



**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU*
MESTRADO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS E SAÚDE**

**ANÁLISE DA FLUORETAÇÃO DA ÁGUA DE ABASTECIMENTO PÚBLICO DO
MUNICÍPIO DE GOIÂNIA: RELEVÂNCIA SOCIOAMBIENTAL**

PETERSON RODRIGUES FERREIRA

GOIÂNIA-GOIÁS

2019



**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU*
MESTRADO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS E SAÚDE**

**ANÁLISE DA FLUORETAÇÃO DA ÁGUA DE ABASTECIMENTO PÚBLICO DO
MUNICÍPIO DE GOIÂNIA: RELEVÂNCIA SOCIOAMBIENTAL**

Acadêmico: PETERSON RODRIGUES FERREIRA

Orientador: Prof. Dr. Nelson Jorge da Silva Junior

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Saúde, da Pró-reitora de Pós-Graduação e Pesquisa da Universidade Católica de Goiás, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais e Saúde.

GOIÂNIA-GOIÁS

2019

F383a Ferreira, Peterson Rodrigues

Análise da fluoretação da água de abastecimento público do município de Goiânia : relevância socioambiental / Peterson Rodrigues Ferreira.-- 2019.

67 f.; il.

Texto em português, com resumo em inglês Dissertação (mestrado) -- Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Escola de Ciências Sociais e da Saúde, Goiânia, 2019

Inclui referências: f. 62-67

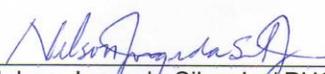
1. Água - Fluoretação. 2. Abastecimento de água - Goiânia (GO). 3. Meio ambiente - Aspectos sociais. I.Silva Júnior, Nelson Jorge da. II.Pontifícia Universidade Católica de Goiás - Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Saúde - 2019. III. Título.

CDU: 628(043)



DISSERTAÇÃO DO MESTRADO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS E SAÚDE
DEFENDIDA EM 12 DE AGOSTO DE 2019 E CONSIDERADA
APROVADO PELA BANCA EXAMINADORA:

1)


Prof. Dr. Nelson Jorge da Silva Jr. / PUC Goiás (Presidente/Orientador)

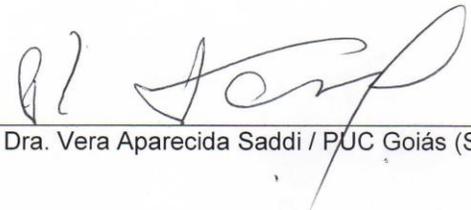
2)


Prof. Dr. Antônio Pasqualetto / IFG (Membro Externo)

3)


Prof. Dr. Júlio César Rubin de Rubin / PUC Goiás (Membro)

4)


Profa. Dra. Vera Aparecida Saddi / PUC Goiás (Suplente)

RESUMO

A fluoretação das águas de abastecimento público é uma das alternativas mais eficazes para o combate a cárie dentária na população e já é considerado um procedimento importante na saúde pública, além de ter amparo legal por meio de Leis e Regulamentos específicos. As estações de tratamento de água são responsáveis pela adição adequada de íon fluoreto na água de consumo humano. Contudo, o crescimento urbano acelerado nas cidades pode prejudicar o abastecimento de água e consequentemente o tratamento adequado da mesma. Esse estudo foi desenvolvido com o objetivo de analisar a qualidade físico-química e a fluoretação da água de abastecimento público do município de Goiânia observando sua relevância socioambiental. Para isso foram coletadas 8 amostras das Estações de Tratamento de Água Jaime Câmara (João Leite) e Eng. Rodolfo José da Costa e Silva (Meia Ponte) no período de novembro de 2018 e maio de 2019. As análises foram realizadas seguindo os parâmetros preconizados pela Resolução CONAMA Nº 357, de 17 de março de 2005. Os resultados apontaram alterações limnológicas nos compostos denominados “óleos e graxas” e “sulfetos” das duas estações estudadas. A fluoretação das duas estações analisadas seguiu os padrões determinados pelo CONAMA. O crescimento progressivo da microrregião de Goiânia contudo sugere problemas futuros no abastecimento de água da região e consequente retrocesso no tratamento adequado da água para consumo humano em razão do aumento de resíduos da população.

Palavras-chave: Fluoretação, Abastecimento público, Microrregião de Goiânia, Relevância socioambiental.

ABSTRACT

The fluoridation of public water supply is one of the most effective alternative for combating dental caries in the population and is already considered a procedure of great importance in public health, in addition to having legal protection through specific laws and regulations. Water treatment plants are responsible for the adequate addition of fluoride ion in water for human consumption. However, accelerated urban growth in large cities can hinder water supply and consequently adequate water treatment. This study was developed in order to analyze the physical-chemical quality and fluoridation of public water supply in the city of Goiania, observing its socio-environmental relevance. For this purpose, 8 samples of Jaime Câmara Water Treatment Plants (João Leite) and Eng. Rodolfo José da Costa e Silva (Meia Ponte) were collected from November 2018 to May 2019. The analyzes were performed according to the recommended parameters CONAMA Resolution No. 357 of March 17, 2005. The results indicated limnological changes in the compounds called "oils and greases" and "sulfide" of the two stations. The fluoridation of the two analyzed stations followed the standards determined by CONAMA. The progressive growth of the Goiania microregion however suggests a future problem in the water supply of the region and a consequent setback in the adequate treatment of water for human consumption due to the increase of residues of the population.

Keywords: Fluoridation, Public supply, Microregion of Goiania, Socio-environmental relevance.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	IX
LISTA DE TABELAS	XI
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	4
2.1. Objetivo Geral	4
2.2. Objetivos Específicos.....	4
3. REFERENCIAL TEÓRICO	5
3.1.Composição físico-química e biológica da água	5
3.2.Relevância e cuidados com o flúor	11
3.3.Bacias hidrográficas do Brasil.....	11
3.4.Bacias hidrográficas do Centro-Oeste	14
3.5.Bacias hidrográficas de Goiás	14
3.6.Sistemas de abastecimento de água	17
3.6.1.Sistemas de abastecimento de água de Goiás.....	19
3.6.2.Sistemas de abastecimento de água de Goiânia.....	20
3.7.Tipos de uso das águas de abastecimento público	20
3.8.Condições físico-químicas da água para consumo humano.....	22
3.9.Tratamento de água para consumo humano	24
3.10. A relevância do flúor na saúde humana.....	25
3.11. Fluoretação da água.....	26

3.12. O flúor no controle da qualidade da água.....	28
3.13. A relevância socioambiental da água fluoretada.....	31
4. MATERIAL E MÉTODOS	35
4.1.Área de Estudo	35
4.2.Análise Limnológica	35
4.2.1.Pontos Amostrais.....	36
4.2.2.Coleta das Amostras.....	36
4.2.3.Metodologia Laboratorial.....	38
4.3.Análise dos Resultados.....	41
4.4.Padrão de Referência	41
4.5.Uso de Sistema de Informações Geográficas (sig).....	41
4.6.Dados Demográficos.....	41
5. RESULTADOS	42
5.1.Crescimento populacional de Goiás.....	42
5.2.Expansão urbana e populacional da MR de Goiânia	45
5.3.Parâmetros físico-químicos e biológicos.....	50
5.4.Captação, tratamento e fluoretação da água em Goiás.....	53
5.5.Fluoretação	54
5.6.Resultado das amostras de água com fluoreto.....	56
6. DISCUSSÃO	57
7. CONCLUSÃO.....	61
8. REFERÊNCIAS.....	62

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Principais Bacias Hidrográficas do Brasil.	12
Figura 2. Bacias hidrográficas que banham o Estado de Goiás.	15
Figura 3. Etapas de um sistema de abastecimento e distribuição de água	18
Figura 4. Abastecimento Urbano e Rural nas Regiões Geográficas.....	22
Figura 5. Indicação da Área de estudo	35
Figura 6. Coleta (A) e armazenamento (B) das amostras nos pontos amostrais do Sistema João Leite e Meia Ponte	37
Figura 7. Coleta de dados limnológicos com o uso de uma sonda multiparamétrica....	38
Figura 8. Concentração da população do Estado de Goiás por microrregião no Censo de 2010 e na estimativa populacional de 2018.....	44
Figura 9. Microrregião de Goiânia com as áreas urbanas correspondentes em 1986..	46
Figura 10. Microrregião de Goiânia com as áreas urbanas correspondentes em 2010. Note-se o reservatório do Ribeirão João Leite	47
Figura 11. Microrregião de Goiânia com as áreas urbanas correspondentes em 2016..	48
Figura 12. Microrregião de Goiânia com as áreas urbanas correspondentes em 2018..	49
Figura 13. Sistemas de fluoretação da água em funcionamento no Estado de Goiás em 2019	54
Figura 14. Tanque de flúor da ETA Jaime Câmara, Sistema João Leite	55

Figura 15. Tanque de flúor da ETA Eng. Rodolfo José da Costa e Silva, Sistema Meia Ponte55

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Relação entre a média das temperaturas máximas diárias do ar e os limites recomendados para a concentração de íon fluoreto na água.....	30
Tabela 2. Compostos recomendados pela Portaria nº 635 para a fluoretação da água para consumo humano.....	31
Tabela 3. Pontos amostrais de coleta de água	36
Tabela 4. Métodos de acondicionamento, preservação e prazo para análise das amostras de água	39
Tabela 5. Métodos de análise dos parâmetros físico-químicos e biológicos segundo metodologia da AWWA (2017).	40
Tabela 6. Dados populacionais do Estado de Goiás no Censo de 2010 e na estimativa de 2018	43
Tabela 7. Crescimento da área urbana dos municípios da MR de Goiânia.....	45
Tabela 8. Comparação das amostras dos resultados analíticos da ETA João Leite antes e após o tratamento.....	51
Tabela 9. Comparação das amostras dos resultados analíticos da ETA Meia Ponte antes e após o tratamento.....	52
Tabela 10. Resultado das amostras da quantidade de fluoreto da ETA João Leite	56
Tabela 11. Resultado das amostras da quantidade de fluoreto da ETA Meia ponte.....	56

1. INTRODUÇÃO

A água doce é vital para a vida, apoiando os ecossistemas e as civilizações humanas. Ela está presente em muitos aspectos da vida diária, incluindo produção de alimentos, geração de energia, fabricação e saneamento. No entanto, o destino da água para fins de consumo humano enfrenta maiores desafios a cada dia. Embora a superfície da Terra seja dois terços de água, menos de três por cento é potável. A poluição nos rios, riachos e lagos do mundo torna a água imprópria para consumo, comprometendo a saúde dos indivíduos e o meio ambiente. O uso excessivo, desencadeado em parte pelo crescimento populacional, causa escassez de água e seca lagos, rios ou riachos antes que eles atinjam o mar ou a jusante, às vezes causando conflitos. O acesso à água doce será uma questão definidora para as gerações futuras (Wetzel, 2001).

Sendo uma peça vital ao desenvolvimento humano, foram desenvolvidas técnicas especiais de tratamento e disponibilização de água com padrões definidos por organizações internacionais. Nesse sentido, a diminuição dos custos do tratamento dentário das populações foi extremamente influenciado com a introdução e posterior obrigatoriedade da fluoretação das águas de consumo humano, passando a fazer parte de um sistema que tem raízes socioambientais e não somente de saúde dentária ou saúde pública (Garbin et al., 2017).

Pesquisas sobre os índices de cárie nas populações de todo o mundo mostram que desde o século XX houve um declínio significativo na ocorrência da doença devido a propagação de uso do flúor. A utilização do flúor como fluoreto já é reconhecida como um excelente e principal fator de prevenção e proteção contra cáries, sendo aplicado em meios como creme dental e na água de abastecimento público (Ferreira et al., 2013).

Proceder com a adição de flúor nos sistemas públicos de abastecimento é reconhecidamente a medida mais eficaz de prevenção da doença, pois é um método de grande alcance populacional, é relativamente seguro, traz benefícios à saúde bucal, não apresenta efeito colateral e as pessoas tem, de modo geral, fácil acesso a água

tratada. A Organização Mundial da Saúde (OMS) reconhece a fluoretação da água de abastecimento público como medida de saúde pública, contudo, sabe-se que o método só é realmente eficaz quando os teores adicionados à água estão dentro dos níveis adequados (Anjos; Fernandes, 2015).

Não somente a adição adequada de íon fluoreto deve ser observada. É preciso ainda coletar informações a respeito da rede de distribuição de água, determinar o teor recomendado de fluoreto que deve ser adicionado, escolher os produtos e equipamentos, além de aplicar uma metodologia adequada de análise e amostragem. Um dos produtos mais utilizados para fluoretar águas é o ácido fluossilícico, pois é um produto de ótimo custo-benefício (Garbin et al., 2017).

É fato que diversos estudos apontam para o crescimento da aplicação do método de fluoretação das águas, porém, mesmo com os avanços, pesquisas mostram que o Centro-Oeste brasileiro apresenta um índice alarmante de cárie dentária na dentição permanente, sendo 73% das crianças de 12 anos e 90% dos adolescentes de 15 a 19 acometidos pela doença. É preciso então chegar às causas, se o problema está na falta de higiene pessoal ou se há falha no processo de fluoretação nas Estações de Tratamento de Água (ETAs) (Scalizi et al., 2018).

É preciso analisar os mecanismos que fazem a adição do flúor, observar se esses estão procedendo de maneira correta, adicionando a concentração recomendada, a fim de conseguir promover maiores benefícios e minimizar os riscos, ajudando na prevenção e controle de cárie, sem, contudo aumentar a prevalência de fluorose dental (Ferreira; Narvai, 2015), considerando que as formas leves de fluorose dental ocorrem nos locais com implantação de sistemas de fluoretação e as formas graves ocorrem em mananciais com alto teor de flúor (Garbin et al., 2017).

No Brasil muitos municípios ainda não dispõem de processos para adicionar o flúor na água de abastecimento público ou, nos que possuem esse sistema, muitas vezes não têm mecanismos de vigilância para o controle da concentração exata da adição de flúor. Por isso, é necessário buscar diretamente as ETAs para realizar a análise das águas e ter o controle do flúor. O procedimento de análise deveria ser aplicado em qualquer unidade constituinte do sistema de abastecimento (Scalizi et al., 2018).

Na cidade de Goiânia, encontram-se instalados três sistemas de abastecimento de água (ETAs), o sistema João Leite e o sistema Meia Ponte, com seus respectivos mananciais: ETA - Jaime Câmara, ETA - Eng. Rodolfo José da Costa e Silva e ETA - Governador Mauro Borges, sendo essa última a mais recente. A ETA - Governador Mauro Borges entrou em funcionamento no dia 12 de setembro de 2017 completando a produção de água tratada para Goiânia e região metropolitana (SANEAGO, 2016).

Os três sistemas têm proporções e capacidades equivalentes, fornecendo água para cerca de 100% da população de Goiânia nos locais os quais apresentam interligação com esse sistema. A responsabilidade pelo abastecimento de água tratada, bem como a coleta e tratamento de esgoto é da concessionária de Saneamento de Goiás S.A. (SANEAGO), empresa que opera e faz a manutenção dos sistemas em todo o Estado de Goiás (SANEAGO, 2016).

Dentro da perspectiva do atendimento às normativas legais da fluoretação das águas de abastecimento público, existe uma relação socioambiental bastante complexa. A obrigatoriedade legal dessa normativa e o percentual real da população atendida com o sistema de água tratada são destoantes. A parcela da população atendida está muito aquém do recomendável, se transformando em um problema bastante sério, decorrente do processo de urbanização e o uso inadequado dos recursos hídricos naturais (Brasil, 2015).

Assim, o presente trabalho visou através da coleta de amostras de duas das três unidades de tratamento de água (ETAs) da cidade de Goiânia, avaliar o estado da fluoretação da água de abastecimento público em confronto com a legislação vigente.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Avaliar a qualidade físico-química e a fluoretação da água de abastecimento público do município de Goiânia e descrever sua relevância socioambiental.

2.2. Objetivos Específicos

2.1.1. Avaliar pontualmente a qualidade da água de abastecimento público da cidade de Goiânia.

2.1.2. Avaliar o processo de fluoretação nas águas de abastecimento público da cidade Goiânia.

2.1.3. Comparar os resultados e contrastar com a legislação vigente.

2.1.4. Contrastar os achados com a relevância socioambiental da oferta de água tratada e fluoretada e o avanço do processo de urbanização em Goiânia.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

Uma boa definição de água doce seria a que possui poucos minerais dissolvidos, como sal (geralmente menos de 1%), em oposição à água salgada encontrada nos oceanos. Ambientes de água doce são criados pela precipitação e seu escoamento de grandes altitudes em direção aos rios, lençõs freáticos e em um vale na paisagem em que a água doce se acumula em um lago. Plantas e animais em regiões de água doce são ajustados ao baixo teor de sal e não seriam capazes de sobreviver em áreas de alta concentração de sal (ou seja, oceanos) (Wetzel, 2001).

