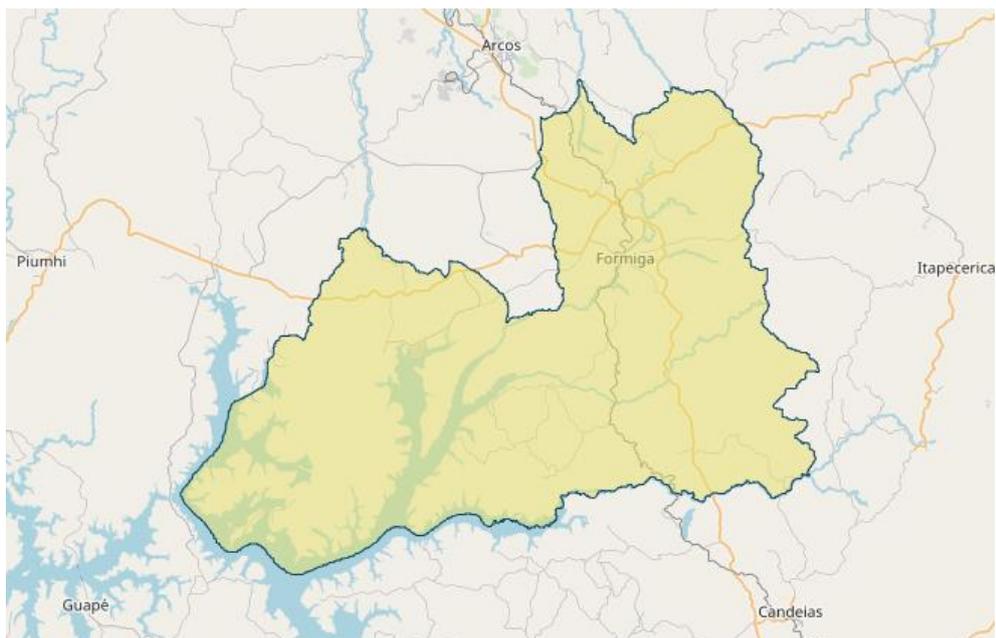
5.1 Tipo de pesquisa

O principal objetivo deste estudo foi analisar a natureza qualitativa e quantitativa da água, pois esta é utilizada para o consumo humano e o de animais de pequeno, médio e grande porte (galinha, porcos, cavalo e vacas), para irrigação das hortaliças e frutas.

5.2 Caracterização da área de estudo

As coletas para realização do estudo em questão ocorreram na cidade de Formiga (FIG. 2), localizada no Centro Oeste de Minas Gerais, a cerca de 200 km da capital Belo Horizonte. De acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, o município compreende uma área de 1.501,915 km², e a população estimada em 2016 é de 68.423 habitantes. Situado a 832 metros de altitude, Formiga encontra-se a uma latitude 20° 27' 42" Sul e longitude 45° 25' 58" Oeste de Greenwich (IBGE, 2016).

Figura 2 – Limites do município de Formiga MG



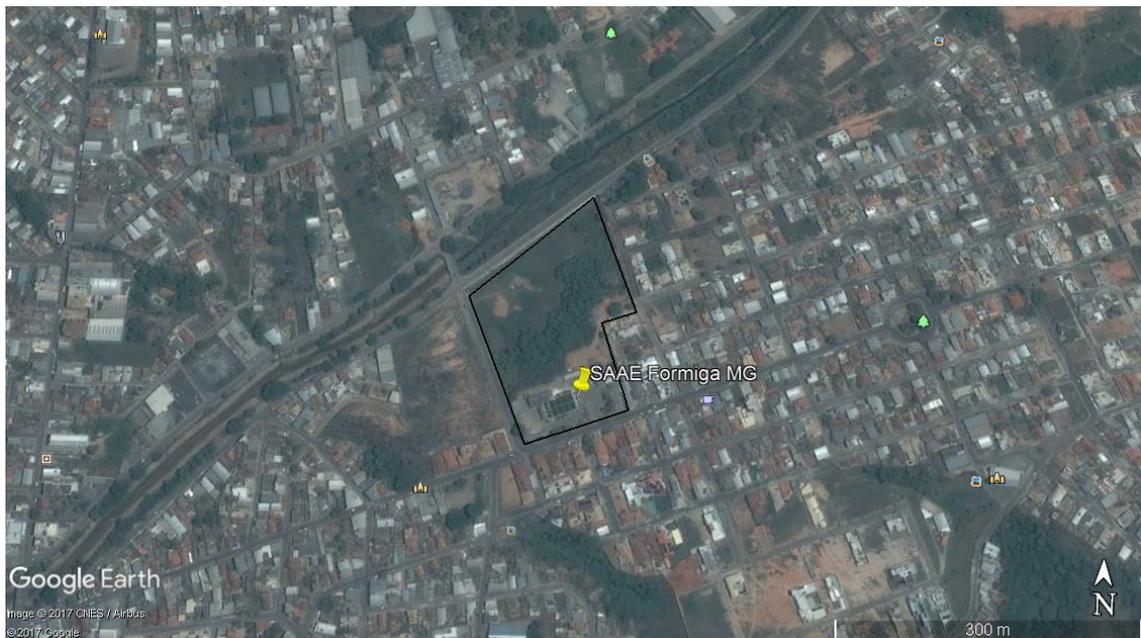
Fonte: IBGE, 2016.

O Serviço Autônomo de Água e Esgoto – SAAE como entidade autárquica é o responsável pelo tratamento e distribuição de água no município, foi criado pela Lei Municipal nº 837 de 27 de dezembro de 1971 e sancionada pelo Prefeito Municipal Sr. Arnaldo Barbosa, dispõe sobre a operação, fiscalização, conservação, cobrança de taxas e dá outras providências.

O SAAE viabilizou o estudo contribuindo na escolha dos pontos de amostragem, no transporte até as comunidades juntamente com profissional conhecedor das áreas e na realização das análises.

O SAAE presta serviços 24 horas por dia, sendo o horário comercial de segunda a sexta feira de 07:00 às 16:00, com plantão de serviços externos aos sábados, domingos e feriados, possui 150 funcionários e está localizado a Rua Antônio José Barbosa nº 723, Bairro Santa Luzia no município de Formiga MG, (FIG. 3) (SAAE, 2017).

Figura 3 – Localização do SAAE



Fonte: Google Earth, 2017.

5.3 Descrição dos pontos coleta

Os pontos foram escolhidos com o auxílio do Químico responsável pelo SAAE, resultando em três rotas para a prática das coletas (FIG. 4). Foram determinadas vinte e quatro localidades distintas, estabelecidas na zona rural do

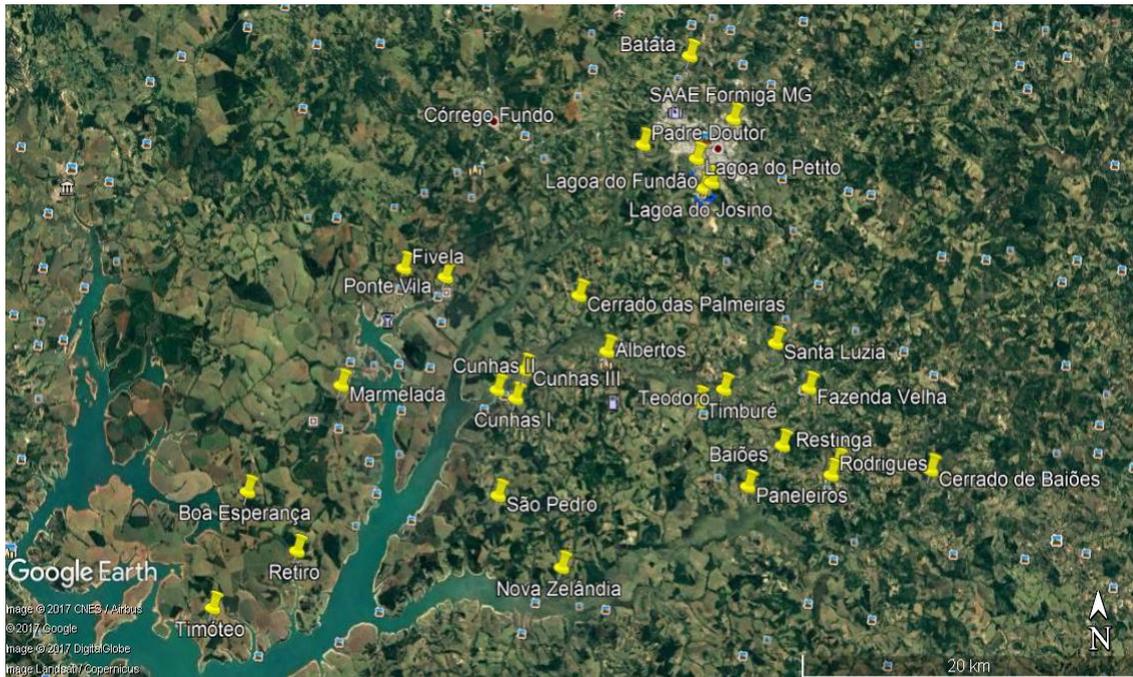
município conforme (QUADRO 1). Os testes se repetiram por três vezes, assim a primeira coleta foi realizada nos dias 09, 10 e 11 de maio, a segunda nos dias 19, 20 e 21 de junho e a terceira nos dias 11, 12 e 13 de julho.

Quadro 1 - Descrição dos pontos de coleta

Ponto de Coleta	Local de Coleta	Coordenadas	
		Latitude	Longitude
1	Albertos	20° 34' 26" S	45° 29' 36" O
2	Baiões	20° 37' 20" S	45° 19' 25" O
3	Batata	20° 25' 31" S	45° 26' 40" O
4	Boa Esperança	20° 38' 34" S	45° 42' 03" O
5	Cerrado das Palmeiras	20° 32' 44" S	45° 30' 33" O
6	Cerrado de Baiões	20° 38' 07" S	45° 18' 19" O
7	Cunhas I	20° 35' 50" S	45° 32' 46" O
8	Cunhas II	20° 35' 34" S	45° 33' 24" O
9	Cunhas III	20° 34' 58" S	45° 32' 27" O
10	Fazenda Velha	20° 35' 36" S	45° 22' 39" O
11	Fivela	20° 31' 51" S	45° 36' 35" O
12	Marmelada	20° 35' 23" S	45° 38' 47" O
13	Nova Zelândia	20° 40' 58" S	45° 31' 14" O
14	Padre Doutor	20° 28' 11" S	45° 28' 18" O
15	Paneleiros	20° 38' 34" S	45° 24' 47" O
16	Ponte Vila	20° 32' 08" S	45° 35' 09" O
17	Restinga	20° 37' 54" S	45° 21' 43" O
18	Retiro	20° 40' 23" S	45° 40' 22" O
19	Rodrigues	20° 38' 14" S	45° 21' 55" O
20	Santa Luzia	20° 34' 14" S	45° 23' 47" O
21	São Pedro	20° 38' 46" S	45° 33' 24" O
22	Teodoro	20° 35' 37" S	45° 25' 35" O
23	Timboré	20° 36' 00" S	45° 26' 28" O
24	Timóteo	20° 42' 05" S	45° 43' 18" O

Fonte: Acervo Pessoal, 2017.

Figura 4 – Localização geográfica dos pontos de coleta



Fonte: Google Earth, 2017.

A metodologia de coleta e preservação das amostras de água cumpriram os processos descrito pelo Manual Prático de Análise de Água da Fundação Nacional de Saúde (FUNASA, 2013).

As amostragens para os testes microbiológicos foram feitas em recipientes plásticos próprios e devidamente esterilizados com 100 ml de capacidade abertos no momento da coleta, em seguida nomeadas e armazenadas em caixa térmica com medidor de temperatura. Enquanto as amostras para os testes físico químicos foram coletadas em frascos de plástico com aproximadamente 500 ml, sendo estes lavados com água da fonte no ato da coleta.

As fontes de consumo locais onde ocorreram as coletas, também passaram por limpeza prévia, com algodão e álcool 70% para a desinfecção.

A primeira rota foi formada pelas seguintes comunidades, Albertos, Cerrado das Palmeiras (FIG. 6), Cunhas I, Cunhas II, Cunhas III, Nova Zelândia e São Pedro (FIG. 5).

Figura 5 – São Pedro



Figura 6 – Cerrado das Palmeiras



Fonte: Acervo pessoal, 2017.

A segunda rota formada por Baiões, Cerrado de Baiões, Fazenda Velha, Paneleiros, Restinga, Rodrigues (FIG. 8), Santa Luzia, Teodoro, Timboré (FIG. 7).

Figura 7 – Timboré



Figura 8 – Rodrigues



Fonte: Acervo pessoal, 2017.

A terceira rota formada pelas demais comunidades, Batata, Boa Esperança, Fivela, Marmelada, Padre Doutor (FIG. 9), Pontevila, Retiro (FIG. 10) e Timóteo.

Figura 9 – Padre Doutor



Figura 10 – Retiro



Fonte: Acervo pessoal, 2017.

5.4 Análises laboratoriais

As análises foram realizadas nos laboratórios do SAAE de Formiga-MG, sendo os parâmetros biológicos a *Escherichia coli*, coliformes totais e bactérias heterotróficas; e os físico-químicos o pH, cor, turbidez e condutividade e dureza.

Na análise do pH foi utilizado o aparelho denominado Phmetro. A cor foi analisada através do colorímetro modelo Digimed. A turbidez encontra por meio do turbidímetro modelo Poli Control AP2000. A análise da condutividade elétrica realizou-se no potenciômetro digital modelo Orion Versastar.

Para a dureza utilizou-se o método de titulação, com o recipiente erlenmeyer, os reagentes EDTA, hidróxido de amônio e Indicador Negro de Eriocromo T. O resultado é dado em mg/L.

Nas análises microbiológicas foi realizado a verificação presença/ausência para coliformes totais e *Escherichia coli* aplicando um substrato cromogênico na amostra de água coleta, estas que foram conservadas em estufa bacteriológica por 24 horas. Em sequência analisa-se a mudança de cor, as que apresentam coloração amarelo claro são positivos para a presença de coliformes totais. Com o auxílio de uma lâmpada ultravioleta identifica-se a *Escherichia coli* pela fluorescência azul, cujas amostras apresentam coloração amarelo escuro.

Para a definição quantitativa das bactérias heterotróficas foi utilizado o meio de cultura Plate Count Agar. Feita a inoculação por 48 horas são contadas as Unidades Formadoras de Colônias UFC.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Resultados das análises dos parâmetros físico-químicos

Os resultados obtidos para os parâmetros analisados foram comparados à Portaria nº 2.914 do Ministério da Saúde, de 12 de dezembro de 2011. Os padrões de potabilidade estabelecidos incluem, turbidez, condutividade elétrica, pH, cor, dureza, bactérias heterotróficas, coliformes totais e *Escherichia coli*.