3.1. Composição Físico-Química e Biológica da Água

De acordo com a Declaração Universal dos Direitos da Água, a água é considerada um patrimônio do planeta e por isso ela é de responsabilidade de todos, ou seja, em qualquer lugar do mundo as pessoas devem fazer o necessário para preservá-la. A Declaração traz também em seu art. 2º que “a água é a seiva do nosso planeta. Ela é a condição essencial de vida de todo ser vegetal, animal ou humano. Sem ela não poderíamos conceber como são a atmosfera, o clima, a vegetação, a cultura ou a agricultura”, assim o ser humano tem como direito fundamental o acesso a água (ONU, 1992; Capellari & Capellari, 2018).

Aproximadamente 75% do planeta Terra é composto por água em sua superfície terrestre e ela pode ser encontrada em três estados físicos: líquido, sólido e gasoso, sendo sua formulação química reconhecida como H₂O. A água constitui a maior substância inorgânica da matéria viva, compondo cerca de dois terços do corpo humano e até 98% da composição de alguns animais aquáticos, frutas, legumes e verduras. Além de compor os organismos, a água ainda tem a capacidade de promover inúmeras reações na natureza através de sua capacidade em dissolver substâncias. Ela tem um importante papel no organismo humano desempenhando funções relevantes referentes a saúde e qualidade de vida humana, além de ser extremamente importante para a natureza (Macedo et al., 2018).

A água ainda possui variáveis importantes relacionadas ao pH (a), condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, turbidez, temperatura, transparência,

dureza, cloretos, alcalinidade, CO₂, demanda bioquímica de oxigênio, enxofre, nitrogênio, óleos e graxas, ferro, coliformes totais, odor, sólidos totais dissolvidos, sulfetos, sulfatos, sendo assim descritos:

A) **Potencial hidrogeniônico (pH)** - relacionado ao grau de acidez ou basicidade da água, ou seja, expressa a concentração de íons de hidrogênio [H⁺] na água. A relação entre os íons hidrogênio [H⁺] e hidróxido [OH⁻] indicaram se a água está ácida contendo pH abaixo de 7, ou básica contendo pH superior a 7. Quando está em estado neutro ou igual a 7, a água está em estado químico puro e seus íons H⁺ estão em equilíbrio com os íons OH⁻. O pH da água depende de sua origem e características naturais, podendo, contudo, ser modificada por meio da introdução de resíduos (Lehninger et al., 2002). O Ministério da Saúde recomenda os parâmetros físico-químicos de pH na água através da Portaria nº2.914, de 12 de dezembro de 201, posteriormente confirmados por meio da Portaria de Consolidação nº5, de 28 de setembro de 2017, relatando o sistema de distribuição, sendo necessário estar na faixa de 6,0 a 9,5 para águas destinadas ao consumo humano (Brasil, 2011; Brasil, 2017);

B) **Condutividade elétrica** - relacionada a capacidade da água de conduzir corrente elétrica e os íons dissolvidos presentes na água, sendo esses íons partículas eletricamente carregadas que fazem total diferença na condutividade elétrica, ou seja, sempre que a quantidade de íons dissolvidos estiver alta maior será a condutividade elétrica da água. Essa condutividade elétrica também tem sua variável relacionada à temperatura, sendo que a temperatura ajuda a aumentar a capacidade de transmissão das correntes elétricas (Gomes, 2009);

C) **Oxigênio dissolvido (OD)** - tem origem principalmente na atmosfera e sua importância está relacionada à avaliação das condições naturais da água e detecção dos impactos ambientais. A Resolução CONAMA Nº 357, de 17 de março de 2005 determina que os valores do consumo humano relacionados ao oxigênio dissolvido não podem ser inferiores a 6 mg/L de O₂. Gomes (2009) relata que “a taxa de oxigênio dissolvido é destacada pelas maiores oscilações diárias, e a concentração do oxigênio está diretamente relacionada com os processos de fotossíntese, respiração e decomposição” e estes integrados a intensidade luminosa e a

temperatura (Esteves, 1998);

D) **Turbidez** - é reconhecida como a mudança na penetração da luz, por consequência de partículas em suspensão. Essas partículas promovem a dispersão e absorção da luz fazendo com que água fique com aparência nebulosa e esteticamente indesejável. Podem-se relacionar os valores de Turbidez com a desinfecção da água e a Turbidez aceitável nas águas de abastecimento deve ser de até 100 UNT (Unidade Nefelométrica de Turbidez) e a água para consumo deve ter turbidez inferior a 5 UNT (Pinto, 2003);

E) **Temperatura da água** - é determinada pela radiação solar e sofre variações de acordo com a temperatura do meio ambiente, podendo ainda ser influenciadas por suas características de tampão-térmico em razão da elevação do seu calor específico e da absorção de energia na forma de luz. A temperatura tem efeito em diversas situações como: processos biológicos, reações químicas e bioquímicas, além dos processos de solubilidade dos gases dissolvidos formados nos ecossistemas aquáticos (Esquivel, 2005);

F) **Transparência** - caracterizada pelo potencial de penetração da luz na água (a transparência é o oposto da turbidez). É possível avaliá-la mergulhando-se o disco de Secchi na posição em que se encontra. O desaparecimento do disco será inversamente proporcional à quantidade de compostos orgânicos e inorgânicos no caminho ótico (Porto, 2010).

G) **Dureza da água** – se relaciona às concentrações de sais de cálcio e magnésio dissolvidos, geralmente sob a forma de carbonatos e bicarbonatos, também são importantes para a condutividade, pH e alcalinidade. Águas que contem esses sais em quantidade menores que 125 mg/L são classificadas como moles, as águas com 125 a 230 mg/L são médias ou pouco duras e as de 230 a 450 mg/L recebem a classificação de águas duras (Esteves, 1998);

H) **Alcalinidade total** - é caracterizada pela capacidade de um sistema aquoso em neutralizar ácidos. Isso dependerá de alguns compostos, de modo específico os bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos, sendo este último reconhecido como ânion raro nas águas naturais, estando presente em águas com pH maior que 10. A alcalinidade também é considerada a capacidade do ecossistema aquático em

neutralizar (tamponar) os ácidos que são adicionados em sua presença (Esteves, 1998);

I) **CO₂** (carbono inorgânico) - amplamente presente no meio ambiente aquático podendo ser originado pela atmosfera, através da chuva, pela água subterrânea, decomposição e até mesmo pela respiração de organismos. Na água esse composto está combinando a outros, inclusive se combina com a própria molécula de água. Essa combinação acontece no momento em que o CO₂ se difunde no meio aquoso e influencia no pH da água, deixando-o levemente ácido (Esteves, 1998);

J) **Enxofre** - pode ser encontrado em forma de íon sulfato (relevante na produtividade do ecossistema), íon sulfito, íon sulfeto, gás sulfídrico, dióxido de enxofre, ácido sulfúrico, enxofre molecular e associado a metais. As variações mais frequentes são o íon sulfato e o gás sulfídrico (Guedes, 2016);

L) **Demanda Bioquímica de Oxigênio** (DBO) - é importante para avaliar quanto de oxigênio dissolvido vai ser consumido pelos organismos aeróbios no momento da degradação da matéria orgânica biodegradável. Por meio da demanda bioquímica de oxigênio pode-se fazer a avaliação de um efeito importante da poluição sem precisar entrar no mérito do processo analítico, considerado mais complexo (Esteves, 1998);

M) **Óleos e Graxas** - são substâncias que o solvente utilizado é capaz de extrair de uma amostra ácida, que não sofre volatilização durante o processo de evaporação do solvente. Quando há presença de óleos e graxas em ambiente aquático significa que existe a dificuldade de oxigenação dessas águas (Esteves, 1998);

N) **Ferro** - encontrado em todos os corpos d'água, mesmo em concentrações limitadas, e ainda pode estar na forma oxidada e/ou reduzida, dependendo especificamente dos fatores físico-químicos envolvidos no processo, tais como o pH, a temperatura e o potencial redox (Esteves, 1998);

O) **Coliformes Totais** - identifica o potencial de contaminação da água por patógenos de origem fecal. Essa análise verificará de maneira empírica a concentração de coliformes fecais em uma determinada quantidade de água. A presença de bactérias do coliforme não são essencialmente patogênicas, mas são

encontrados nos intestinos dos animais. Por isso, ao avaliar os coliformes totais presentes na água é possível detectar se há fezes na mesma em concentrações diluídas, quase não detectáveis através de métodos químicos correntes. As bactérias patogênicas transportadas pela água são essencialmente associadas às fezes, constituindo, portanto, presença potencial de patógenos, percebida pelos coliformes. Assim, a análise de tal parâmetro ajuda na identificação das bactérias patogênicas sem precisar necessariamente do estudo analítico para identificar os patógenos (Esteves, 1998);

P) **Odor** - é um atributo mais estético sendo prejudicial ao consumo da água para abastecimento público ou para recreação. A decomposição de matéria orgânica e demais ações biológicas e poluentes é que fazem a água ter odor. Não é fácil detectar o odor ou mensurá-lo, sua identificação é baseada preferencialmente na sensibilidade do olfato humano (Esteves, 1998);

Q) **Cloretos** - promovem o transporte de outros íons para os meios intra e extracelulares e auxiliam na troca desses. A análise do cloreto ajuda a identificar o potencial de uso das águas, pois quando são encontrados em grandes concentrações a água é imprópria para a agricultura, por exemplo, e precisam ser adequadamente tratadas para uso na indústria, já que os cloretos em excesso podem danificar estruturas metálicas (Esteves, 1998);

R) **Nitrogênio** presente na água pode ser encontrado nas formas de nitrogênio amoniacal, nitritos e nitratos, estando diretamente relacionados aos processos de produção e decomposição e utilizados pelo fitoplâncton e demais vegetais aquáticos. O nitrogênio amoniacal quando se junta ao oxigênio é oxidado se tornando nitrito e este se torna nitrato. Os nitratos estimulam a produtividade aquática primária e os nitritos são considerados tóxicos para animais e vegetais aquáticos. Na água, o nitrogênio se origina por meio da decomposição orgânica de bactérias e de algas cianofíceas a partir do nitrito e nitroso, provenientes de reações estimuladas pelas tempestades na atmosfera. O nitrito está presente nos ambientes oxigenados e podem ser encontrados em baixas concentrações nesses locais. Quando há presença de poluição a concentração de nitrito pode aumentar significativamente (Esteves, 1998; Guedes, 2016);

S) **Sólidos Dissolvidos (SDS)** - podem ser classificados em sólido em suspensão e dissolvidos. Os são importantes componentes da água e incluem os colóides e os efetivamente dissolvidos. Sólido dissolvido é a partícula capaz de atravessar uma membrana filtrante de 1,2 µm. Os sólidos dissolvidos totais presentes nas águas naturais mostram as taxas de desgaste das rochas por intemperismo. Nas regiões mais chuvosas com presença de granito, o escoamento superficial se mostrará com baixos valores de sólidos dissolvidos totais. Se a água apresentar excesso de sólidos dissolvidos na água será notado alterações de sabor e problemas de corrosão (Esteves, 1998);

T) **Sulfetos** é forma como o enxofre pode ser encontrado no ambiente aquático. Eles podem ser usados como fonte de energia por bactérias sulfurosas durante a fotossíntese. Já os sulfatos e o gás sulfídrico, juntos, são considerados como sendo as principais formas de enxofre presentes na água. O íon sulfato é extremamente importante na produtividade do ecossistema, constituindo a principal fonte de enxofre para os produtores primários. A formação geológica da bacia de drenagem do sistema influencia diretamente na distribuição do íon sulfato (Esteves, 1998).

Em relação a composição biológica da água pode-se resumir que nela estão presentes uma variedade de organismos que encontram ali sua morada, tais como: bactérias, protozoários, vermes, rotíferos, celenterados, moluscos, crutáceos, aracnídeos e ainda uma variedade de insetos (Rocha, 1999).

As bactérias são importantes, pois tem o objetivo de suprir nutrientes aos produtores primários e elas ainda consomem uma parte relevante da produção fotossintética e contribuem na alimentação dos zooplânctons. Já os fungos são importantes decompositores de material vegetal de origem terrestre que caem na água. Contudo, apesar dos benefícios que esses componentes possam trazer a água *in natura*, eles têm um efeito não positivo se estiveram presentes na água de consumo humano. A transmissão de enfermidades é um problema que deve ser avaliado principalmente nas águas de abastecimento, sendo necessário então que a água passe por um tratamento adequado para ser disponibilizada para consumo (Esteves, 1998; Rocha, 1999; Brasil, 2006). A interface entre o ambiente de captação

de água para abastecimento público (rios e lagos), o seu tratamento e a sua relevância no processo de ocupação do espaço e urbanização é inquestionável, respeitando-se as dimensões continentais do Brasil e as dificuldades inerentes de gestão pública desses recursos.

3.2. Relevância e Cuidados com o Flúor

O flúor é encontrado naturalmente no solo, na água e nos alimentos. Também é produzido sinteticamente para uso em água potável, pasta de dente, enxaguatórios bucais e vários produtos químicos. As empresas de abastecimento público adicionam flúor ao processo de abastecimento de água municipal, pois estudos mostraram que adicioná-lo em áreas onde os níveis de flúor na água são baixos pode reduzir a prevalência de cárie dentária na população local. A cárie dentária é um dos problemas de saúde mais comuns que afetam as crianças. Muitas pessoas em todo o mundo não podem arcar com o custo das consultas odontológicas regulares, portanto a adição de flúor pode oferecer economia e benefícios para aqueles que precisam deles (Nordqvist, 2018).

No entanto, surgiram preocupações sobre o efeito do flúor na saúde, incluindo problemas com ossos (fluorose), dentes, tireóide, cardiovasculares, e desenvolvimento neurológico e reprodutivo (Nordqvist, 2018). Entretanto, ainda na balança de benefícios / prejuízos, a opinião das autoridades de saúde é pela manutenção da flouretação das águas de abastecimento público.

3.3. Bacias Hidrográficas do Brasil

O Brasil é um dos países com maior extensão de redes fluviais do mundo, além de ser uma das mais diversificadas também. O país apresenta 12 regiões hidrográficas compostas pela Bacia Amazônica, Bacia Tocantins Araguaia, Bacia do Paraguai, Bacia Atlântico Nordeste Ocidental, Bacia Atlântico Nordeste Oriental, Bacia do Paraná, Bacia do Parnaíba, Bacia do São Francisco, Bacia do Atlântico Leste, Bacia do Atlântico Sudeste, Bacia do Atlântico Sul e Bacia do Uruguai (Figura 1). A rede hidrográfica é reconhecida como um conjunto de rios compostos pelo rio principal, seus afluentes e subafluentes (Brasil, 2009).



Figura 1. Principais Bacias Hidrográficas do Brasil. Fonte: Brasil, 2009.

Alguns dos principais rios brasileiros também têm suas nascentes na Cordilheira dos Andes (nascente dos formadores do rio Amazonas), Planalto das Guianas (rios da margem esquerda da bacia Amazônica) e Planalto Central Brasileiro, com os rios das mais relevantes bacias brasileiras: Bacia Amazônica (rios da margem direita), Bacia do Paraguai, Bacia do Paraná e Bacia do São Francisco (Fernandes, 2002).

A Bacia Amazônica abrange mais da metade da extensão territorial do Brasil. Essa Bacia apresenta uma enorme disponibilidade hídrica devido ao Amazonas drenar uma grande área no país que recebe anualmente uma pluviosidade entre 2000 e 3000 mm, em grande parte da sua superfície. A bacia Amazônica está localizada entre os planaltos das Guianas (ao norte) e o Planalto Central brasileiro (ao sul), e engloba uma área de 7.008.370 milhões de km², além de drenar um total de sete países contando o Brasil (Brasil, 2006).

A Bacia do Tocantins-Araguaia possui uma área de 967.059 km², aproximadamente, ou 11% do território nacional, englobando cinco estados (Mato Grosso, Goiás, Tocantins, Pará e Maranhão) e o Distrito Federal. Os rios Tocantins, Araguaia e rio das Mortes são os principais afluentes. Os rios que compõem sua bacia saem do Planalto Central no sentido Sul-Norte e desaguam no Oceano Atlântico, e pelo caminho eles atravessam regiões de relevo e vegetação bastante variáveis (Brasil, 2009).

A Bacia do São Francisco apresenta uma área de 636.920 km², sendo considerada uma bacia de extrema importância para o país. O rio São Francisco tem nascente na Serra da Canastra (Minas Gerais) desaguando por fim no Oceano Atlântico. Em seu alto curso ele percorre o sentido geral sul-norte e em seu baixo curso percorre o sentido leste-oeste, fazendo a união entre o nordeste e o Sudeste. Ela abrange ainda vários fragmentos do bioma brasileiro, entre eles o Cerrado, a Caatinga e a Mata Atlântica, sendo que metade do Cerrado é encoberta pela bacia (Castro; Pereira, 2017).

A Bacia do Paraná está localizada na parte central do planalto meridional brasileiro sendo, portanto, basicamente planáltica. O rio Paraná é caracterizado pela fusão dos rios Grande e Paranaíba. Ele divide os estados de São Paulo e Mato Grosso do Sul, Paraná e Mato Grosso do Sul, e ainda faz papel de fronteira entre Brasil, Argentina e Paraguai. É na bacia do rio Paraná que está localizada grande parte da população nacional e da produção econômica do país (Brasil, 2009).

A Bacia do Paraguai é caracterizada pela presença do Pantanal, tendo sua nascente na Serra dos Parecis no Mato Grosso. Da nascente até a foz o rio Paraguai banha de maneira exclusiva as margens do Brasil em uma extensão de

aproximadamente 1.300km. Já a bacia do rio Uruguai nasce através da união dos rios Pelotas e Peixes e divide os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina tem um trecho planáltico e outro de planície. Seu rio principal, o Uruguai, nasce na Serra do Mar, no Brasil, servindo de limite entre o Rio Grande do Sul e Santa Catarina, e tem cerca de 2.200 km de extensão. Ele também serve de fronteira entre Brasil e Argentina e Uruguai e Argentina (ANA, 2015).

Por fim têm-se as Bacias Litorâneas formadas pelas bacias: Atlântico Norte, Nordeste, Leste e Sudeste. Tais bacias são consideradas “um conjunto de pequenas bacias da costa brasileira” (Brasil, 2009).

3.4. Bacias Hidrográficas do Centro-Oeste

No Brasil, a segunda maior extensão territorial é a região Centro-Oeste, contudo é ainda a região menos populosa. Ela é constituída pelos Estados de Goiás (GO), Mato Grosso (MT), Mato Grosso do Sul (MS) e o Distrito Federal (DF). A região não apresenta grandes altitudes e seu relevo está dividido em: planalto central, planalto meridional e planície do pantanal. O clima é predominante tropical semiúmido e conta com duas estações bem definidas, o inverno seco e o verão, com muita chuva e extremamente quente. As temperaturas podem variar bastante chegando a cerca de 40°C na época de verão e atingindo os 15°C nos meses de inverno (EMBRAPA, 2019).

Na região Centro-Oeste encontra-se o Pantanal, considerado como a maior planície alagada do mundo. Assim, em relação aos recursos hídricos, a região apresenta-se em uma situação de muita riqueza, já que é drenada por vários rios através dos quais se formam as três grandes bacias hidrográficas do Centro-Oeste: a Amazônica, a do Tocantins-Araguaia e a Platina (EMBRAPA, 2019).

3.5. Bacias Hidrográficas de Goiás

O Estado de Goiás é banhado por quatro Bacias Hidrográficas em seu território, a bacia do rio Tocantins, a bacia do rio Araguaia, Bacia do rio São Francisco e Bacia do rio Paranaíba (Figura 2).

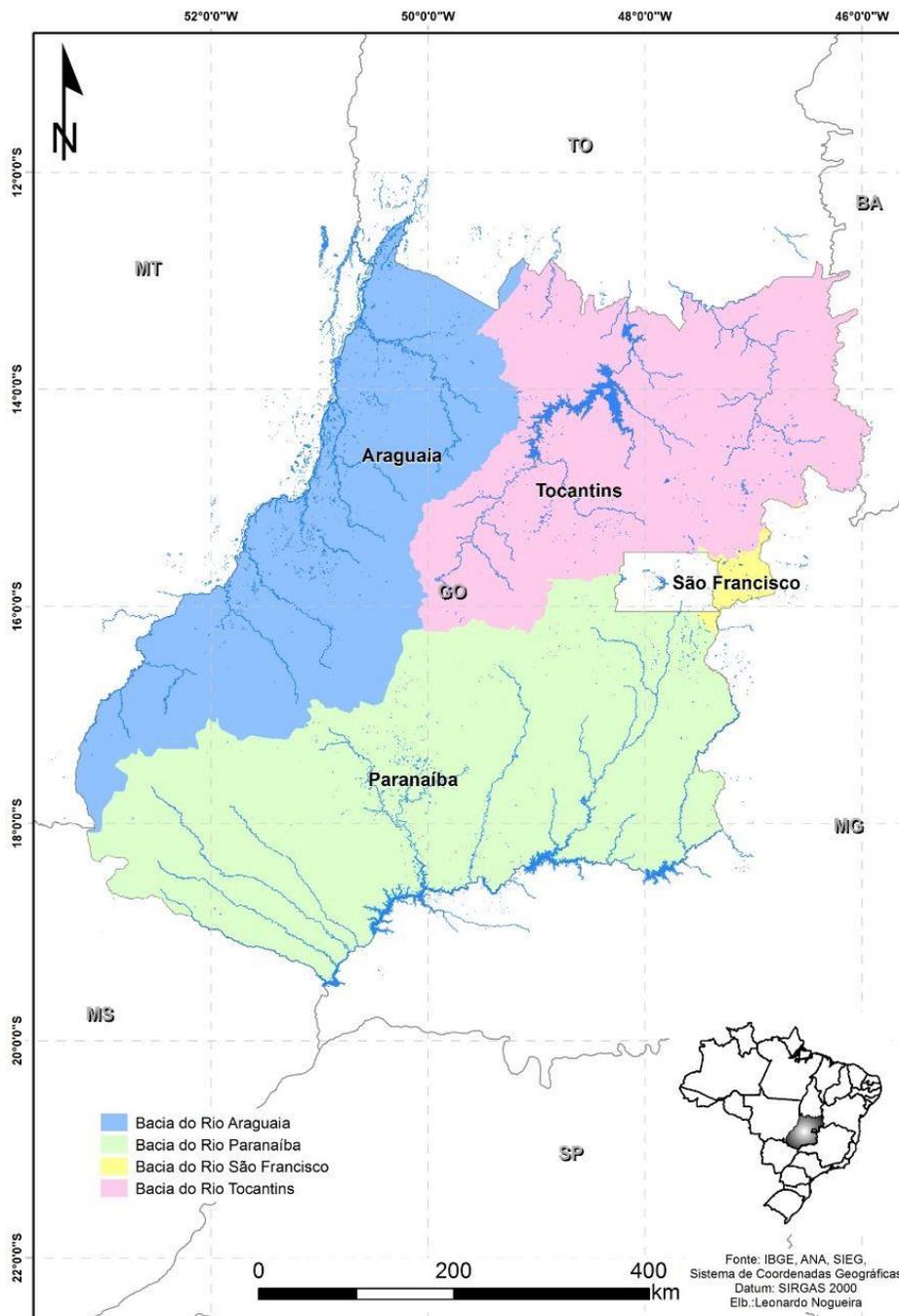


Figura 2. Bacias hidrográficas que banham o Estado de Goiás. Fonte: MPGO, 2017.

A bacia do rio Tocantins apresenta um índice de vazão média anual de aproximadamente $10.900 \text{ m}^3/\text{s}$, com volume médio anual de 344 Km^3 e uma área de drenagem de 767.000 Km^2 , o que caracteriza 7,5% do território nacional. A bacia do Tocantins é formada pelos rios Tocantinzinho, rio da Prata, rio do Peixe, rio São Mateus, entre outros. As nascentes do rio Tocantins se encontram no nordeste do

Estado de Goiás, cercados por uma área de relevo com características marcantes de dissecamento, fator esse que gera quedas e desníveis, favorecendo assim o grande potencial energético desses rios (ANA, 2009^a).

O rio Araguaia por sua vez está localizado no oeste do estado e compreende 25% de todo o estado de Goiás. Sua nascente localiza-se na Serra do Caiapó, no extremo sudoeste goiano. A bacia do rio Araguaia é caracterizada pela presença de três unidades geológicas constituídas por rochas pré-cambrianas, rochas paleozoicas e mesozoicas (Vespucci et al., 2016).

A principal sub-bacia do Alto Araguaia é a do rio Caiapó e no Médio Araguaia é a bacia do rio Claro, rio Vermelho, rio Peixe e rio Crixás-Açú. A partir do século XIX houve uma intensa ocupação e conseqüentemente uso da bacia do Araguaia houve devido ao crescimento populacional da região (Bayer, 2010). A partir daí as fronteiras com o rio continuaram a se expandir intensificando também as atividades agropecuárias, o que fez com que provocasse o aumento constante do desmatamento da vegetação nativa, prejudicando a bacia do rio.

Em relação a bacia hidrográfica do rio Paranaíba é possível afirmar que essa possui uma área de 147.761 km² no estado de Goiás, sendo considerada a bacia hidrográfica mais povoada do estado, com cerca de 3,5 milhões de habitantes, distribuída nos seus 136 municípios sendo que aproximadamente 75% da população do estado de Goiás é residente dessa região (Vespucci et al, 2016).

O rio Paranaíba tem sua nascente localizada na Serra da Mata da Corda, na cidade de Rio Paranaíba/MG, com altitude de aproximadamente 1.100m. Percorrendo quase 100 km ele chega ao perímetro urbano de Patos de Minas/MG e depois de mais 150 km ele se torna limite entre os Estados de Goiás e Minas Gerais, mais especificamente entre os municípios de Coromandel e Guarda-Mor em Minas Gerais e Catalão em Goiás, continuando como divisor entre os Estado até o município de Paranaíba/MS, onde passa a dividir os Estados de Minas Gerais e Mato Grosso do Sul. Quando se conflua com o rio Grande os dois passam a formar o rio Paraná (CBH Paranaíba, 2013; Santos & Ferreira, 2017).

O rio Paranaíba recebe posteriormente o rio São Marcos, sendo considerado um dos seus principais afluentes a margem direita, alcançando o reservatório da

usina hidrelétrica – UHE Emborcação. O rio Araguaia aparece a jusante pela margem esquerda e o rio Corumbá pela margem direita. “Estes dois cursos d’água desembocam em áreas de remanso do reservatório da UHE Itumbiara, que também está situada no rio Paranaíba” (CBH Paranaíba, 2013).

Os rios que compõem o Rio Paranaíba na porção presente no estado de Goiás são: rios São Marcos, Corumbá, Piracanjuba, Meia Ponte, Verde, Corrente, Claro, dos Bois, e Aporé (Vespucci et al., 2016).

A bacia hidrográfica do Rio Meia Ponte é um dos 36 afluentes da bacia do rio Paranaíba e tem enorme relevância devido sua localização no centro-sul do Estado de Goiás, na região central do Brasil e por abastecer Goiânia. Ela é considerada a mais importante do Estado de Goiás, pois corresponde a 3,6% do território com um total de 39 municípios e tem entre seus principais afluentes o Ribeirão João Leite (MPGO, 2017). Essa bacia é portante de grande importância por ser o foco desse estudo.

3.6. Sistemas de Abastecimento de Água

A água para consumo humano é uma questão amplamente estudada e recebe olhares relevantes das entidades nacionais, sendo tratada como questão de saúde pública. Devido aos enormes problemas relacionados ao abastecimento inadequado de água e as situações geradas a partir desse, foram criados mecanismos e ferramentas indispensáveis para garantir água de consumo humano de ótima qualidade sem por em causa a saúde pública. Com o crescimento das exigências concernentes ao nível da qualidade da água, as entidades reguladoras (ER) pressionam as entidades gestoras (EG) que realizam o abastecimento às populações a otimizarem a gestão deste recurso, garantir o cumprimento das exigências legais e satisfazer adequadamente os consumidores (Martins, 2014).

Para Korir (2012) os sistemas de tratamento são criados a fim de retirar as contaminações microbiológicas e demais organismos que possam afetar a composição da água e fazer com que ela não seja adequadamente aceita. Os processos de desinfecção também se fazem presentes em praticamente todas as variações de sistemas de tratamento. Esse processo é importante para combater as bactérias que permanecem ali instaladas mesmo após as etapas anteriores de

tratamento e ainda garantem a manutenção do teor residual de desinfetante com o objetivo de eliminar qualquer bactéria que possa entrar na água na fase de armazenamento ou na distribuição.

Martins (2014) relata que um sistema de abastecimento e distribuição de água provém de uma série de etapas (Figura 3). Cada uma dessas etapas são construídas através de obras realizadas pela construção civil, por equipamentos elétricos e eletromecânicos, por acessórios, instrumentação e demais equipamentos de automação e controle sendo ainda que cada uma dessas etapas apresentam um determinado objetivo e/ou função.

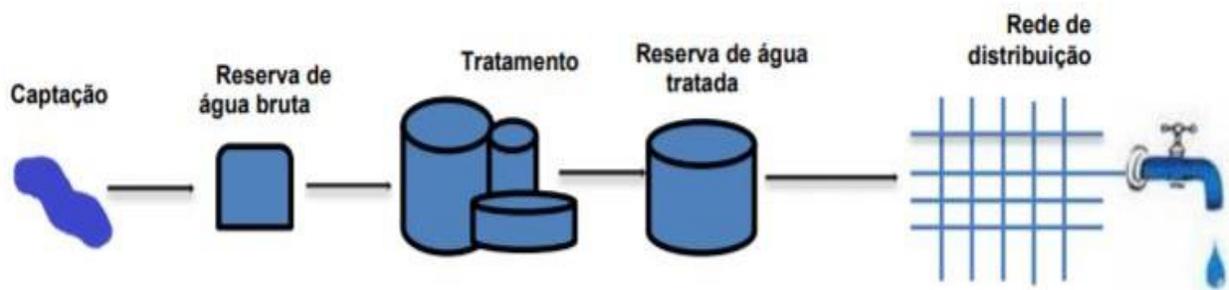


Figura 3. Etapas de um sistema de abastecimento e distribuição de água. Fonte: Martins (2014).

Mesmo que as etapas de um sistema de abastecimento possam ser consideradas eficientes, a falta de instrumentos de planejamento que ajudem na prevenção e preservação da saúde da população são problemas que afetam diretamente os programas governamentais, os quais não dispõem de tal tecnologia, o que acaba por prejudicar o saneamento no Brasil. Por essa razão, as entidades governamentais têm voltado suas ações na elaboração de planejamento adequado para suprir essa necessidade e implantar as possíveis medidas preventivas em um futuro próximo. Compreender que o adequado saneamento básico ofertado a população é um objeto de saúde pública vai muito além do simples discursos político-administrativos, sendo de extrema relevância para a sociedade e para as ações efetivas voltadas as intervenções que devem ser realizadas no setor (Florençato & Coelho, 2014).

3.6.1. Sistemas de Abastecimento de Água de Goiás

O Estado de Goiás é formado por 246 municípios, com uma população de cerca de 6,9 milhões de habitantes. Desse total de municípios, 20 deles estão situados na Região Metropolitana de Goiânia (RMG) e 19 compõem a Região Integrada de Desenvolvimento do Distrito Federal e Entorno (RIDE-DF). Todas essas 39 cidades mais a cidade de Anápolis compõem juntas aproximadamente 48% da população total do Estado (Atlas Brasil, 2010; IBGE, 2018).

O Estado de Goiás é privilegiado com importantes nascentes de sua região hidrográfica, como as do rio Paraná e rio Tocantins-Araguaia. Em seu território ainda circula a bacia do rio São Francisco. “Quanto aos mananciais subterrâneos, destacam-se os sistemas aquífero Bambuí, Serra Geral e Bauru-Caiuá, Domínio Poroso e o Fraturado Centro-sul, explorado por vários municípios” (Atlas Brasil, 2010).

De acordo com o Atlas Brasil (2010), 62% das suas cidades apresentam seu abastecimento realizado por meio de mananciais superficiais, e a RMG e RIDE-DF é que tem a maior dependência dessas fontes hídricas. Em cidades com 50 mil habitantes ou menos o sistema de abastecimento de água é vinculado basicamente à exploração de águas subterrâneas.

Ao todo, a Saneamento de Goiás S.A. (SANEAGO), empresa responsável pelo abastecimento público em Goiás, já opera em 225 municípios do estado, conseguindo atender 96% do abastecimento de água e 51,9% de esgoto (SANEAGO, 2016).

Em relação à análise de oferta/demanda de água, cerca de 54% dos municípios apresentam níveis abastecimento satisfatório quando relacionados ao atendimento das demandas futuras. Os demais municípios ainda apresentam problemas de abastecimentos futuros, o que mostra que esses necessitam de mais investimentos em ampliações ou adequações de seus sistemas de produção de água. Os dados apontados pelo Atlas Brasil (2010) mostram ainda que 24 municípios precisam iniciar a captação de água de outros mananciais além dos localizados em sua área de abastecimento, isso se dá pelo fato de que a maioria deles faz a captações de água em pequenos córregos, os quais ainda não dispõem de garantia hídrica.

3.6.2. Sistemas de Abastecimento de Água de Goiânia

Goiânia e a Região Metropolitana de Goiânia (RMG) são abastecidas pelos sistemas de abastecimento de águas do Rio Meia Ponte e do Ribeirão João Leite quase que exclusivamente, sendo que esse segundo está localizado em uma região que passa por uma grave degradação decorrente do acelerado processo de urbanização dos últimos anos, o que contribui para a contaminação das águas e alterações quali-quantitativas nas mesmas, ocasionadas pela presença de lixões/aterros sanitários dentro das microbacias dos mananciais. Fato é que no começo da década de 2000, a operação do Ribeirão João Leite e do rio Meia Ponte estavam em sua capacidade máxima de vazão, contudo, seus níveis encontravam-se no limite mínimo necessário (Cunha & Borges, 2015).