Quadro 2 – Valores máximos permitidos pela Portaria 2.914

Parâmetro	Unidade	Valor Máximo Permitido
Condutividade Elétrica	$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$	30 a 1500
Cor	uH	15
Dureza	mg/l	500
pH	-	6,0 a 9,5
Turbidez	uT	5,0

Fonte: Portaria 2.914/11, Ministério da Saúde.

Nos quadros (3, 4 e 5) estão representados os resultados encontrados para as análises físico-químicas das amostras de água coletadas nas vinte e quatro comunidades rurais escolhidas.

Quadro 3 – Análises físico-químicas realizadas em maio

Local de Coleta	Cor uH Pt/Co	Temperatura ° C	Turbidez uT	Condutividade $\mu\text{S.cm}^{-1}$	Dureza	pH
Albertos	2,0	21,8	0,86	93,6	22	5,90
Baiões	1,4	22,3	0,22	89,2	44	6,08
Batata	0,5	23,3	0,20	143,4	66	6,66
Boa Esperança	1,4	23,3	2,46	6,74	12	5,07
Cerrado de Baiões	1,1	21,1	0,23	139,3	78	6,45
Cerrado das Palmeiras	0,6	23,1	1,09	183,7	72	6,87
Cunhas I	1,5	21,3	0,15	83,4	34	6,01
Cunhas II	1,8	21,2	1,62	123,5	78	6,09
Cunhas III	4,1	21,1	1,88	182,9	54	6,78
Fazenda Velha	1,6	22,3	0,12	105,6	48	5,77
Fivela	0,3	21,3	0,11	359	192	7,42
Marmelada	1,7	22,3	0,94	244,9	126	7,52
Nova Zelândia	3,4	22,3	1,96	198,8	82	7,14
Padre Doutor	0,7	21,3	0,26	82,8	52	6,17
Paneleiros	0,5	22,9	0,64	87,6	58	5,35
Ponte Vila	0,4	23,9	0,25	282,7	158	7,19
Restinga	0	21,6	0,08	79,2	36	6,13
Retiro	1,4	22,1	1,33	91,8	72	6,65
Rodrigues	0,4	23,5	0,27	82,5	32	5,69
Santa Luzia	0	19,8	0,16	63,7	56	5,73
São Pedro	2,3	21,7	1,02	57,3	28	6,11
Teodoro	0,7	22,4	0,19	163,9	74	7,00
Timboré	0,6	23,2	0,25	102,8	56	6,34
Timóteo	0,5	23,1	1,05	141,4	86	6,92

Fonte: Arquivo pessoal, 2017.

Quadro 4 – Análises físico químicas realizadas em junho

Local de Coleta	Cor uH Pt/Co	Temperatura ° C	Turbidez uT	Condutividade $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$	Dureza	pH
Albertos	1,2	19,3	0,41	92,6	28	6,42
Baiões	0,7	21,1	0,06	89,7	34	6,40
Batata	1,2	21,4	0,18	155,7	68	7,03
Boa Esperança	1,1	21,5	0,23	7,25	22	5,50
Cerrado de Baiões	0,4	19,1	0,05	144,4	66	6,67
Cerrado das Palmeiras	0,8	21,5	0,33	173,9	72	6,84
Cunhas I	1,1	18,2	0,12	82,9	34	6,42
Cunhas II	2,0	20,8	0,71	195,4	78	7,27
Cunhas III	2,6	17,7	1,39	124,1	54	6,59
Fazenda Velha	0	20,6	0,04	104,8	62	6,00
Fivela	1,4	20,1	0,08	358	198	7,52
Marmelada	1,3	21,5	0,35	244	140	7,46
Nova Zelândia	3,1	19,5	0,93	199	94	7,18
Padre Doutor	0,6	19,1	0,08	82	48	7,03
Paneleiros	0,1	20,8	0,05	87,8	44	6,52
Ponte Vila	0,7	24,3	0,08	282,4	150	7,20
Restinga	1,0	19,5	0,05	77,6	32	6,34
Retiro	1,6	20,4	0,58	87,6	72	7,08
Rodrigues	1,0	20,9	1,01	82,8	32	6,27
Santa Luzia	0,2	19,9	0,06	57,7	44	6,05
São Pedro	1,8	20,2	0,74	55,1	28	6,66
Teodoro	5,2	20,6	3,03	163,3	66	7,02
Timboré	0,7	21,3	0,09	103,1	56	6,56
Timóteo	1,9	21,0	0,76	142,2	82	7,12

Fonte: Arquivo pessoal, 2017.

Quadro 5 – Análises físico-químicas realizadas em julho

Local de Coleta	Cor uH Pt/Co	Temperatura ° C	Turbidez uT	Condutividade $\mu\text{S.cm}^{-1}$	Dureza	pH
Albertos	0,5	18,7	0,45	92,5	26	6,00
Baiões	0,7	20,0	0,15	89,6	38	6,05
Batata	0,2	19,5	0,18	146,8	68	6,66
Boa Esperança	1,0	19,2	0,86	7,45	9	5,08
Cerrado de Baiões	0,4	19,8	0,21	140,5	59	6,58
Cerrado das Palmeiras	1,6	21,2	0,70	172,8	72	6,86
Cunhas I	0,8	21,1	0,19	82,8	33	6,40
Cunhas II	0,8	20,9	0,75	186,0	81	7,35
Cunhas III	0,9	20,9	0,92	143,5	52	6,65
Fazenda Velha	0,1	19,6	0,10	101,1	56	6,25
Fivela	3,2	20,0	0,34	350	205	7,76
Marmelada	1,6	19,3	1,70	246	143	7,46
Nova Zelândia	2,2	20,3	1,01	198	94	7,28
Padre Doutor	0,6	18,7	0,12	82,5	47	6,09
Panelheiros	0,2	19,3	0,25	88,7	44	6,60
Ponte Vila	0,5	21,3	0,25	284,7	162	7,72
Restinga	0,3	18,1	0,17	76,7	31	6,32
Retiro	0,9	19,8	1,73	95,6	110	7,13
Rodrigues	0,6	20,2	0,30	81,0	29	6,25
Santa Luzia	1,7	19,5	0,84	55,0	19	6,12
São Pedro	0,5	19,0	0,56	55,6	29	6,65
Teodoro	0,5	18,4	0,50	172,5	68	7,05
Timboré	0,1	18,5	0,15	102,8	56	6,66
Timóteo	1,0	18,8	0,66	137,9	82	7,21

Fonte: Arquivo pessoal, 2017.

De acordo com as análises, no parâmetro turbidez as amostras apresentaram valores de 0,04 a 3,03. O valor máximo permitido pela Portaria é de 5,0 uT, portanto está em conformidade.

A cor demonstrou valores que variaram de 0 a 5,2 uH, o estabelecido é inferior a 15 uH, estando dentro do padrão exigido pelo Ministério da Saúde.

Cor e turbidez são importantes parâmetros de qualidade estando inter-relacionados. A cor está associada a redução de intensidade que a luz sofre ao atravessá-la, devido à presença de sólidos suspensos que promovem a coloração da água. Enquanto, turbidez é o grau de atenuação com que a luz atravessa a água, afirmando a existência de sólidos, orgânicos ou inorgânicos, estes que podem abrigar micro-organismos, por isso se torna importante o controle para mantê-las no padrão.

Os valores de pH variaram de 5,07 a 7,52, a Portaria determina o intervalo de 6,0 a 9,5 como permitido, assim, as amostras que se apresentaram menores que 6,0 estão fora dos padrões. São elas Albertos, Fazenda Velha, Panelheiros, Rodrigues e

Santa Luzia no mês de maio e Boa Esperança que mostrou alteração em todas as três coletas.