Na RMG a Saneago é a empresa que oferece os serviços de abastecimento de água e esgoto sanitário, contemplando praticamente todos os municípios exceto Senador Canedo que tem o serviço prestado pela própria prefeitura através da autarquia Saneamento Municipal de Senador Canedo (SMS) (Sacho & Hora, 2017).

Estudo de Sacho e Hora (2017) mostram que os serviços de água e esgoto ofertados os municípios da RMG são superiores à realidade verificada para o Estado de Goiás e também são maiores do que os serviços oferecidos no restante do país, com 90,52% da população da RMG abastecida com água tratada e 56,06% atendida com coleta de esgoto.

Os autores acima revelam ainda que a associação entre disponibilidade dos serviços de água e esgoto e o número de habitantes também merece destaque. Na RMG a população é de aproximadamente 1.393.575 milhões de habitantes, sendo que a população atendida pelo abastecimento de água é de 1.388.304 milhões de pessoas e o número de indivíduos atendidas com coleta de esgoto é de 1.107.603. Esses índices podem ser explicados pelo aporte financeiro às concessionárias locais (Sacho & Hora, 2017).

3.7. Tipos de Uso das Águas de Abastecimento Público

As águas de abastecimento público são destinadas de acordo com a Lei das Águas (Lei nº 9.433/1997) para o abastecimento humano e a dessedentação animal.

Esses destinos são reconhecidamente prioritários. A lei ainda retrata que esse tipo de abastecimento compreende o uso doméstico ou residencial sendo eles urbanos e rurais e o uso da água no comércio e demais serviços.

O abastecimento urbano é considerado o segundo maior uso de água no Brasil, e esse se concentra em todos os municípios ocasionando uma pressão cada vez maior nos sistemas produtores de água. Por essa razão é que crescem as linhas de pesquisa relacionadas a quantidade e qualidade da água de abastecimento público, considerando principalmente as últimas situações de crise de abastecimento enfrentadas pelas grandes cidades como de São Paulo, Rio de Janeiro, Belo Horizonte e pelo Distrito Federal. O debate sobre a segurança hídrica relacionada às áreas de concentração populacional abastecida por sistemas complexos tem sido evidenciado (ANA, 2019).

Em relação aos tipos de uso da água de abastecimento público, Gama (2009) descreve que o uso urbano do sistema de abastecimento público compreende o uso doméstico, comercial, público ou industrial da água. As empresas de saneamento são as responsáveis pela administração desses sistemas de abastecimento e tem como objetivo recolher o esgoto doméstico e os processos de tratamento deste efluente garantindo qualidade de consumo de água no abastecimento.

De outro lado, existe a demanda de abastecimento rural que também entra como tipo de uso de água de abastecimento público. Contudo, de acordo com uma pesquisa realizada pela Agência Nacional de Águas - ANA (2019), o abastecimento rural sofre uma queda nacional devido a retração da população no campo, mesmo que esse continue abastecendo cerca de 30 milhões de pessoas, as quais na maioria das vezes se encontram em locais de baixa disponibilidade hídrica.

A quantidade de água destinada ao consumo humano em Goiás é de apenas 7% nos centros urbanos e 5% no meio rural. Os outros 88% se destinam às indústrias, a mineração, a agricultura irrigada, ao abastecimento animal. Esses dados mostram que apenas 12% da água do Estado de Goiás abastece a população, ou seja, apenas essa porcentagem recebe algum tipo de tratamento para que seja adequada ao consumo humano (Figura 4).

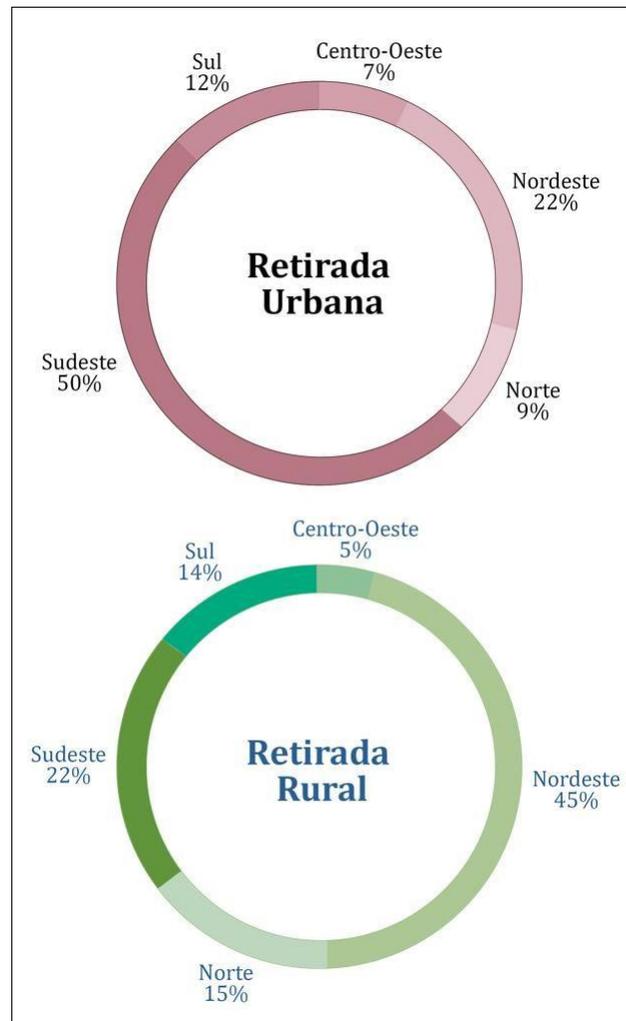


Figura 4. Abastecimento Urbano e Rural nas Regiões Geográficas. Fonte: Agência Nacional de Águas (ANA), 2019.

3.8. Condições Físico-Químicas da Água para Consumo Humano

Conforme comentado anteriormente, a água apresenta uma variedade de composições que vão além da sua simples fórmula química. Ela pode variar de acordo com o pH, temperatura, sólidos totais dissolvidos, presença de microrganismos, condutividade elétrica, turbidez, enfim, tudo depende da sua origem, da sua utilidade e de seu tratamento. No caso da água para consumo humano, as condições físico-químicas e biológicas da água precisam atender a certos padrões já pré-estabelecidos por órgãos competentes que dispõe através de normas e diretrizes quais os padrões a serem seguidos, como, por exemplo, a Portaria nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011, confirmada e atualizada pela Portaria de Consolidação nº5, de 28

de setembro de 2017 que estabelece entre outras medidas os procedimentos que devem ser utilizados para controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e determina seu padrão de potabilidade.

No artigo 27, a Portaria traz no anexo I os valores máximos permitidos (VPM) de agentes microbiológicos que podem ser encontrados na água para consumo humano. Os parâmetros estabelecidos de VPM para *Escherichia coli* (um indicador de contaminação fecal) são fixados em: Ausência em 100mL, ou seja, cada amostra realizada durante o mês precisa ter ausência de 100 mL da bactéria para que a água esteja apta a consumo. O mesmo ocorre com os coliformes totais, eles também precisam apresentar ausência de 100 mL em cada amostra realizada ao mês.

A Portaria traz ainda que caso um dos dados analisados apresente alteração em qualquer amostra mensal é preciso que as medidas cabíveis sejam tomadas a fim de assegurar a qualidade da água para consumo humano. Assim, conforme cita o artigo 30, é indispensável que sejam cumpridos os valores determinados pela Portaria. Durante o tratamento da água para consumo humano é preciso que a turbidez das águas subterrâneas juntamente com a filtração lenta apresente 1,0 uT de VMP em 95% das amostras realizadas mensalmente. Já a filtração rápida (tratamento completo ou filtração direta) precisa apresentar 0,5 uT em 95% das amostras mensais para que a água seja considerada apta para consumo humano.

Ainda na Portaria nº5 /2017 é determinado quanto ao controle do processo de desinfecção da água realizado através da cloração, cloraminação ou da aplicação de dióxido de cloro é preciso observar “os tempos de contato e os valores de concentrações residuais de desinfetante na saída do tanque de contato”. É indispensável observar a temperatura média mensal da água. Se o agente desinfetante utilizado for o ozônio, é preciso observar “o produto concentração e tempo de contato (CT) de 0,16 mg.min/L para temperatura média da água igual a 15° C”.

Quanto à fluoretação das águas destinadas ao consumo humano recomenda-se que seja observada a Portaria nº 635/GM/MS, de 30 de janeiro de 1976, não podendo ultrapassar o VMP (Valor máximo permitido) expresso de 1,5 ml/L a esta Portaria. Quanto ao pH a recomendação é que, no sistema de distribuição, o pH da água seja mantido na faixa de 6,0 a 9,5 e que o cloro residual livre atinja um valor

máximo em qualquer ponto do sistema de abastecimento de 2 mg/L.

Todas essas determinações devem ser seguidas pelas empresas responsáveis pelo tratamento da água de abastecimento público, garantindo assim a melhor potabilidade possível e dando segurança à população quanto ao consumo dessa água. As análises para verificação da potabilidade da água são realizadas em sua maioria várias vezes ao mês e quando encontradas quaisquer alterações fora dos padrões estabelecidos nessa Portaria, as empresas responsáveis devem proceder com os procedimentos necessários para reestabelecer os índices preconizados.

3.9. Tratamento de Água para Consumo Humano

A OMS destaca que a maioria das doenças epidêmicas dos países em desenvolvimento acontecem devido a má qualidade da água de abastecimento público. O fato é que a saúde dos indivíduos é bastante influenciada pela característica da água (Pires & Neto, 2018).

Por essa razão é que se faz indispensável o tratamento da água para consumo humano, sendo que os principais motivos podem ser enumerados como: “prevenir que microrganismos patogênicos causem doenças; controlar o sabor desagradável e o aparecimento de partículas; remover a cor excessiva da água e a turvação; extrair os químicos e minerais dissolvidos”. Além disso, também existem diversos princípios de purificação da água, como “a remoção de contaminantes heterogêneos da água, por sedimentação ou coagulação e sedimentação, filtração, e, flutuação” (Prado Filho, 2018). Nas ETAs é que se realizam todas essas etapas para que a água chegue à população de maneira adequada (Prado Filho, 2018). Os sistemas de tratamento de água para consumo humano convencionais são utilizados como modelo para construção da maioria dos sistemas no Brasil. Contudo, mesmo com a existência de um sistema modelo, a implantação dos sistemas de tratamento vai depender de outros fatores presentes em cada local, como, por exemplo, a qualidade da água na origem, volume e caudal de água que pretende tratar e demais variáveis relevantes. Os processos de tratamento ainda podem variar de acordo com a origem e qualidade da água. Geralmente as águas superficiais precisam de processos de tratamento considerados mais complicados do que as águas subterrâneas (Martins, 2014).

Na região metropolitana de Goiânia Os processos de tratamento da água seguem necessariamente as mesmas etapas, sendo elas: etapa de coagulação, na qual água bruta recebe uma quantidade de sulfato de alumínio; logo em seguida é a etapa de floculação, na qual ocorre a aglutinação das impurezas; segue-se a decantação na qual as impurezas são separadas pela gravidade e geralmente se aglomeram no fundo dos tanques; finalmente a água passa pela etapa de filtração a fim de retirar as impurezas que ainda restaram (SANEAGO, 2016; Pires & Neto, 2018).

Após as etapas específicas citadas acima a água passa pelo método de desinfecção, no qual é adicionado o cloro com o objetivo claro de retirar os organismos prejudiciais à saúde. Os principais cloros utilizados são o hipoclorito de sódio, cloro gasoso ou dióxido de cloro. Após a adição do cloro faz-se a fluoretação, adicionando fluossilicato de sódio ou ácido fluossilícico em níveis exigidos. É posteriormente feita a correção do pH adicionando-se cal hidratado ou barrilha leve (carbonato de sódio). A união de todas essas etapas garante a chegada de água de qualidade na torneira dos consumidores (Pires & Neto, 2018).

Como enfatizado, a fluoretação é realizada na ETA durante as etapas de tratamento para que a água possa ser utilizada pela população de maneira mais saudável. Assim é de extrema importância que as estações de tratamento de água procedam adequadamente com a fluoretação evitando casos de contaminação e demais problemas provenientes do excesso ou escassez de flúor.

3.10. A Relevância do Flúor na Saúde Humana

Sabe-se que um dos principais benefícios do flúor é a promoção da integridade óssea e dentária. O fato é que as últimas décadas do século XX foram marcadas pela redução dos índices de cárie dentária na população infantil em diversos países. Esse marco epidemiológico pode ser atribuído ao aumento do uso de fluoretos pela população (Frazão et al., 2011).

Cury e Tenuta (2008) acreditam que o uso preventivo do flúor ajuda na formação do esmalte dentário, fazendo com que esse se torne mais resistente ao ataque de cárie. A ação anticárie do fluoreto vai depender necessariamente da

presença dessa substância no meio ambiente bucal e isso se dá pelo uso constante e adequado do flúor, seja por meio sistêmico (água e sal de cozinha) ou por uso tópico (creme dental, enxaguatório, gel, verniz).

A adição de fluoreto por meio sistêmico através da água já é uma medida considerada de saúde pública e é amplamente empregada no mundo todo. Contudo, alguns países não contam com sistemas de tratamento e saneamento básicos e a única forma de uso do flúor é através do creme dental fluoretado. Por essa razão, é preciso avaliar bem a situação de cada local a fim de encontrar a melhor opção que ajude a assegurar o acesso a fluoretos como estratégia de saúde pública. Isso também dependerá da prevalência e distribuição da doença ocasionada pela falta do flúor, bem como pela mobilidade, nível educacional e econômico e pela aceitação da metodologia pela população (Frazão et al., 2011).

3.11. Fluoretação da Água

A adição de flúor em águas de abastecimento público como método de prevenção da cárie dentária já é considerada uma solução aceita, consolidada e que apresenta benefícios claros à população. A OMS criou no ano de 1975 um programa que estabelecia a necessidade de implantar o método de fluoretação da água de abastecimento de comunidades e tal programa foi apresentado na 25^o Assembleia Mundial de Saúde, enfatizando a importância do uso do flúor em concentrações prescritas e adequadas na água de consumo humano (Prado et al., 2014).

Apesar das vantagens comprovadas do uso de flúor é preciso ficar atento aos seus índices alterados, ou seja, o excesso de flúor, por exemplo, é citado pela Funasa (2012) como um fator de alta toxicidade aguda quando o indivíduo faz o consumo dessa dosagem exagerada de uma única vez, ou pode se tornar uma toxicidade crônica, resultante da ingestão superior ao limite adequado por longos períodos, o que prejudicaria diretamente a arcada dentária do consumidor. Entretanto, existem limites para o uso do flúor, com sérias consequências para o uso exacerbado no consumo humano (direto ou indireto) (Nordqvist, 2018).

Por causa desses efeitos tóxicos é que se podem descobrir as vantagens preventivas do uso de flúor procedentes da sua ingestão. Depois de constatada a

fluorose dentária é que se iniciaram estudos buscando sua solução e descobriu-se a necessidade de proceder com a fluoretação da água de abastecimento público em benefício da saúde bucal (Prado et al., 2014; Nordqvist, 2018).

Dados apontam que cerca de 40 países já têm implantados em seu território programas de fluoretação da água, alcançando diretamente mais de 200 milhões de pessoas no mundo (Anjos & Fernandes, 2015).

No Brasil, a recomendação da fluoretação foi feita primeiramente em 1952, por meio do X Congresso Brasileiro de Higiene. Um ano após, em 1953, iniciou-se então o tratamento adequado com acréscimo da fluoretação das águas de abastecimento público, sendo implantado nas regiões de Baixo Guandu no Espírito Santo, através do Serviço Especial de Saúde Pública, hoje Fundação Nacional de Saúde – FUNASA (Prado et al., 2014).

O processo de fluoretação das águas de abastecimento foi consolidado nas últimas duas décadas no Brasil. Contudo, mesmo sendo obrigatório até meados de 2010, centenas de municípios ainda não contavam com esse processo. Para Stancari, Dias Júnior e Freddi (2014) a fluoretação é considerada “a universalização do acesso à água tratada e ao flúor”. Quando o município não disponibiliza esse processo para a população ou o fornece de maneira inapropriada se torna um problema de saúde pública que prejudica principalmente as comunidades mais pobres.

Anjos e Fernandes (2015) relatam que a adição de flúor na água de abastecimento ajuda na redução de índices de cárie dentária em cerca de 40 a 60% da população que recebe esse benefício quando comparada com as comunidades que ainda não tem essa fonte de tratamento. Os índices podem ser ainda maiores, chegando a 60% de pessoas beneficiadas pelo consumo de água fluoretada em níveis ideais.