Conforme Casali (2008) a amplitude do pH é explicada pela composição química das águas, que pode ser influenciada, dentre outros fatores, pela formação geológica que armazena a água, pelo nível de contaminação da água e pelo sistema de captação e armazenamento de água utilizado.

A dureza das águas foi mais um parâmetro que compôs a caracterização das águas destinadas ao consumo humano, e seus valores variaram de 12 a 198 mg/L em CaCO₃. Nenhum dos pontos monitorados apresentou águas com teores acima do estabelecido pela legislação vigente, que é de 500 mg/L.

Os maiores valores de dureza encontrados justificam-se pela composição de elementos químicos da rocha matriz, principalmente os cátions de cálcio e magnésio. A sua relevância para a saúde humana se dá pela diminuição da formação de espuma no uso de sabão e detergente. Também a água dura aumenta as incrustações nas tubulações, o que diminui a vida útil do material (CASALI, 2008).

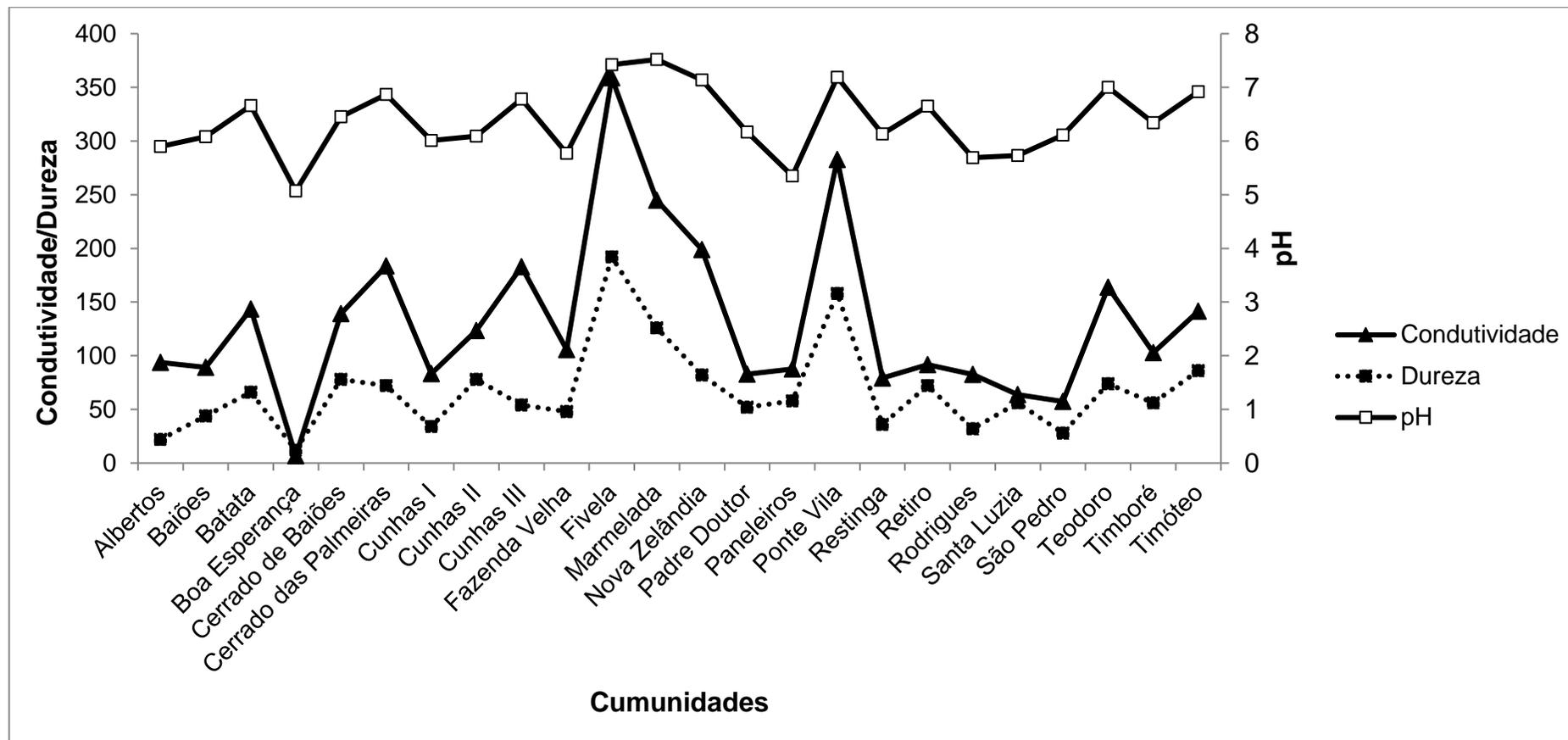
O parâmetro de condutividade elétrica se mostrou entre 6,74 e 359, o valor permitido é de 30 a 1500 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, assim, verifica-se que apenas na comunidade de Boa Esperança todas as amostras apresentaram valores muito abaixo do padrão indicado, sendo 6,74, 7,24, e 7,45.

Verificou-se, ainda, a relação entre a condutividade e o pH da água. Amostras com pH maiores que 7,0 apresentaram valores de condutividade elétrica mais alto, decorrente de um maior teor de sais, definindo a capacidade da água natural de conduzir corrente elétrica, enquanto amostras com pH bem próximos ou abaixo de 6,0 ilustraram valores de condutividade menores. A comunidade de Boa Esperança ilustrou pH 5,07, 5,50 e 5,08 provando essa afinidade.

Segundo o Ministério da Saúde não existem valores limites para o padrão temperatura. Entretanto foram constatados valores entre 17,7 e 24,3°C. Analisar essa variação de resultados é essencial, visto que, a temperatura contribui para os processos biológicos, reações químicas e bioquímicas, além da solubilidade de gases dissolvidos e sais minerais na água.