Para comprovar a eficiência da fluoretação as ETAs devem ser constantemente monitoradas a fim de verificar a qualidade da água que chega a casa do consumidor e se a adição de flúor está de acordo com os padrões determinados em legislações específicas. Os órgãos fiscalizadores são as vigilâncias sanitárias municipais que após realizarem a fiscalização adotam medidas para garantir a saúde

da população que usa a água de abastecimento (Stancari et al., 2014).

O método necessita de alguns cuidados específicos quanto à manutenção e monitoramento da quantidade ideal de flúor dentro da água de abastecimento público. Se o flúor é adicionado em baixas quantidades além da indicada não acontece à prevenção de cárie desejada, contudo, se o teor estiver maior do que o recomendado aumentam os riscos de surgimento da fluorose dentária, o que caracterizaria um sinal clínico de toxicidade por flúor (Garbin et al., 2017).

Os parâmetros ideais são destacados na Portaria 2.914, de 2011, emitida pelo Ministério da Saúde, a qual determina os índices aceitáveis e adequados para garantir a potabilidade das águas de abastecimento público, assegurando a qualidade para consumo humano. De acordo com a Portaria, o teor máximo estabelecido para o íon flúor é de 1,5 miligramas por litro de água (mgF/L) (Brasil, 2011).

Um estudo que avaliou a quantidade de fluoreto nas águas de abastecimento público nas capitais brasileiras mostrou que em grande parte delas os níveis de flúor nas águas foram mal monitorados. Assim, é indispensável que haja um maior compromisso dos governos e das ETAs para qualificar a fluoretação das águas em todo país. A Sociedade Britânica de Fluoretação classifica o Brasil como o país com uma das maiores coberturas de flúor na água, ficando atrás somente dos EUA, mas é preciso que além da boa classificação haja a boa administração do processo de fluoretação da água (Garbin et al, 2017).

3.12. O Flúor no Controle da Qualidade da Água

Considerada um problema de saúde pública que necessita de atenção, a cárie dentária é o principal problema de saúde bucal que afeta a população. As Entidades Governamentais a muito descobriram que a adição de fluoreto (F) na água de abastecimento público é capaz de ajudar no tratamento desse problema reduzindo as chances do aparecimento de cárie em até 65%. Essa intervenção é recomendada por diversas instituições de saúde e pela Organização Mundial da Saúde (OMS), além da Federação Dentária Internacional, a Associação Internacional de Pesquisa em Odontologia, a Organização Pan-Americana de Saúde e a American Dental Association, por exemplo. A fluoretação das águas de abastecimento público é a

metodologia que consegue atingir grande parte da população e é uma importante medida de saúde pública, sendo comprovadamente eficiente no combate a essa doença bucal (Uchida et al, 2018).

Contudo, é preciso que algum cuidado seja tomado a fim de que a população se beneficie com a fluoretação das águas de abastecimento. Um desses cuidados está ligado aos teores de flúor adicionados à água, pois esses precisam estar dentro dos níveis recomendados. É preciso que a água receba a quantidade ideal de flúor para que ajude no combate a cárie e para evitar a fluorose dental. É indispensável portanto que os níveis de flúor sejam controlados e que os indivíduos recebem a água fluoretada por tempo suficiente para que ocorram os efeitos desejados (Uchida et al, 2018).

Brito et al (2016) e Nordqvist (2018) relatam que o excesso e a falta de flúor podem acarretar problemas de saúde pública. Sabe-se que a quantidade excessiva de flúor pode ocasionar a chamada fluorose dentária, enquanto que sua ausência ou baixo índice por levar ao aparecimento de cárie dentária. Diversos estudos são publicados sobre as concentrações de flúor na água objetivando analisar seus benefícios, seus problemas e sua correta administração. Após a descoberta da importância de se adicionar fluoreto nas águas de abastecimento público como benefício na redução de cárie, os riscos de fluorose dental também são monitorados para promover a manutenção da concentração ideal na água.

A quantidade de ingestão diária de Flúor preconizada como ideal no controle, combate e prevenção a cárie e a fluorose é de 0,05 a 0,07mg de F/Kg massa corporal. Esses valores, contudo, ainda precisam ser mais estudados a fim de se determinar de maneira mais precisa essa dose (FUNASA, 2012).

De acordo com a FUNASA (2012) A concentração de íon de fluoreto preconizada em mg/L, para as águas de abastecimento público pode ser conseguida através seguinte equação:

$$C \text{ mg/L} = 22,2 / E$$

Onde:

$$E = 10,3 + 0,725 T$$

T = média de Temperatura máxima diárias observadas durante um período mínimo de 1 ano (recomendado 5 anos) em graus centígrados.

A Tabela 1 mostra a média das temperaturas máximas diárias do ar em °C e os limites preconizados para a concentração de íon fluoreto na água. Em regiões com altas temperaturas é necessário empregar menores concentrações de íons fluoretos, e o inverso ocorre nas regiões com baixas temperaturas, nas quais são adicionadas concentrações maiores dos íons. Tal situação ocorre em decorrência da maior ou menor ingestão de água respectivamente nos locais com temperaturas mais quentes e mais frias (FUNASA, 2012).

Tabela 1. Relação entre a média das temperaturas máximas diárias do ar e os limites recomendados para a concentração de íon fluoreto na água. Fonte: Funasa (2012).

Temperaturas médias diárias do ar (°C)	Limites recomendados do íon Fluoreto (mg/L)		
	Mínimo	Máximo	Otimo
10,0 – 12,1	0,9	1,7	1,2
12,2 – 14,6	0,8	1,5	1,1
14,7 – 17,7	0,8	1,3	1,0
17,8 – 21,4	0,7	1,2	0,9
21,5 – 26,3	0,7	1,0	0,8
26,4 – 32,5	0,6	0,8	0,6

Ainda de acordo com a Funasa (2012) o Valor Máximo Permitido – VMP de fluoreto é de 1,5 mg/L, evidenciado na Portaria MS nº2.914/2011, a qual traz as normas e padrões de potabilidade da água para consumo humano. O Guia de Controle da Qualidade da Água da Organização Pan-americana de Saúde – OPAS, edição de 1996 também recomenda o mesmo valor de fluoreto. Os compostos de Flúor comumente utilizados são: Fluoreto de Cálcio ou Fluorita (CaF_2); Fluossilicato de Sódio (Na_2SiF_6); Fluoreto de sódio (NaF); Ácido Fluossilícico (H_2SiF_6) (Tabela 2).

Tabela 2. Compostos recomendados pela Portaria nº 635 para a fluoretação da água para consumo humano. Fonte: Funasa, 2012.

Características	Fluoreto de Cálcio (Fluorita) CaF ₂	Fluossilicato de Sódio Na ₂ SiF ₆	Fluoreto do Sódio NaF	Ácido Fluossilícico H ₂ SiF ₆
Forma	Pó	Pó ou cristais finos	Pó ou cristal	Líquido
Peso Molecular	78,08	188,05	42,0	144,08
Pureza Comercial %	85 a 98	98 a 99	90 a 91	22 a 30
Solubilidade g/100g (25 °C)	0,0016	0,762	4,05	-
pH da solução saturada	6,7	3,5	7,6	1,2 (solução 1%)
Íon Fluoreto em % (100% puro)	48,8	60,7	42,25	79,2

Portanto é fato comprovado que o flúor adicionado às águas de abastecimento público é totalmente relevante para a saúde bucal da população. Assim, é indispensável que as empresas de tratamento de água façam a adição de flúor de acordo com os níveis de concentração recomendados pelas respectivas Leis e Portarias para garantir a ingestão adequada de água pela população (Brito et al, 2016).

As pontuações aqui inseridas são essenciais para compreender melhor o tema proposto e mostrar a importância do flúor nas águas de abastecimento público, além de ressaltar a relevância social para os indivíduos que tem acesso a esse tipo de tratamento, pois, como já citado, o inadequado uso do flúor pode se transformar em agravos à saúde tendo ainda significativa relevância no âmbito da saúde pública.

3.13. A Relevância Socioambiental da Água Fluoretada

Representando uma das maiores conquistas relacionadas a saúde pública, a fluoretação da água de abastecimento público é considerada tão importante quanto a vacinação, os programas relativos ao controle das doenças infecciosas e o planejamento familiar. Foi após a iniciação desse processo que houve declínio mundial significativo da cárie dentária (Lamas et al., 2015).

Como já mencionado anteriormente, a administração do fluoreto nas águas de consumo humano é realizada em grande parte do mundo. Contudo, a realidade de

alguns países não é bem essa, pois os indivíduos de determinados lugares só têm acesso ao flúor devido ao uso difundido de creme dental fluoretado, sendo essa metodologia a única estratégia para prevenir a cárie dentária. Em razão dessa realidade, o melhor método para garantir o acesso a fluoretos envolvendo questões estratégicas de saúde pública irá depender da prevalência e distribuição da doença, além da mobilidade, do nível educacional e econômico do local e da aceitação da população (Frazão et al., 2011).

No Brasil, apenas 40% da população é beneficiada pela fluoretação das águas de abastecimento, mesmo que essa medida seja considerada preventiva e que apresente o melhor custo-benefício para a saúde pública em relação à cárie dentária. As companhias de abastecimento se justificam relatando a falta de recursos financeiros para concretização da medida, principalmente pelo alto preço despendido com instalação do sistema e com o produto químico, apesar da maioria dos estudos publicados sobre os custos com fluoretação não sustentarem essa afirmação (Ferreira et al, 2013).

Além das companhias de abastecimento, os Estados e municípios contam com estratégias de vigilância da fluoretação através de instituições externas à sua operacionalização. Tais vigilâncias se atentam à qualidade do processo, proporcionam credibilidade das informações relativas a fluoretação das águas de consumo humano e se atentam a mostrar os resultados em longo prazo. É importante que métodos de vigilância sejam implantados com o objetivo de não se interromper o processo iniciado pelas companhias de abastecimento e que ajudem ainda na divulgação das necessidades referentes a fluoretação, permitindo a participação da população e auxiliando no controle social da medida (Lamas et al., 2015).

Estudos trazem que é importante o fortalecimento da vigilância do fluoreto no Programa Nacional de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (Vigiagua) por meio das secretarias municipais de saúde. No ano de 2005, somente nove das dezessete capitais com fluoretação de águas monitoravam o fluoreto seguindo o programa (Cesa et al., 2011).

A implantação de medidas que contribuam para realização da fluoretação da água de consumo humano é indispensável, pois caracteriza-se por ser uma

estratégia de política nacional que intervem sobre as desigualdades em saúde bucal, sendo necessário exercer medidas de planejamento e constante qualificação por parte dos setores de saúde e ambiental (Frazão et al., 2013).

Ainda existem várias cidades brasileiras que não são contempladas por uma política de vigilância sanitária para a fluoretação das águas. Pequenos municípios ainda não conseguem fornecer à sua população um sistema de abastecimento adequado e quando o tem sequer conseguem realizar o controle da adição de flúor nas águas de abastecimento público. Se conseguem ter acesso a fluoretação tal processo é feito de forma descontínua e, em sua grande maioria, sem seguir os parâmetros recomendados. A principal justificativa é falta de infraestrutura laboratorial e técnica para verificação periódica e até diária dos níveis de flúor preconizados (Ferreira et al., 2013).

Por ser considerada uma medida dependente da rede de distribuição de água e do tratamento adequado da água, a fluoretação fica totalmente dependente dessas demandas, e por isso apresenta baixa cobertura em municípios com menor índice populacional. Estudos apontam que os municípios de menor porte demográfico não recebem investimentos necessários, tem menos acesso à água tratada e de boa qualidade, e por consequência não tem acesso a água fluoretada. Esses municípios mostram, portanto, que ainda prevalece as condições de desigualdade social e de acesso inadequado aos níveis de saúde teoricamente recomendados (Alves et al., 2012).

Para Alves et al (2012) as comunidades que exibem condições socioeconômicas desfavoráveis e que, por consequência, são as que mais precisam de intervenções de saneamento básico, como o tratamento adequado de água, por exemplo, são praticamente excluídas do processo de fluoretação ou acabam por receber o benefício tardiamente. O fato é que ações e medidas de saúde chegam primeiro as populações consideradas mais desenvolvidas econômica e socialmente, e não o contrário. Essa característica denominada de injustiça social, deve ser vista como preocupante e precisa ser permanentemente observada pelos governantes e pelas empresas responsáveis pelo abastecimento público (Alves et al., 2012).

Quando a população tem acesso a água tratada, a empresa concessionária de

distribuição de água deve então se atentar ao controle do teor de flúor, em todas as suas operações de tratamento da água. É indispensável que sejam feitas análises periódicas, diárias, de amostras dessa água, com o objetivo de prevenir ou corrigir alterações nos teores de flúor. Além do comprometimento das empresas de abastecimento, a vigilância da fluoretação também deve ser feita por instituições públicas ou privadas através de ações de vigilância com base no heterocontrole. No Brasil, a vigilância em saúde está cada vez mais atenta as ações dessa magnitude, a fim de monitorar quem recebe o abastecimento da água fluoretada, se a quantidade é adequada e qual a importância da manutenção e/ou implantação de uma sistema de abastecimento com fluoretação para toda população (Ferreira et al., 2013).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Área de Estudo

O estudo compreendeu as áreas de influência de duas das três estações de tratamento de água do município de Goiânia, sendo elas: ETA Jaime Câmara por meio do sistema João Leite e a ETA Eng. Rodolfo José da Costa e Silva através do sistema Meia Ponte, ambas abastecendo a Região Metropolitana de Goiânia (Figura 5).

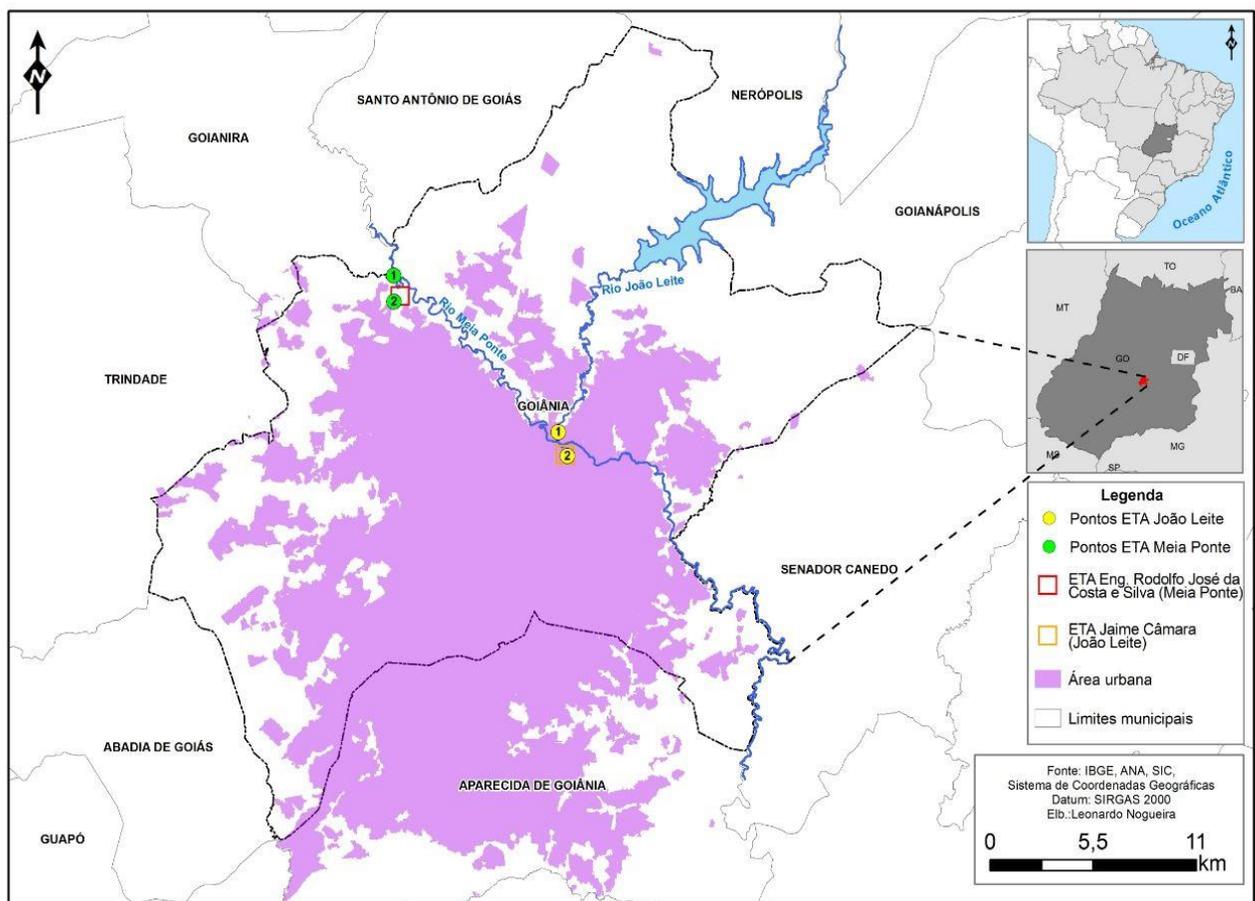


Figura 5. Indicação da área de estudo. Mapa: Leonardo Nogueira.