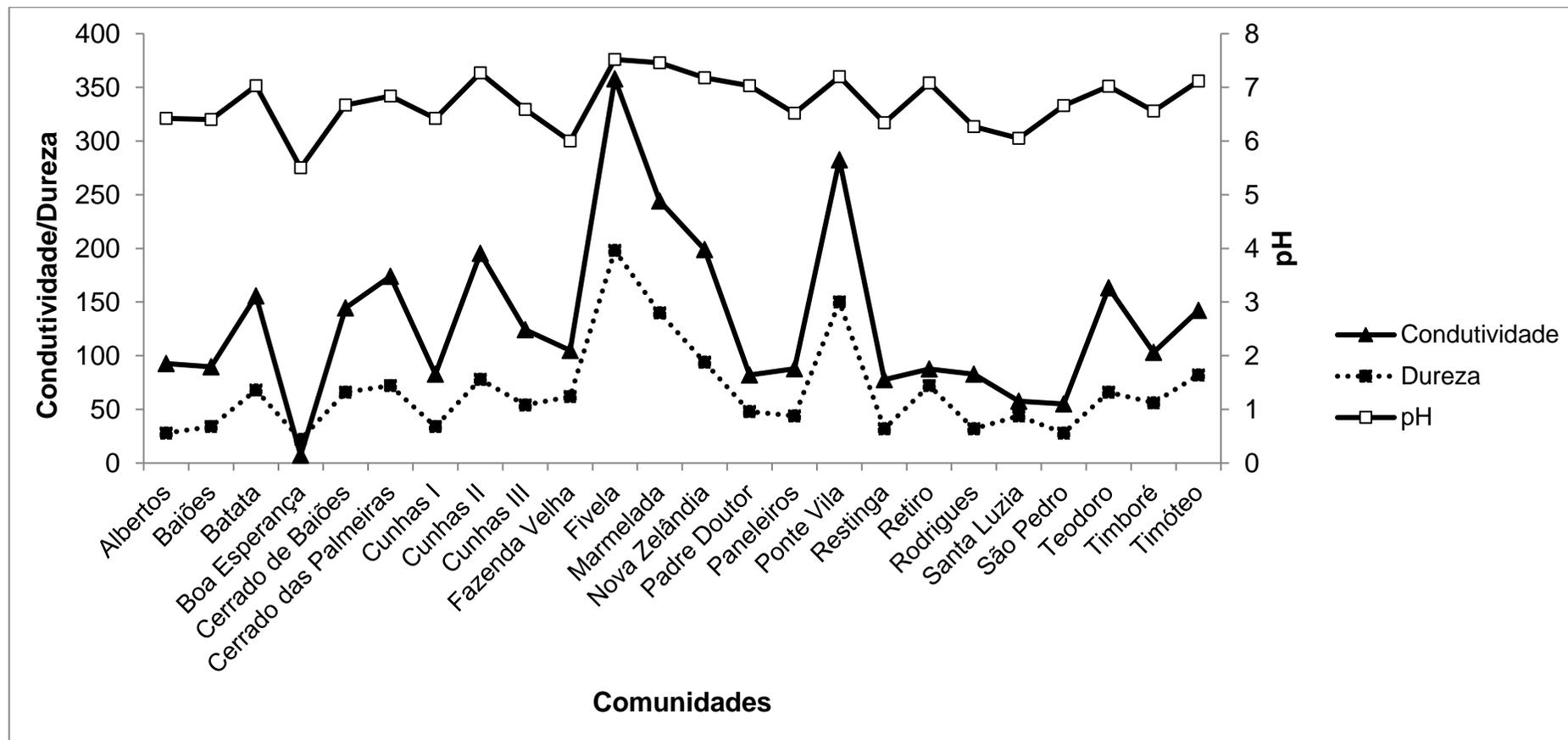
Os gráficos (1, 2 e 3) demonstram a relação entre os níveis de alguns dos parâmetros físico químicos analisados, e sua significância quando capazes de influenciar os demais.

Gráfico 1 – Relação entre os parâmetros de dureza, condutividade e pH em maio



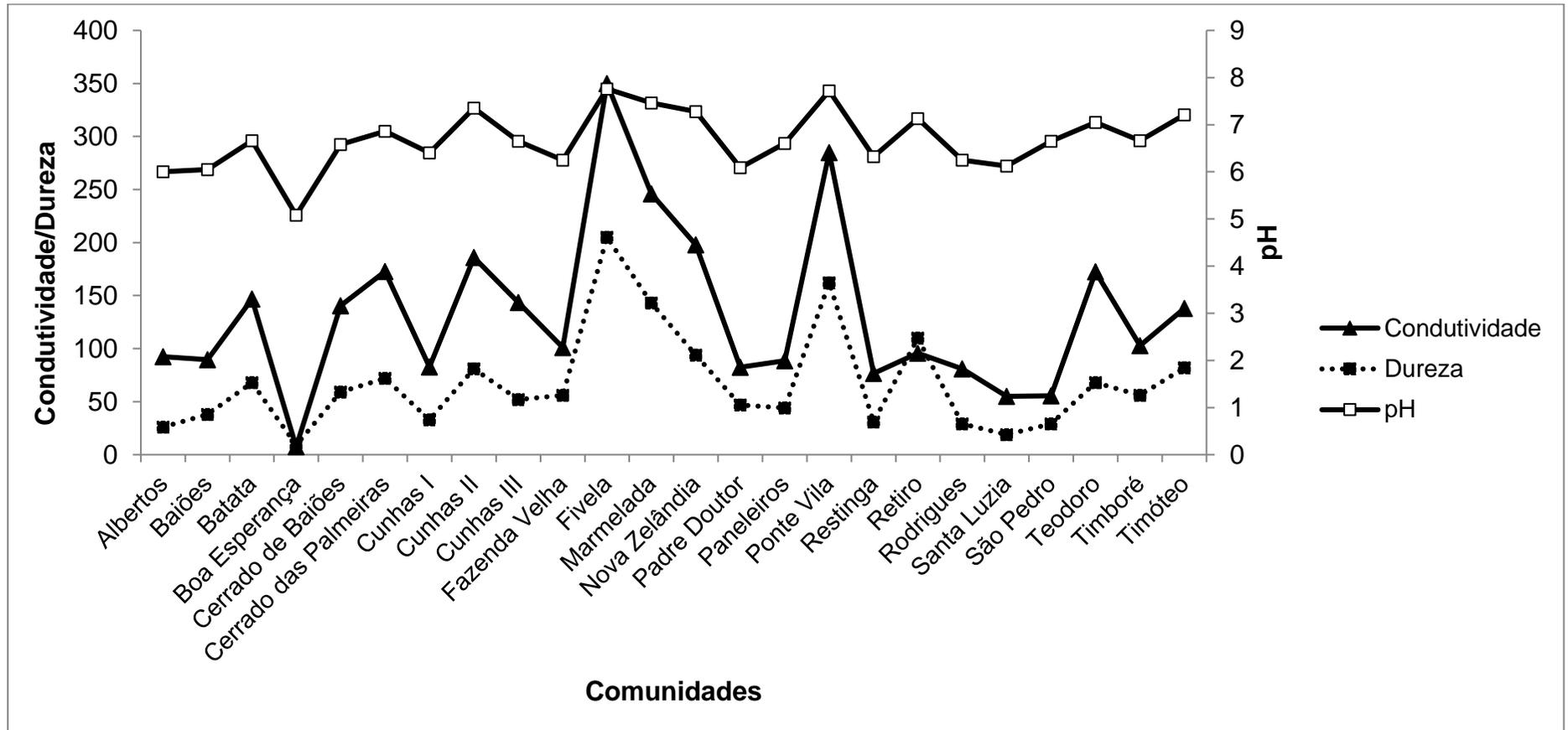
Fonte: Arquivo pessoal, 2017.

Gráfico 2 – Relação entre os parâmetros de dureza, condutividade e pH em junho



Fonte: Arquivo pessoal, 2017.

Gráfico 3 – Relação entre os parâmetros de dureza, condutividade e pH em julho



Fonte: Arquivo pessoal, 2017.

6.2 Resultados das análises dos parâmetros biológicos

Nos quadros (6, 7 e 8) estão representados os resultados encontrados para as análises microbiológicas das amostras de água coletadas nas vinte e quatro comunidades rurais escolhidas.

Quadro 6 – Análises microbiológicas de maio

Local de Coleta	Bactérias Heterotróficas UFC/ml	Coliformes Totais	<i>Escherichia coli</i>
Albertos	1	Presença	Ausência
Baiões	1	Presença	Ausência
Batata	130	Presença	Presença
Boa Esperança	110	Presença	Ausência
Cerrado de Baiões	5	Presença	Ausência
Cerrado das Palmeiras	35	Presença	Ausência
Cunhas I	3	Presença	Ausência
Cunhas II	5	Ausência	Ausência
Cunhas III	0	Ausência	Ausência
Fazenda Velha	3	Presença	Ausência
Fivela	490	Presença	Ausência
Marmelada	440	Presença	Ausência
Nova Zelândia	35	Presença	Ausência
Padre Doutor	75	Presença	Ausência
Panelheiros	13	Presença	Ausência
Ponte Vila	16	Presença	Presença
Restinga	20	Ausência	Ausência
Retiro	30	Presença	Ausência
Rodrigues	160	Presença	Ausência
Santa Luzia	96	Presença	Presença
São Pedro	240	Presença	Presença
Teodoro	70	Ausência	Ausência
Timboré	50	Presença	Ausência
Timóteo	10	Presença	Presença

Fonte: Arquivo pessoal, 2017.