4.2. Análise Limnológica

A avaliação limnológica foi feita através da análise dos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos em cada um dos pontos amostrais definidos nas proximidades das ETAs João Leite e Meia Ponte. A coleta foi realizada em novembro de 2018 e maio de 2019, abrangendo as estações de chuva e seca.

4.2.1. Pontos Amostrais

A partir da localização geográfica das ETAs Jaime Câmara (João Leite) e Meia Ponte, foram definidos quatro pontos (dois para cada ETA), um a montante e outro a jusante de cada captação de água (Tabela 3; Figura 5).

Tabela 3. Pontos amostrais de coleta de água.

ETA	Ponto Amostral	Latitude	Longitude
João Leite	1	16°38'32.3"S	49°15'00.9"W
	2	16°39'12.2"S	49°14'45.1"W
Meia Ponte	3	16°34'53.8"S	49°19'44.9"W
	4	16°39'12.2"S	49°14'45.1"W

4.2.2. Coleta das Amostras

As amostras de água foram realizadas com uma garrafa coletora de polietileno, com capacidade para um litro, a qual foi submergida até 20 cm da superfície e transferidas para frascos de polietileno e acondicionadas em caixas de isopor com gelo. Parte das amostras foi filtrada, no mesmo dia da coleta, em membranas Whatman GF/C. As amostras foram preservadas para posterior determinação das formas dissolvidas e totais de nitrogênio e fósforo em laboratório (Figura 6), acondicionadas e preservadas conforme a Tabela 4, e transportadas até os laboratórios em Goiânia, para realização das análises.



Figura 6. Coleta (A) e armazenamento (B) das amostras nos pontos amostrais do Sistema João Leite e Meia Ponte. Fotos Peterson Ferreira (2018).

Em campo, foram obtidos os valores de temperatura do ar (termômetro), pH, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos (STD), oxigênio dissolvido (OD), saturação de oxigênio e temperatura da água (utilizando uma sonda YSI 556) (Figura 7). A turbidez foi obtida através de um turbidímetro digital Hach. Os parâmetros microbiológicos gerais se referem a detecção de coliformes totais e *E. coli*, definidos como bactérias que podem indicar poluentes de esgoto.



Figura 7. Coleta de dados limnológicos com o uso de uma sonda multiparamétrica. Foto Peterson Ferreira (2018).

4.2.3. Metodologia Laboratorial

Foram monitorados 23 parâmetros físico-químicos e dois biológicos que melhor caracterizam o ambiente de estudo em sua extensão, além do flúor, objeto do estudo (Tabela 4). Essa estratégia visou detectar outras variáveis que, porventura, possam afetar a qualidade da água de abastecimento. Os parâmetros físico-químicos seguem a metodologia indicada pela AWWA (2017) (Tabela 5).

Tabela 4. Métodos de acondicionamento, preservação e prazo para análise das amostras de água (AWWA, 2017; CETESB, 2011).

Parâmetro	Acondicionamento	Preservação	Prazo
Físico-Químicos			
Alcalinidade	Frasco de PVC	Temp. 4°C	14 dias
Cloretos	Frasco de PVC	Temp. 4°C	28 dias
CO ₂ livre	Frasco de PVC	Temp. 4°C	48 horas
CO ₂ total	Frasco de PVC	Temp. 4°C	48 horas
Condutividade	Medição <i>in situ</i>	-	Imediato
Cor	Frasco de PVC	Temp. 4°C	48 horas
Dureza	Frasco de PVC	Temp. 4°C	12 horas
Ferro solúvel	Frasco de vidro	Temp. 4°C+2ml Ácido Nítrico/L	6 meses
Fósforo total	Frasco de PVC	Temp. 4°C	48 horas
Flúor	Frasco de PVC	Temp. 4°C	48 horas
Nitrato	Frasco de PVC	Temp. 4°C	48 horas
Nitrito	Frasco de PVC	Temp. 4°C	48 horas
N-Amoniacal	Frasco de PVC	Temp. 4°C + 2ml H ₂ SO ₄ /L	28 dias
Odor	Medição <i>in situ</i>	-	Imediato
Óleos e Graxas	Frasco de vidro	Temp. 4°C + 6ml HCl/L	28 dias
OD	Medição <i>in situ</i>	-	Imediato
pH	Medição <i>in situ</i>	-	Imediato
STD	Medição <i>in situ</i>	-	Imediato
Sulfato	Frasco de PVC	Temp. 4°C	28 dias
Sulfeto	Frasco de PVC	Temp. 4°C	28 dias
Temperatura	Medição <i>in situ</i>	-	Imediato
Transparência	Medição <i>in situ</i>	-	Imediato
Turbidez	Frasco de PVC	Temp. 4°C	48 horas
Bacteriológicos			
Coliformes totais	Frasco de vidro	Temp. 4°C	48 horas
Coliformes <i>E.coli</i>	Frasco de vidro	Temp. 4°C	48 horas

Tabela 5. Métodos de análise dos parâmetros físico-químicos e biológicos segundo metodologia da AWWA (2017).

Parâmetro	Método	Standard Methods
Parâmetros Físico-Químicos		
Alcalinidade	Titulação com Ácido Sulfúrico	SM22 2320 B
Cloretos	Titulação com Nitrato de Mercúrio	SM22 4500 Cl
CO ₂	Titulação com Hidróxido de Sódio	SM22 4500 CO ₂ D
Cor	Colorimétrico Platina/Cobalto	SM22 2120 C
Condutividade	Potenciométrico	SM22 2510 A
DBO	Diferença entre OD inicial e final	SM22 5210 B
Dureza	Titulação com EDTA	SM22 2340 C
Ferro Solúvel	Espectrofotometria pelo método Ferro Ver	SM22 3500-Fe B
Fluoreto (F)	Colorimétrico SPADNS	SM22 4500-F ⁻ D
Fósforo Total		SM22 4500-PE
Nitrato	Espectrofotometria pelo método Redução de Cádmio	SM22 4500-NO ₃ ⁻ E
Nitrito	Espectrofotometria pelo método Diazotação	SM22 4500-NO ₂ ⁻ A
N – amoniacal	Espectrofotometria pelo método de Nessler	SM22 4500-NH ₃ F
Odor	Olfato	
Óleos e Graxas	Extração com Hexano	SM22 5520 D
OD	Potenciométrico	SM22 4500-O C
pH	Potenciométrico	SM22 4500-H ⁺ B
STD	Fotométrico	SM22 2540 C
Sulfato	Espectrofotometria pelo método do Sulfa Ver 4 Sulfato	SM22 4500-SO ₄ ²⁻ E
Sulfeto	Espectrofotometria pelo método do Azul de Metileno	SM22 4500- SO ₃ ²⁻
Temperatura	Termômetro	SM22 2550 B
Transparência	Disco de Secchi	
Turbidez	Nefelométrico	SM22 2130 B
Parâmetro Biológico		
Coliformes <i>E.coli</i>	Tubos múltiplos	SM22 9221 B
Coliformes totais	Tubos múltiplos	SM22 9221 B

Após a coleta as amostras foram encaminhadas para dois laboratórios (Aqualit e Life – Projetos Limnológicos Ltda) a fim de obter os resultados de ambos e compará-los para uma melhor análise dos dados.

4.3. Análise dos Resultados

Os resultados foram transformados em tabelas para melhor comparação, sendo desenvolvidas conforme a coleta das amostras e separadas conforme a ETA analisada, ou seja, os pontos amostrais e a data das coletas foram determinantes, sendo agrupados os resultados das amostras colhidas antes do tratamento (água bruta) e depois do tratamento (água tratada) das ETAs no mês de novembro de 2018 e posteriormente nova análise com seus respectivos resultados no mês de maio de 2019, tendo coletas separadas portanto em um período de 6 (seis) meses, além da coleta da água bruta e da água pós tratamento e adição de flúor também separadas por um período de 6 (seis) meses.

4.4. Padrão de Referência

O padrão de referência da qualidade das águas se encontra na Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005, posteriormente alterada pelas Resoluções CONAMA nº 393/2007, nº 397/2008, nº 410/2009 e por último pela Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011 que estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementando e alterando a Resolução nº 357/2005 a qual tratava sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento.

4.5. Uso de Sistema de Informações Geográficas (SIG)

A delimitação das áreas urbanas foi feita por meio da interpretação de imagens de satélite e utilizadas imagens do sensor Landsat obtidas nos anos de 1986 (comparação inicial) 2010, 2016 e 2018, por disponibilidade técnica. Para execução de tais tarefas foi utilizado o software ArcGIS 10.2 (ESRI, 2014).

4.6. Dados demográficos

Os dados demográficos e estatísticos gerais da área de abrangência foram obtidos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a partir de sua base de dados eletrônica (www.ibge.gov.br) e do Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS).

5. RESULTADOS

O Estado de Goiás possui uma divisão política de 246 municípios incorporados em 18 microrregiões: Anápolis, Anicuns, Aragarças, Catalão, Ceres, Chapada dos Veadeiros, Entorno de Brasília, Goiânia, Iporá, Meia Ponte, Pires do Rio, Porangatu, Quirinópolis, Rio Vermelho, São Miguel do Araguaia, Sudoeste de Goiás, Vale do Rio dos Bois e Vão do Paranã, com uma população atual estimada de 6.921.161 habitantes (IBGE, 2018).

Para uma avaliação da fluoretação da água de consumo humano é preciso entender toda a situação demográfica e urbana do Estado de Goiás e, em especial, da Região Metropolitana de Goiânia (RMG) (que corresponde à Microrregião de Goiânia).

5.1. Crescimento Populacional de Goiás

Limitados pela disponibilidade de dados demográficos, o melhor recorte disponível para uma avaliação populacional foi entre o censo de 2010 e a estimativa educada para 2018, com um período de 9 anos. Nesse período, a população de Goiás aumentou de 6.003,788 para 6.921.161 habitantes, um acréscimo de 13,4% ou 1,48%/ano (Tabela 6).

A concentração populacional está polarizada em sete das 18 microrregiões que, no Censo de 2010 e a estimativa de 2018 (IBGE, 2018), variaram entre 81% e 85% da população geral do Estado de Goiás, sendo: Goiânia (35%-36%), Entorno de Brasília (16%-17%), Anápolis (9% em ambas), Sudoeste de Goiás (7%-8%), Meia Ponte (6% em ambas), Porangatu (6%-5%) e Ceres (4% em ambas) (Figura 8).

Esse crescimento populacional evidente, e relevante, contrasta diretamente com a necessidade de constantes atualizações das infraestruturas urbanas de saneamento básico e tratamento de água para o consumo humano.

Tabela 6. Dados populacionais do Estado de Goiás no Censo de 2010 e na estimativa de 2018 (IBGE, 2018).

Microrregião	Área km²	População 2010	População 2018
Anápolis	8.345,50	540.220	610.089
Anicuns	5.483,54	104.261	109.752
Aragarças	11.047,80	55.451	57.505
Catalão	15.236,71	147.276	173.682
Ceres	13.161,32	231.239	249.632
Chapada dos Veadeiros	21.400,60	54.116	57.072
Entorno de Brasília	38.205,78	964.392	1.160.911
Goiânia	6.729,89	2.116.730	2.501.552
Iporá	7.068,66	59.747	57.812
Meia Ponte	21.165,33	361.323	405.207
Pires do Rio	9.506,12	94.822	100.721
Porangatu	35.191,19	334.574	362.122
Quirinópolis	16.056,24	110.809	126.788
Rio Vermelho	20.191,89	84.726	83.016
São Miguel do Araguaia	24.366,33	76.701	79.533
Sudoeste de Goiás	56.087,86	443.503	536.043
Vale do Rio dos Bois	13.581,08	118.760	132.206
Vão do Paranã	17.474,71	105.138	117.518
Total	340.300,55	6.003.788	6.921.161

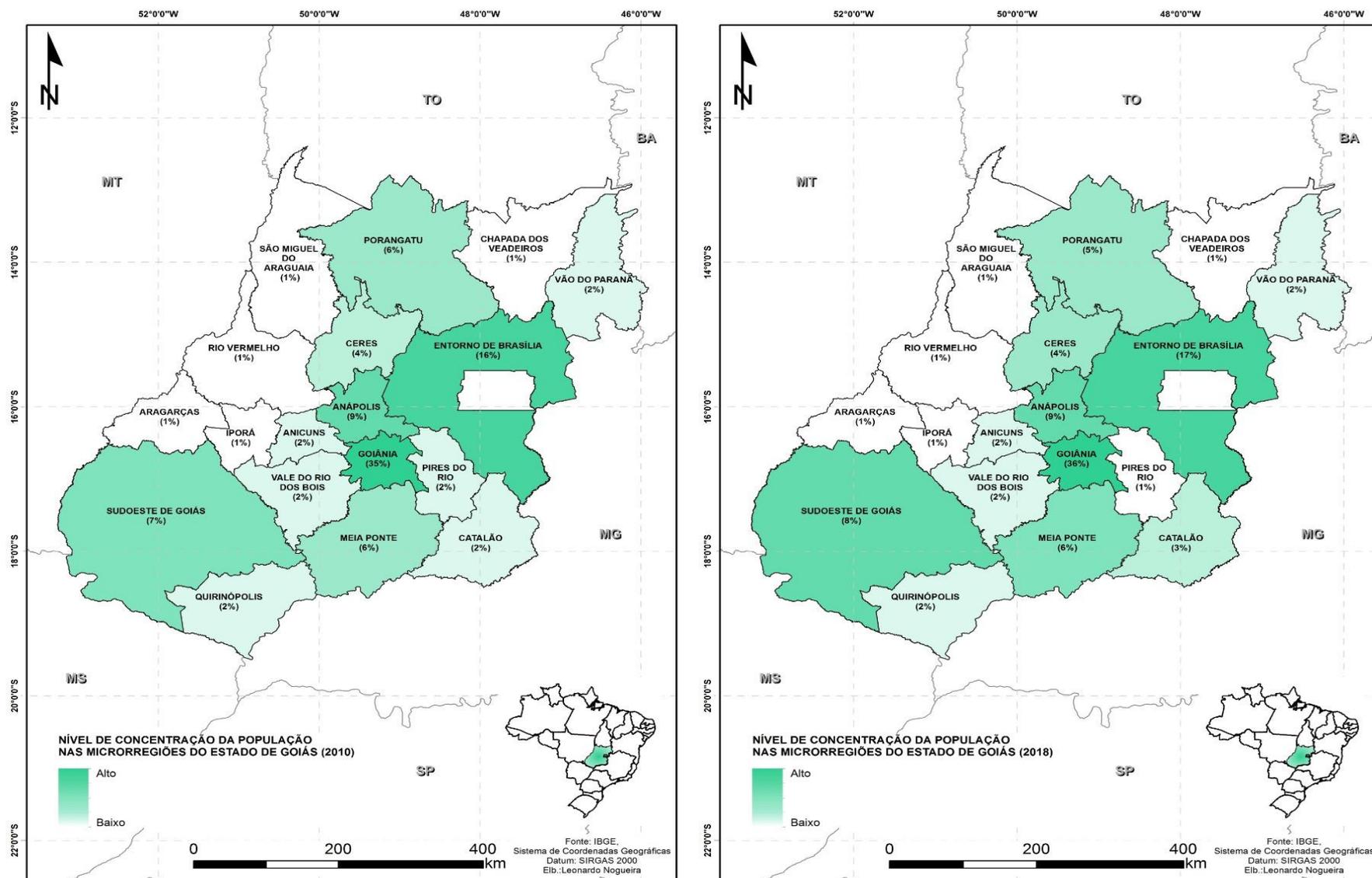


Figura 8. Concentração da população do Estado de Goiás por microrregião no Censo de 2010 e na estimativa populacional de 2018. Mapas: Leonardo Nogueira de Oliveira.

5.2. Expansão Urbana e Populacional da MR de Goiânia

A MR Goiânia é a que mais cresce demograficamente no Estado de Goiás (Tabela 6), coerente com a crescente expansão do aglomerado urbano ocupando 577,14 Km² em 2010 e 693.76 Km² em 2018, um acréscimo de 16% da área urbana (Tabela 7).

Tabela 7. Crescimento da área urbana dos municípios da MR de Goiânia.

Município	Área Urbana (Km ²)				
	2010	2011	2015	2016	2018
Abadia de Goiás	1,65	1,69	5,40	6,90	11,49
Aparecida de Goiânia	144,59	146,50	148,18	149,28	152,92
Aragoiânia	2,78	2,78	3,84	4,89	5,57
Bela Vista de Goiás	6,66	7,39	9,99	13,44	14,60
Bonfinópolis	1,99	1,99	2,37	2,75	2,87
Caldazinha	0,36	0,36	0,56	0,97	1,98
Goianópolis	2,26	2,31	2,63	2,79	2,97
Goiânia	315,39	317,53	338,11	345,10	349,34
Goianira	16,08	16,46	23,24	24,21	24,55
Guapó	4,47	4,47	4,79	4,79	5,88
Hidrolândia	9,36	9,36	12,98	14,24	16,47
Leopoldo de Bulhões	0,90	1,31	1,66	2,09	2,09
Nerópolis	7,17	7,47	8,21	8,21	8,42
Santo Antônio de Goiás	2,28	2,61	2,70	3,30	3,30
Senador Canedo	27,45	28,40	44,86	44,99	48,17
Terezópolis de Goiás	1,60	1,60	4,20	4,22	4,22
Trindade	32,14	32,14	36,31	36,61	38,93
Total	577,14	584,36	650,02	668,77	693,76

Nesse caso, destacam-se os municípios de Abadia de Goiás, Bela Vista de Goiás, Goiânia, Goianira, Hidrolândia e Senador Canedo. Excetuando-se Goiânia, é possível dizer que os demais municípios cresceram no sentido da capital, talvez em resposta ao acelerado processo de crescimento das áreas urbanas periféricas da capital. Esse processo é extremamente bem ilustrado nas figuras derivadas de imagens de satélite entre um ano inicial (1986) e os anos de 2010, 2016 e 2018 para comparação (Tabela 7 e Figuras 9 a 12).

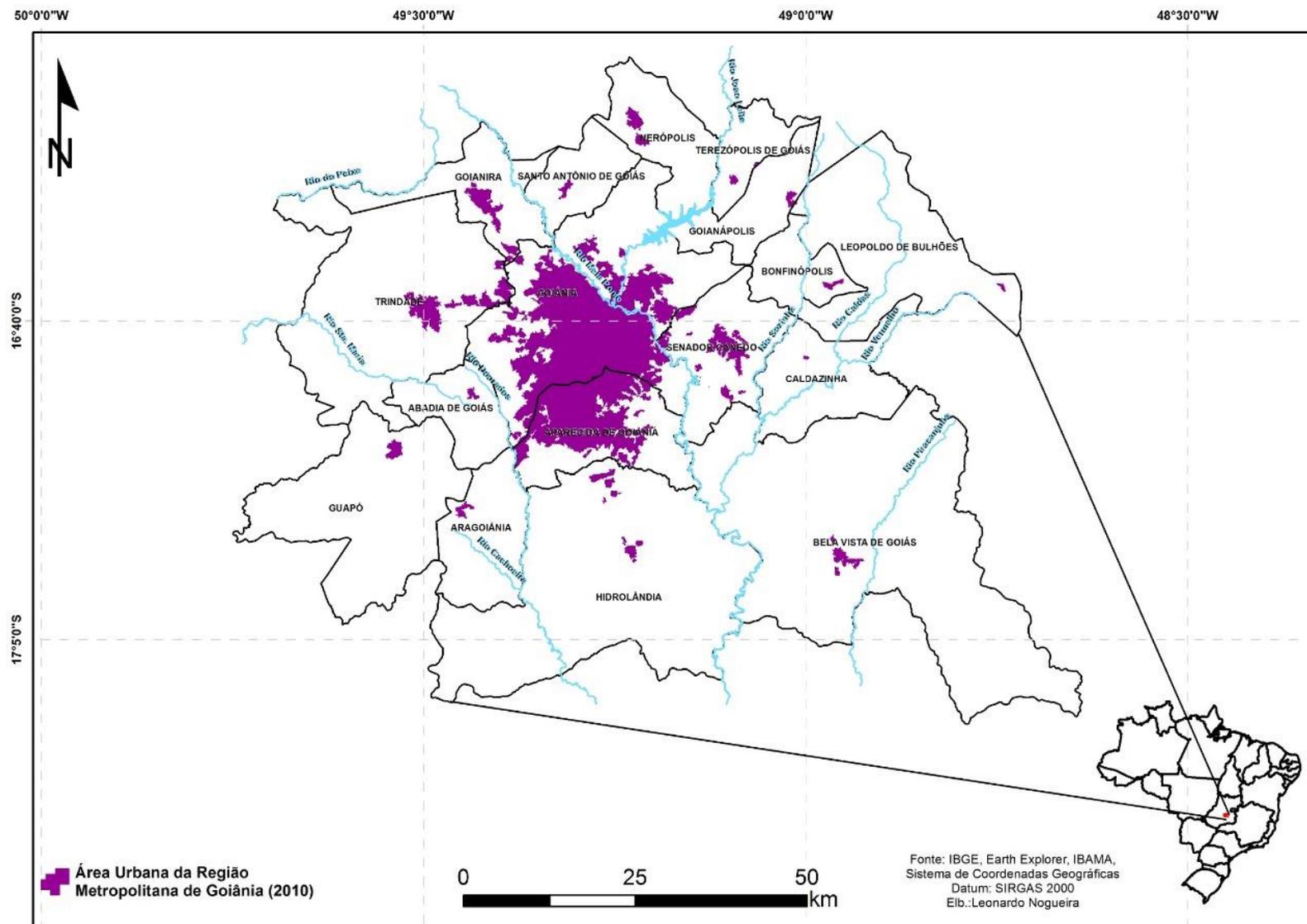


Figura 10. Microrregião de Goiânia com as áreas urbanas correspondentes em 2010. Note-se o reservatório do Ribeirão João Leite. Desenho: Leonardo Nogueira de Oliveira.

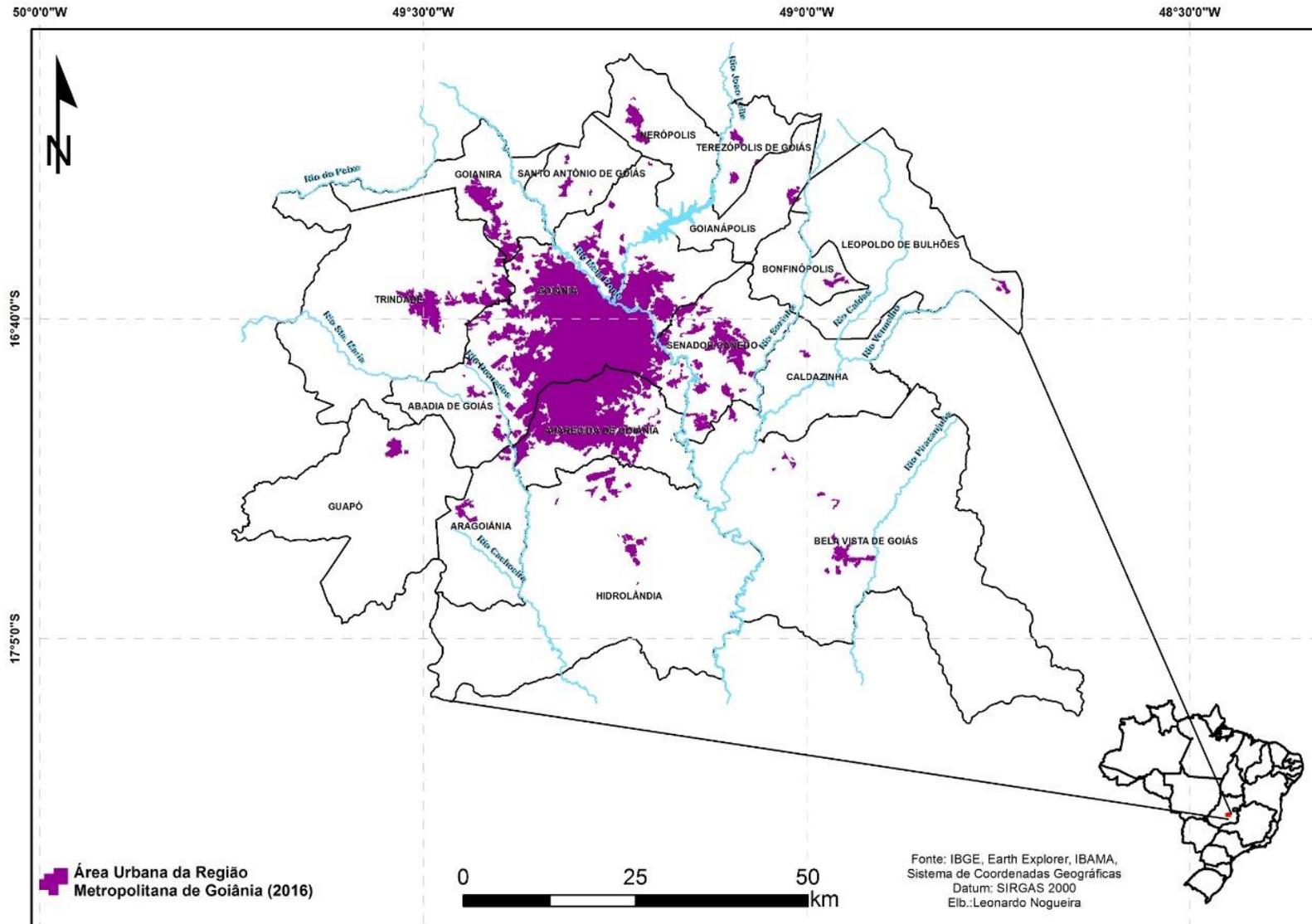


Figura 11. Microrregião de Goiânia com as áreas urbanas correspondentes em 2016. Desenho: Leonardo Nogueira de Oliveira.

5.3. Parâmetros Físico-Químicos e Biológicos

Os parâmetros físico-químicos e biológicos foram realizados para se ter um parâmetro inicial da qualidade da água geral, além de entender melhor sobre as condições gerais de potabilidade da água de consumo humano. De maneira geral, a análise físico-químicas e biológicas das amostras de águas apresentaram resultados completamente dentro dos parâmetros preconizados pela legislação vigente (Resolução CONAMA Nº 357/2005). Nesse caso, 17 parâmetros se enquadraram nesses resultados, excluindo transparência, temperatura e cor, que não foram tabulados por serem não relacionados com o objeto desse trabalho, mas os resultados também se demonstraram dentro da normalidade (Tabelas 8 e 9).

Durante a análise dos resultados foi observado que um parâmetro estava alterado, o parâmetro da substâncias denominada “óleos e graxas”. As análises das duas ETAs apresentaram resultados alterados no mesmo período (novembro de 2018) e, mesmo após a realização do tratamento das águas, essas substâncias não atingiram o nível preconizado pela Resolução CONAMA Nº 357/2005, o qual determina que a mesma deve aparecer como virtualmente ausente (V.A).

Contudo, na análise da coleta do mês de maio de 2019 houve alteração no parâmetro de óleos e graxas e a substância atingiu o parâmetro recomendado pela Resolução CONAMA Nº 357/2005, mostrando portanto que nas duas ETAs a situação foi solucionada. É necessário ainda observar questão sobre a substância óleos e graxas. Mesmo após o tratamento (novembro de 2018) a concentração da substância não diminuiu, pelo contrário, é possível observar que houve um aumento relativamente pequeno, passando de 3,4 mg/L para 3,5 mg/L (Tabelas 8 e 9).

O sulfeto foi o segundo parâmetro que apresentou-se alterado nas duas ETAs analisadas. Na ETA João Leite os parâmetros encontrados foram de 5,7mg/L na água bruta e 1,0mg/L na água tratada do mês de maio de 2019 e na ETA Meia Ponte, em novembro de 2018, os parâmetros apresentados foram de 0,004mg/L (água bruta) e em maio de 2019, 36,0mg/L em ambas as águas (bruta e tratada). A caracterização biótica de bactérias (Coliformes totais e *E. coli*) nas amostras de água se demonstraram dentro dos parâmetros da Resolução CONAMA Nº 357/2005 (Tabela 9).

Tabela 8. Comparação das amostras dos resultados analíticos da ETA João Leite antes e após o tratamento.

Amostra	Água bruta nov/18	Água tratada nov/18	Água bruta mai/19	Água tratada mai/19	Referência CONAMA 357
Alcalinidade total	50,0 mg/L	46,0 mg/L	22,3 mg/L	17,0 mg/L	-
Cloreto total	3,0 mg/L	6,0 mg/L	<1,5 mg/L	3,5 mg/L	250,0 mg/L
CO ₂ livre	6,31 mg/L	4,83 mg/L	4,46 mg/L	3,03 mg/L	-
CO ₂ total	50,31 mg/L	45,31 mg/L	24,08 mg/L	17,99 mg/L	-
Condutividade elétrica	122,60 µS/cm	133,40 µS/cm	114,30 µS/cm	120,10 µS/cm	-
Dureza total	50,0 mg/L	62,0 mg/L	4,57 mg/L	51,0 mg/L	-
Ferro dissolvido	0,14 mg/L	< 0,03 mg/L	0,16 mg/L	0,09 mg/L	0,3 mg/L
Fósforo total	< 0,003 mg/L	< 0,003 mg/L	< 0,003 mg/L	< 0,003 mg/L	0,05 mg/L
Nitrato	2,10 mg/L	1,00 mg/L	1,057 mg/L	1,75 mg/L	10,0 mg/L
Nitrito	0,004 mg/L	0,005 mg/L	0,085 mg/L	0,002 mg/L	1,0 mg/L
Nitrogênio amoniacal	0,25 mg/L	0,06 mg/L	0,54 mg/L	0,3 mg/L	3,7 mg/L
Óleos e graxas	3,4 mg/L	3,5 mg/L	V.A mg/L	V.A mg/L	V.A mg/L
Oxigênio dissolvido	5,7 mg/L	6,8 mg/L	7,3 mg/L	6,8 mg/L	NI a 5,0 mg/L
pH	7,2	7,28	7	7,05	6,0 a 9,0
Sólidos totais dissolvidos	61,50 mg/L	65,10 mg/L	62,50 mg/L	65,90 mg/L	500,0 mg/L
Sulfato	8,0 mg/L	10,0 mg/L	3,0 mg/L	6,0 mg/L	250,0 mg/L
Sulfeto	0,002 mg/L	0,001 mg/L	57,0 mg/L	1,0 mg/L	0,002 mg/L
Temperatura da água	31,2 °C	32,6 °C	-	-	-
Turbidez	31,70 NTU	2,05 NTU	37,80 NTU	0,75 NTU	100 NTU
Coliformes totais	> 16.000 NMP/100mL	1,4 x 10 NMP/100mL	> 16.000 NMP/100mL	> 16.000 NMP/100mL	-
<i>Escherichia coli</i>	1,7 x 10 NMP/100mL	1,7 x 10 NMP/100mL	200 NMP/100mL	94 NMP/100mL	1000 NMP/100mL

Tabela 9. Comparação das amostras dos resultados analíticos da ETA Meia Ponte antes e após o tratamento.

Amostra	Água bruta nov/18	Água tratada nov/18	Água bruta mai/19	Água tratada mai/19	Referência CONAMA 357
Alcalinidade total	55,0 mg/L	34,0 mg/L	17,9 mg/L	13,7 mg/L	-
Cloreto total	3,0 mg/L	8,0 mg/L	5,5 mg/L	7,5 mg/L	250,0 mg/L
CO ₂ livre	3,90 mg/L	13,57 mg/L	2,48 mg/L	1,98 mg/L	-
CO ₂ total	52,30 mg/L	43,49 mg/L	18,23 mg/L	14,04 mg/L	-
Condutividade elétrica	138,80 µS/cm	158,10 µS/cm	132,40 µS/cm	134,90 µS/cm	-
Dureza total	58,0 mg/L	52,0 mg/L	50,0 mg/L	43,3 mg/L	-
Ferro dissolvido	0,59 mg/L	0,03 mg/L	1,46 mg/L	0,29 mg/L	0,3 mg/L
Fósforo total	< 0,003 mg/L	< 0,003 mg/L	0,010 mg/L	0,017 mg/L	0,05 mg/L
Nitrato	0,90 mg/L	0,70 mg/L	1,0 mg/L	0,60 mg/L	10,0 mg/L
Nitrito	< 0,003 mg/L	0,003 mg/L	0,017 mg/L	0,003 mg/L	1,0 mg/L
Nitrogênio amoniacal	0,62 mg/L	0,09 mg/L	0,57 mg/L	0,19 mg/L	3,7 mg/L
Óleos e graxas	5,0 mg/L	4,3 mg/L	V.A mg/L	V.A mg/L	V.A mg/L
Oxigênio dissolvido	6,8 mg/L	7,5 mg/L	8,5 mg/L	5,0 mg/L	NI a 5,0 mg/L
pH	7,45	6,7	7,16	7,14	6,0 a 9,0
STD	70,00 mg/L	79,20 mg/L	72,50 mg/L	74,40 mg/L	500,0 mg/L
Sulfato	5,0 mg/L	29,0 mg/L	7,0 mg/L	7,0 mg/L	250,0 mg/L
Sulfeto	0,004 mg/L	0,002 mg/L	36,0 mg/L	36,0 mg/L	0,002 mg/L
Temperatura da água	25,0 °C	25,0 °C	-	-	-
Turbidez	16,40 NTU	0,41 NTU	27,50 NTU	0,37 NTU	100 NTU
Coliformes totais	> 16.000 NMP/100mL	2,8 x 10 NMP/100mL	> 16.000 NMP/100mL	110 NMP/100mL	-
<i>Escherichia coli</i>	2,4 x 10 NMP/100mL	1,7 x 10 NMP/100mL	170 NMP/100mL	74 NMP/100mL	1000 NMP/100mL

5.4. Captação, Tratamento e Fluoretação da Água em Goiás

O Estado de Goiás conta com um sistema de captação e monitoramento da qualidade da água com 86 estações distribuídas em 16 MRs a saber: Anápolis – 2, Aragarças – 5, Catalão – 3, Chapada dos Veadeiros – 4, Entorno de Brasília – 21, Goiânia – 5, Iporá – 1, Meia Ponte – 6, Pires do Rio – 3, Porangatu – 1, Quirinópolis – 3, Rio Vermelho – 8, São Miguel do Araguaia – 4, Sudoeste de Goiás – 12, Vão do Paranã – 3 e Vale do Rio dos Bois – 5.