Quadro 7 – Análises microbiológicas de junho

Local de Coleta	Bactérias Heterotróficas UFC/ml	Coliformes Totais	<i>Escherichia coli</i>
Albertos	0	Presença	Ausência
Baiões	5	Presença	Ausência
Batata	750	Presença	Ausência
Boa Esperança	450	Ausência	Ausência
Cerrado de Baiões	12	Presença	Ausência
Cerrado das Palmeiras	12	Presença	Ausência
Cunhas I	1	Ausência	Ausência
Cunhas II	10	Ausência	Ausência
Cunhas III	2	Presença	Ausência
Fazenda Velha	17	Ausência	Ausência
Fivela	20	Presença	Ausência
Marmelada	80	Presença	Presença
Nova Zelândia	40	Presença	Ausência
Padre Doutor	4	Presença	Ausência
Paneleiros	5	Presença	Ausência
Ponte Vila	3	Ausência	Ausência
Restinga	10	Presença	Ausência
Retiro	2	Ausência	Ausência
Rodrigues	30	Ausência	Ausência
Santa Luzia	0	Presença	Ausência
São Pedro	6	Presença	Presença
Teodoro	10	Presença	Ausência
Timboré	15	Ausência	Ausência
Timóteo	5	Presença	Ausência

Fonte: Arquivo pessoal, 2017.

Quadro 8 – Análises microbiológicas de julho

Local de Coleta	Bactérias Heterotróficas UFC/ml	Coliformes Totais	<i>Escherichia coli</i>
Albertos	0	Presença	Ausência
Baiões	25	Presença	Ausência
Batata	110	Presença	Ausência
Boa Esperança	480	Ausência	Ausência
Cerrado de Baiões	10	Presença	Ausência
Cerrado das Palmeiras	10	Presença	Ausência
Cunhas I	0	Ausência	Ausência
Cunhas II	5	Ausência	Ausência
Cunhas III	5	Presença	Ausência
Fazenda Velha	28	Ausência	Ausência
Fivela	50	Presença	Ausência
Marmelada	320	Presença	Ausência
Nova Zelândia	35	Presença	Ausência
Padre Doutor	20	Presença	Ausência
Paneleiros	14	Presença	Ausência
Ponte Vila	20	Ausência	Ausência
Restinga	18	Presença	Ausência
Retiro	10	Ausência	Ausência
Rodrigues	140	Ausência	Ausência
Santa Luzia	35	Presença	Ausência
São Pedro	90	Presença	Ausência
Teodoro	50	Presença	Ausência
Timboré	50	Ausência	Ausência
Timóteo	8	Presença	Ausência

Fonte: Arquivo pessoal, 2017.

A presença de coliformes totais foi detectada nas águas em 23 (95,83%) dos 24 pontos monitorados em pelos menos uma das três coletas realizadas. Isto ocorreu em 20, 16 e 16 pontos na primeira, segunda e terceira amostragem, respectivamente. Destes, 7 pontos (30,44%) manifestaram água contaminada em uma das coletas, 3 pontos (13,04%) tiveram águas contaminadas em duas coletas, e em 13 pontos (56,52%) as águas estavam contaminadas nas três coletas.

Este grupo engloba bactérias de origem não fecal, sendo assim, não é considerado um bom indicador sanitário da água bruta destinada ao consumo humano, ou seja, a existência dessas bactérias na água bruta não indica que essa é imprópria para consumo (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2012).

Somente será tolerada a presença de coliformes totais na ausência de *Escherichia coli*, no entanto, deve-se investigar a origem da fonte de contaminação, tomar as providências imediatas de caráter corretivo e preventivo e, subsequentemente, realizar nova análise de coliformes.

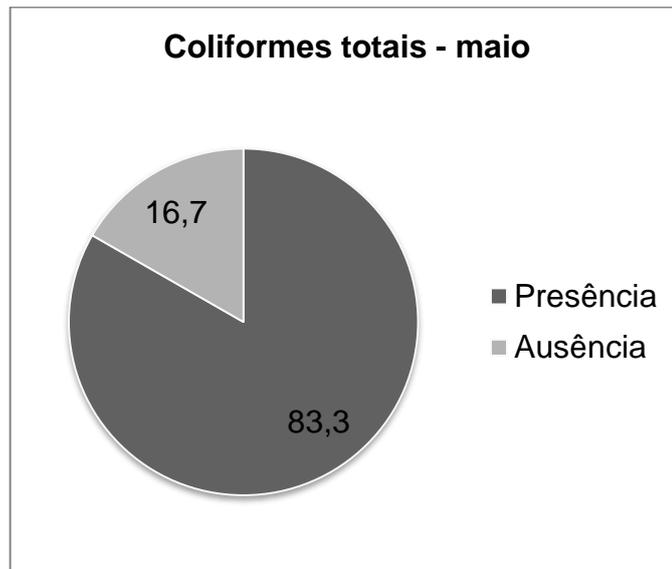
Convém, portanto, investigar as fontes de contaminação dos 6 pontos que apresentaram coliformes totais e *Escherichia coli* conjuntamente, e como medida

corretiva optar pelo tratamento da água, como a cloração, ou pela substituição do sistema de captação ou armazenamento dessa água, até que a fonte de contaminação seja identificada.

As comunidades de Albertos, Baiões, Batata, Cerrado de Baiões, Cerrado das Palmeiras, Fivela, Marmelada, Nova Zelândia, Padre Doutor, Paneleiros, Santa Luzia e Timóteo tiveram presença de coliformes totais em todas as coletas de água efetuadas.

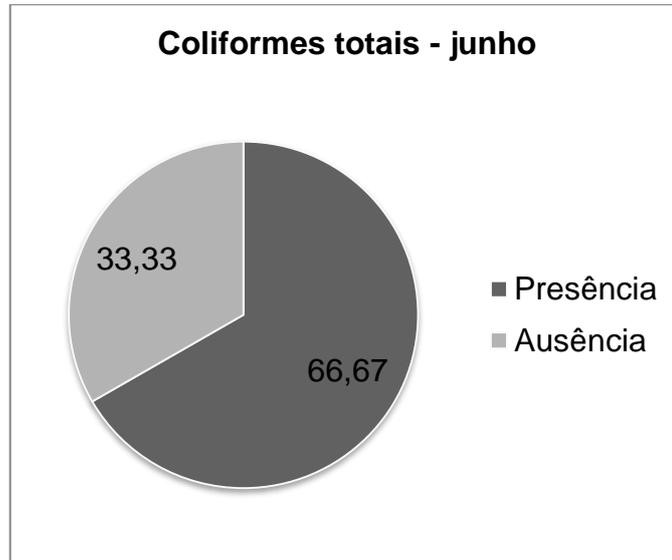
De forma autoexplicativa, os gráficos (4, 5 e 6) ilustram maior presença de coliformes totais no mês de maio com 83,3%, e alguma diminuição nos meses seguintes, junho e julho que contam com os mesmos 66,67% para presença.

Gráfico 4 – Relação de Coliformes Totais em maio



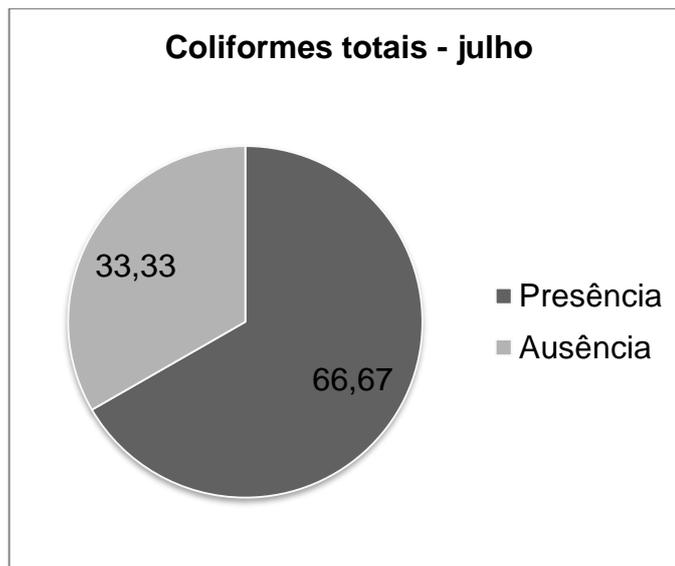
Fonte: Arquivo pessoal, 2017.

Gráfico 5 – Relação de Coliformes Totais em junho



Fonte: Arquivo pessoal, 2017.

Gráfico 6 – Relação de Coliformes Totais em julho



Fonte: Arquivo pessoal, 2017.

A presença de *Escherichia coli* foi encontrada nas águas em 6 (25%) dos 24 pontos monitorados. Isto ocorreu em 5, 2 e 0 pontos na primeira, segunda e terceira amostragem, respectivamente. Em 5 pontos (83,33%) manifestaram águas contaminadas em apenas uma das coletas, e nos pontos restantes (16,67%) manifestou-se em duas coletas.

Conforme preconiza o Ministério da Saúde (2012) em seu Anexo I, qualquer água destinada ao consumo humano deve ser ausente de contaminação por *Escherichia coli*.

Esta bactéria tem sido utilizada mundialmente como o microrganismo indicador de poluição fecal, pois habita o trato intestinal de animais de sangue quente, sendo liberado nas fezes.

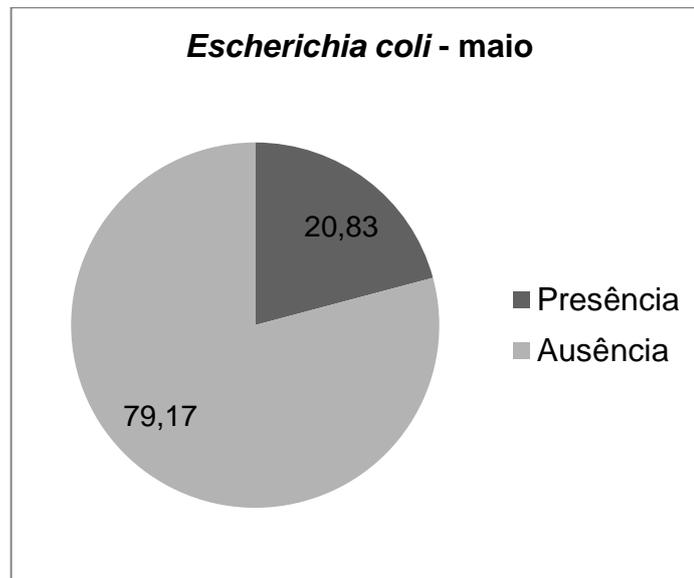
Primeiramente devem ser identificadas as fontes de contaminação nos pontos Batata, Marmelada, Ponte Vila, Santa Luzia, São Pedro e Timóteo que foram positivos para *Escherichia coli*.

Em geral, a contaminação microbiológica da água tem relação direta com a falta de limpeza dos sistemas de captação e dos reservatórios, a infiltração de águas contaminadas no solo, e também com a falta de desinfecção da água antes de ser destinada para consumo. Estas podem ser medidas de reparação e melhorias a ser tomadas nas localidades com maior nível de contaminação.

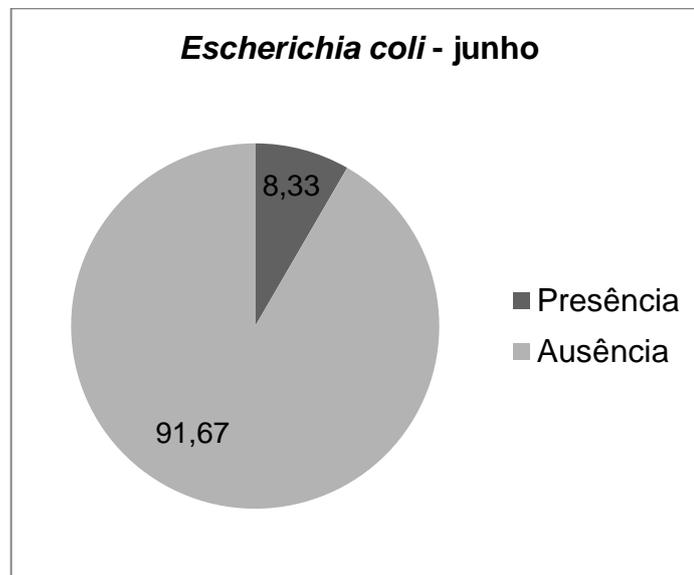
Baseado nas visitas feitas em cada comunidade monitorada, especifica-se que os pontos em que foram observados problemas – coliformes totais e *Escherichia coli* – em duas ou mais coletas foram considerados mais graves.

A Portaria 2.914 em seu Artigo 33, declara que os sistemas de abastecimento de água supridas por manancial subterrâneo com ausência de *Escherichia coli* devem realizar cloração da água mantendo o residual mínimo do sistema de distribuição.

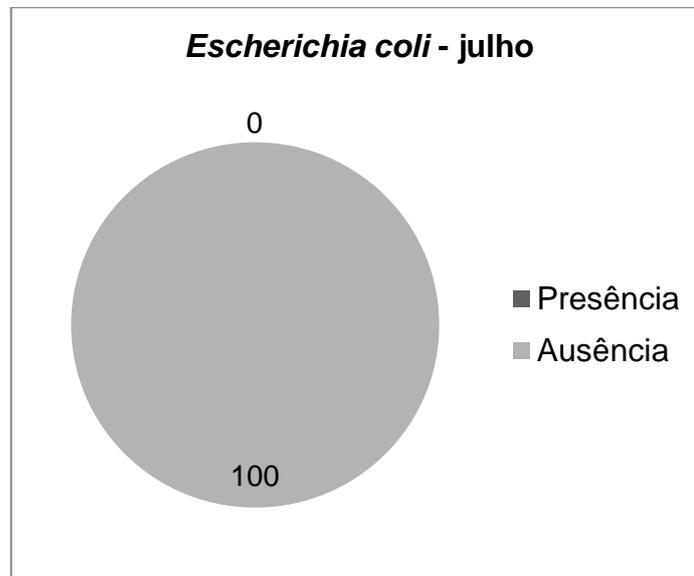
Os gráficos (7, 8 e 9) representam o decréscimo na ausência de *Escherichia coli*, começando em maio com 79,17%, junho com 91, 67% e por fim, julho com 100% de ausência demonstrando o padrão adequado a ser seguido.

Gráfico 7 – Relação de *Escherichia coli* em maio

Fonte: Arquivo pessoal, 2017.

Gráfico 8 – Relação de *Escherichia coli* em junho

Fonte: Arquivo pessoal, 2017.

Gráfico 9 – Relação de *Escherichia Coli* em julho

Fonte: Arquivo pessoal, 2017.

O valor máximo permitido para as análises de bactérias heterotróficas são de 500 Unidades Formadoras de Colônias – UFC, a zona rural de Batata foi a única amostra fora do padrão estabelecido, e exibe o valor de 750 UFC em 1 mililitro de água coletada no mês de junho.

Em maio e julho os valores se mostraram bem abaixo daquele que ultrapassou o estabelecido. Então devem ser investigadas quaisquer possíveis irregularidades e providenciar o (re)estabelecimento da integridade do sistema de distribuição, recomenda-se que não ultrapasse o limite de 500 UFH/ml (MINISTÉRIO DA SAÚDE, Art. 28, § 3º, 2011).

Os poços são protegidos por cimentação sanitária ao redor, não ultrapassando 1m². O SAAE ainda não realiza nos locais em questão, a cloração da água, porém em breve serão instalados cloradores que beneficiarão a segurança e saúde dos consumidores das regiões estudadas, e contribuirá para diminuição na alteração dos padrões de potabilidade.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A água proveniente das fontes de consumo da população rural da cidade de Formiga – MG, foi coletada diretamente de escolas, praças e residências locais, evidenciando a importância da avaliação e monitoramento constantes de sua potabilidade para consumo humano.

As análises físico químicas revelaram algumas inconformidades com a legislação vigente, Portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde. Enquanto as análises biológicas tiveram maior desvio padrão, indicando que maiores cuidados deverão ser tomados juntamente com medidas de identificação das fontes de poluição.

Como aconselhamento ao órgão responsável, verificou-se a necessidade de implantação de cloradores, tendo em vista os resultados obtidos. Sugere-se a coleta em pontos a montante e a jusante dos já identificados para avaliar as redes de distribuição e armazenamento destas águas.

Por fim, a presença de bactérias coliformes totais, *Escherichia coli* e a única constatação de alteração em número das bactérias heterotróficas na comunidade de Batata, oferecem riscos de contaminação por doenças de veiculação hídrica.

REFERÊNCIAS

BERNARDO, L. D.; PAZ, L. P. S. **Seleção de Tecnologias de Tratamento de Águas**. São Carlos: Editora LDIBE LTDA, 2008. v. 1.

BRASIL. Agência Nacional das Águas. **Panorama do Enquadramento dos Corpos d'água do Brasil: Panorama da Qualidade das Águas Subterrâneas no Brasil**. Brasília, DF, 2007. Disponível em: <http://pnqa.ana.gov.br/Publicacao/PANORAMA_DO_ENQUADRAMENTO.pdf>. Acesso em: 04 nov. 2017.

BRASIL. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB. **Águas Subterrâneas: Importância**. São Paulo, SP. Disponível em: <<http://cetesb.sp.gov.br/aguas-subterraneas/>>. Acesso em: 16 nov. 2017.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm>. Acesso em 22 ago. 2017.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Manual prático de análise de água**. 4. Ed. Brasília: Funasa, 2013. 150 p.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Perguntas e Respostas sobre a Portaria MS nº 2.914/2011**. Brasília, DF, 2012. Disponível em: <<http://portalarquivos.saude.gov.br/images/pdf/2014/julho/24/PERGUNTAS-E-RESPOSTAS-SOBRE-A-PORTARIA-MS-N-2-914.pdf>>. Acesso em: 04 nov. 2017.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Águas Subterrâneas: Um recurso a ser conhecido e protegido**. Brasília, DF, 2007. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/167/_publicacao/167_publicacao28012009044356.pdf>. Acesso em 15 nov. 2017.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Programa Nacional de Águas Subterrâneas**. Brasília, DF, 2017. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/agua/recursos-hidricos/aguas-subterraneas/programa-nacional-de-aguas-subterraneas>>. Acesso em: 26 out. 2017.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Plano Nacional de Recursos Hídricos**. Brasília, DF, 2017. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/agua/recursos-hidricos/plano-nacional-de-recursos-hidricos>>. Acesso em 06 nov. 2017.

BRASIL. Portaria nº 518, de 25 de março de 2004. **Padrão de Potabilidade**. Ministério da Saúde. Brasília, DF.

BRASIL. Resolução nº 396, de 03 de abril de 2008. **Enquadramento das águas subterrâneas**. Brasília, DF.

CARVALHO, I. C. de M. **Educação Ambiental: a formação do sujeito ecológico**. São Paulo: Cortez, 2004.

CARVALHO, D. F.; J. L. P. MELLO; SILVA, L. B. D. da. **Irrigação e Drenagem**. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. 2007. Disponível em: <<http://www.ufrrj.br/institutos/it/deng/jorge/downloads/APOSTILA/LICA%20Parte%201.pdf>>. Acesso em 21 nov. 2017.

CASALI, C. A. **Qualidade da água para consumo humano ofertada em escolas e comunidades rurais da região central do Rio Grande do Sul**. 2008. Dissertação de Mestrado em Ciências do Solo: Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2008. Disponível em: <<http://w3.ufsm.br/ppgcs/images/Dissertacoes/CARLOS-ALBERTO-CASALI.pdf>>. Acesso em: 25 nov.2017.

CASTRO, A de A. et al. **Manual de Saneamento e Proteção Ambiental para os Municípios**. Belo Horizonte: SEGRAC, 2003. v. 2.

DIAS, G. F. **Educação Ambiental: princípios e práticas**. 9. ed. São Paulo: Gaia, 2004.

GUIMARÃES, CARVALHO, SILVA. **Saneamento Básico**. Agosto, 2007.

IBGE, **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Minas Gerais: Formiga, 2016. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/formiga/panorama>>. Acesso em 03 nov. 2017.

JÚNIOR, A. P.; ROMÉRO, M. D. A.; BRUNA, G. C. **Curso de Gestão Ambiental**. Barueri, SP: Manole, 2004.

LEONETI, A. B.; E. L. do P.; S. V. W. B. de O. **Saneamento básico no Brasil: considerações sobre investimentos e sustentabilidade para o século XXI**. Revista de Administração Pública – RAP, Rio de Janeiro, mar. /abr. 2011.

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

MACÊDO, J. A. B. de. **Águas & Águas**. 3. ed. atualizada e revisada. Belo Horizonte, MG: CRQ-MG, 2007.

MACHADO, P. A. L. **Direito Ambiental Brasileiro**. 23. ed. São Paulo: Malheiros Editores, 2015.

MILARÉ, E. **Direito do ambiente: a gestão ambiental em foco**. 5. ed. reformulada, atualizada e ampliada. São Paulo: Editora Revista dos Tribunais, 2007.

MOISÉS, M. **A política federal de saneamento básico e as iniciativas de participação, mobilização, controle social, educação em saúde e ambiental nos**

programas governamentais de saneamento. Ciência e Saúde Coletiva. Rio de Janeiro, v. 15, n. 5, ago. 2010.

RIBEIRO, J. W.; ROOKE, J. M. S. **Saneamento Básico e sua relação com o meio ambiente a saúde pública.** Juiz de Fora, MG. Faculdade de Engenharia da UFJF, 2010.

SAAE. Serviço Autônomo de Água e Esgoto. **Informações Gerais.** Formiga, MG. Disponível em: <<http://www.saaeformiga.com.br/institucional/o-saae>>. Acesso em 12 nov. 2017.

SILVA, L. P. da. **Hidrologia:** Engenharia e Meio Ambiente. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.

SILVA, S. A.; OLIVEIRA, R. DE. **Manual de análises físico químicas de águas de abastecimento e residuárias.** Campina Grande, PB: O Autor, 2001.

TELLES, D. D. **Ciclo ambiental da água: da chuva à gestão.** São Paulo: Blucher, 2013.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** 2. Ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais; 1996.