De acordo com dados disponibilizados pela SANEAGO no ano de 2019, o Estado de Goiás conta com 213 sistemas de fluoretação implantados. Os sistemas mais antigos foram implantados em 1985 e o mais recente em 2017, em Goiânia, na ETA Mauro Borges. Assim, esses sistemas atendem 193 (78,4%) dos 246 municípios do Estado de Goiás, com 53 municípios sem esse serviço. Dependendo do município (área) e a sua população, vários sistemas foram implantados (Ex: Aparecida de Goiânia, Goiânia e Entorno de Brasília) (Figura 13).

Em geral, o município de Goiânia conta com os processos de captação, tratamento e fluoretação da água de consumo humano, dentro das áreas urbanas e com ligação ao sistema de saneamento. Entretanto, existe uma grande preocupação com o crescimento acelerado da MR de Goiânia onde, com certeza, na periferia esses serviços não chegam rapidamente, compatível com esse ritmo acelerado de expansão urbana (Cunha; Borges, 2015).

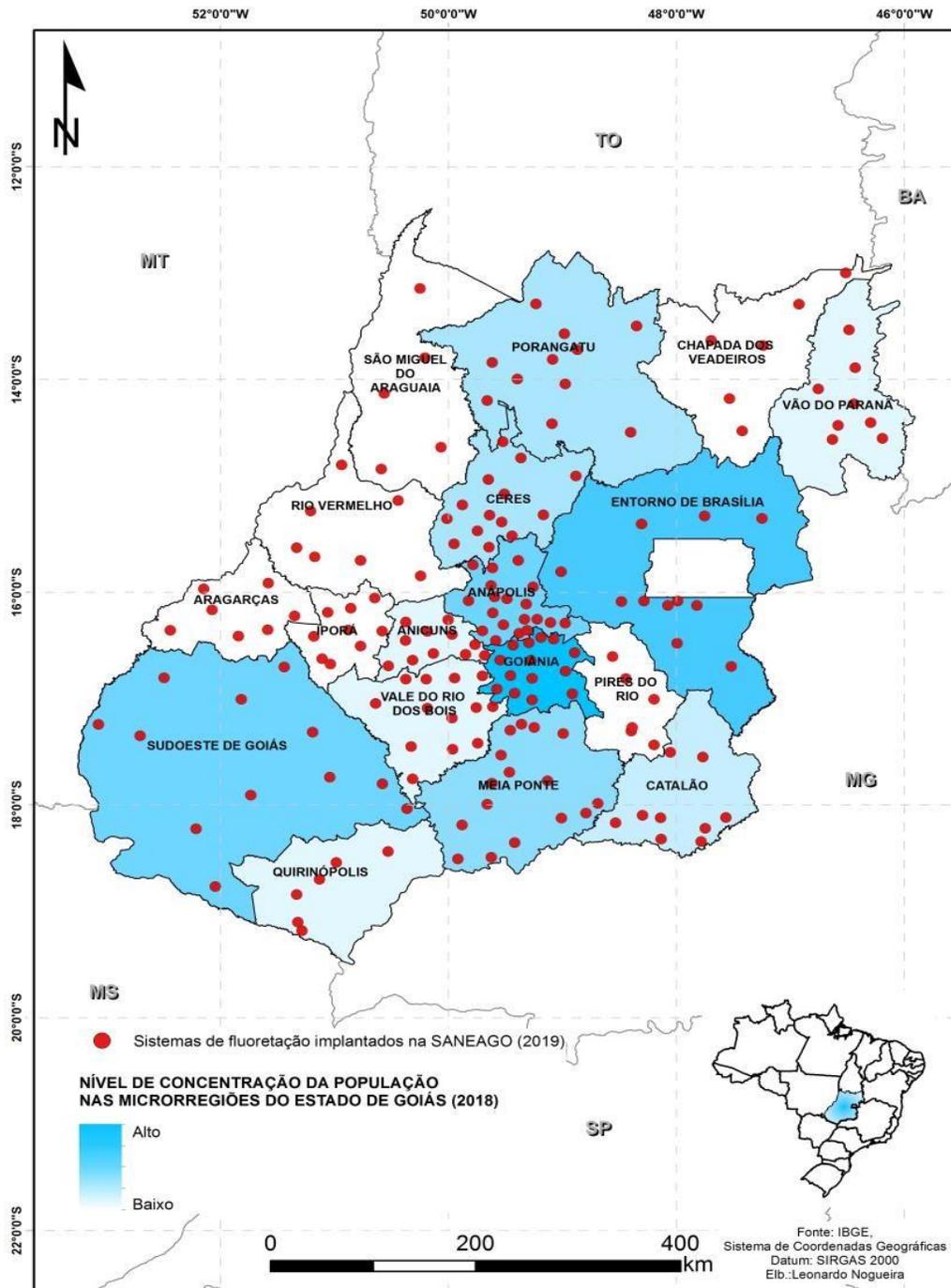


Figura 13. Sistemas de fluoretação da água em funcionamento no Estado de Goiás em 2019. Desenhos: Leonardo Nogueira de Oliveira.

5.5. Fluoretação

O flúor utilizado no tratamento das águas de abastecimento público das duas ETAS analisadas é o ácido fluossilícico. As estações também contam com tanques de flúor

similares e ambos os sistemas se encontram em pleno funcionamento (Figura 14 e 15).



Figura 14. Tanque de flúor da ETA Jaime Câmara, Sistema João Leite. Foto Peterson Ferreira (2018).



Figura 15. Tanque de flúor da ETA Eng. Rodolfo José da Costa e Silva, Sistema Meia Ponte. Foto Peterson Ferreira (2018).

5.6. Resultado das amostras de água com fluoreto

A análise do flúor é o principal objetivo desse estudo. Os resultados desse parâmetro para ambas as ETAs se encontram descritos nas Tabelas 10 e 11.

Tabela 10. Resultado das amostras da quantidade de fluoreto da ETA João Leite.

Amostra	Resultado	Unidade	Resolução CONAMA 357
Água bruta 05/11/18	<0,1	mgF-/L	até 1,4 mg/LF
Água bruta 06/05/19	<0,1	mgF-/L	até 1,4 mg/LF
Água tratada 05/11/18	0,6	mgF-/L	até 1,4 mg/LF
Água tratada 06/05/19	0,6	mgF-/L	até 1,4 mg/LF

Tabela 11. Resultado das amostras da quantidade de fluoreto da ETA Meia ponte.

Amostra	Resultado	Unidade	Resolução CONAMA 357
Água bruta 05/11/18	<0,1	mgF-/L	até 1,4 mg/LF
Água bruta 06/05/19	<0,1	mgF-/L	até 1,4 mg/LF
Água tratada 05/11/18	0,7	mgF-/L	até 1,4 mg/LF
Água tratada 06/05/19	0,7	mgF-/L	até 1,4 mg/LF

De acordo com os resultados a quantidade de fluoreto na água tratada das duas ETAs satisfazem os limites permitidos referidos na resolução CONAMA Nº 357/2005, a qual estabelece que o limite máximo de fluoreto presente nas águas de abastecimento destinadas a consumo humano de ser de até 1,4 mg/LF.

6. DISCUSSÃO

A região que teve enfoque nessa pesquisa foi a microrregião de Goiânia, sendo a localidade que apresentou maior crescimento urbano nos últimos anos, conforme observa-se nos mapas dos tópicos 5.1 e 5.2 aqui descritos. A expansão urbana da região provoca problemas que se acumulam no decorrer dos anos. Cunha e Borges (2015) acreditam que o crescimento demográfico acelerado da MR de Goiânia nas últimas décadas, associado à várias situações como, por exemplo, expansão econômica, crescimento da fronteira agrícola do Estado, utilização de agrotóxicos em larga escala, uso irregular do solo, tratamento inadequado do lixo e a não conscientização de todos esses problemas, estão intimamente associados às principais causas da degradação dos recursos hídricos e dos locais que se encontram a montante da captação de água de abastecimento público na região.

Apesar dos resultados mostrarem que 78,4% da população do Estado de Goiás tem abastecimento de água tratada de maneira adequada, é preciso ressaltar que o crescimento populacional acelerado de Goiânia pode proporcionar grandes problemas de escassez de água nos próximos anos. A região é basicamente abastecida pelo terço superior da bacia hidrográfica do Rio Meia Ponte e pela metade inferior da sub-bacia do Ribeirão João Leite, sendo que esta última região está sofrendo um processo de degradação grave devido ao rápido crescimento populacional dos anos, situação que leva a contaminação das águas e alterações quali-quantitativas expressivas (Cunha & Borges, 2015).

É preciso, portanto, ficar em alerta com a expansão populacional de Goiânia e região a fim de que o abastecimento continue sendo efetivo e eficiente nos quesitos qualidade e quantidade.

Em relação a qualidade das águas de abastecimento, na análise limnológica, as principais alterações encontradas nesse estudo que não seguiram os valores preconizados pela Resolução CONAMA 357 foram “óleos e graxas” e o sulfeto. Os “óleos e graxas” encontraram-se modificados nas duas ETAs analisadas, sendo posteriormente corrigidos após a segunda coleta no mês de maio de 2019.

Óleos e graxas são compostos orgânicos originados de animais, minerais ou vegetais, sendo eles especialmente gorduras, hidrocarbonetos e ésteres. Esses

compostos são oriundos de resíduos industriais, esgotos domésticos, postos de combustível, oficinas mecânicas, vias públicas e estradas e não são usualmente encontrados em águas naturais. Quando entram em processo de decomposição os óleos e graxas, diminuem a quantidade do oxigênio dissolvido consequentemente aumentando a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e a Demanda Química de Oxigênio (DQO) ocasionando transformações negativas no ecossistema aquático (Kich & Bockel, 2017), por essa razão o CONAMA estabelece que esse composto deve ser apresentado no resultado final das análises como “virtualmente ausente”.

Outro parâmetro que apresentou divergências nas análises desse estudo foi o componente sulfeto, que também estava alterado nas duas ETAs. Na análise da ETA Meia Ponte no mês de novembro de 2018 o sulfeto estava alterado na água bruta, sendo posteriormente corrigido após o tratamento. Porém, na segunda análise realizada em maio de 2019 os parâmetros permaneceram alterados mesmo após o tratamento. Já na ETA João Leite, o sulfeto estava alterado tanto na água bruta quanto na água tratada.

Os sulfetos estão diretamente relacionados ao odor presente na água. Nas águas naturais o sulfeto é proveniente do lançamento do esgoto sanitário e de efluentes industriais com sulfato, na condição anaeróbica. Por consequência da atividade biológica o sulfato é reduzido a sulfeto. Quando esse encontra-se em menor proporção, sua geração pode se dar por meio da decomposição biológica de matéria orgânica com presença de enxofre. Além dos odores desagradáveis ao olfato humano, o sulfeto também é responsável pela corrosão de estruturas como cimento e tubulações de esgoto reduzindo sua vida útil (Takahashi 1983; Liliantes & Mancuso, 2003).

Em relação as amostras de água contendo flúor, foco principal desse estudo, as duas ETAs apresentaram resultados positivos quando a adição de fluoreto nas águas de abastecimento humano.

Dados informados por órgãos oficiais no Brasil apontam que no ano de 1996 aproximadamente 42% da população estava na área da cobertura de água fluoretada. Já no ano 2000, cerca de 97,9% dos municípios eram abastecidos com água tratada, contudo somente 45% desses realizavam a adição de flúor nos sistemas de

abastecimento público. O Ministério da Saúde relata que cerca de 100 milhões de brasileiros são diretamente beneficiados pela fluoretação das às águas no ano de 2007 (Alves et al., 2012).

Em 2010, a Secretaria de Vigilância em Saúde (Brasil, 2015) fez uma nova análise para monitorar a presença do íon fluoreto na água destinada a consumo humano nas capitais brasileiras. Os dados colhidos mostraram que as 3 ETAs de Goiânia promovem o abastecimento público com adição de flúor em suas águas. O estudo mostrou que somente no ano de 2010 foram coletadas 17.871 amostras das estações de tratamento com o objetivo de analisar a concentração de flúor na saída do tratamento, dessas amostras, somente 2% (1.805) apresentaram resultados fora do padrão com valores de fluoretação acima de 1,5mg/L de fluoreto.

Nesse estudo, observou-se que os sistemas de tratamento de água com fluoretação do Estado de Goiás consegue atender grande parte da população, mas não há dados suficientes para comprovar se todos os municípios tem água tratada com flúor ou se são abastecidas por alguma estação de tratamento, sendo necessário então promover um estudo mais amplo e específico para obter dados mais precisos, como exemplo do estudo de Alves et al (2012) que analisou a cobertura da fluoretação no Estado de São Paulo no ano de 2009. Dos 645 municípios paulistas 85,1% da população total destes tinham acesso a água fluoretada. Os autores observaram que os municípios que ainda não contavam com essa medida de tratamento apresentavam um número inferior a 50 mil habitantes.

Sabe-se que é necessário investir na fluoretação das águas de abastecimento público em benefício da saúde bucal da população. Contudo, mesmo após constatado por diversos estudos que houve um declínio no índice de cárie dentária na população brasileira nas últimas décadas, não há como desmentir o aumento da desigualdade social na distribuição da doença, a qual afeta, em grande escala, os locais mais submetidos à carência de recursos socioeconômicos. Barbatto e Peres (2009) demonstraram em seu estudo que existe uma forte relação entre a ausência da fluoretação das águas de abastecimento público com as perdas de dente na Região Nordeste do Brasil. Os indivíduos que habitavam em locais sem água fluoretada sofriam com perda de dentes cerca de 40% a mais do que as demais regiões com

sistemas de abastecimento com fluoretação. Para os autores, a água fluoretada também está associada as questões referentes ao acesso à água tratada, considerada uma das mais relevantes ação de saúde pública.

Mesmo a fluoretação das águas já sendo considerada a ação mais eficaz de promoção da saúde e prevenção da cárie dentária, e apesar da adição de flúor nas águas de abastecimento público ser medida obrigatória por Lei (Lei no 6.050/1974) em cidades que tem Estação de Tratamento de Água, ainda se encontram pelo país diversas cidades que não tem acesso a esse processo ou quando tem algum tipo de tratamento não apresentam sequer políticas referentes a vigilância sanitária para verificar se a adição do íon fluoreto está sendo feita de modo satisfatório.

7. CONCLUSÃO

Nesse estudo, o objetivo central foi avaliar se as concentrações de flúor nas águas de abastecimento público estavam adequadas de acordo com parâmetros preconizados pelo CONAMA (Resolução 357/2005). Foi possível observar que nas duas ETAs analisadas os níveis de fluoreto estavam apropriados. A fluoretação adequada, conforme mostra o estudo, traz benefícios para a população, mas é necessário promover mais estudos que associem o crescimento populacional das grandes regiões com o adequado tratamento de água para consumo humano a fim de comprovar se toda a população, tanto do centro urbano quanto das periferias realmente recebe água tratada de qualidade.

Além de avaliar se a fluoretação da água de consumo humano estava adequada, outro objetivo também foi analisar os componentes limnológicos da água, a fim de verificar se estavam adequados para consumo de acordo com a Resolução CONAMA 357. Nas duas estações, observou-se dois componentes alterados, sendo eles óleos e graxas e sulfeto. Os parâmetros óleos e graxas foram corrigidos e adequados a Resolução CONAMA 357, contudo, o sulfeto permaneceu fora dos parâmetros mesmo após o tratamento. Tal situação mostra que há falha quanto ao tratamento do odor nas águas de abastecimento público.

O último objetivo foi contrastar os achados com a relevância socioambiental da oferta de água tratada e fluoretada e o avanço do processo de urbanização em Goiânia. A pesquisa demonstrou que a população carente e os municípios menos povoados na maioria das vezes não disponibilizam tratamento de água com adição de flúor, ato justificado pela falta de verbas dos municípios. Contudo, não foi possível saber se toda a população de Goiânia (do centro a periferia) recebe adequadamente a água tratada e fluoretada, pois não foram identificados estudos que comprovassem esse contraste.

É necessário que se de continuidade a pesquisa que relaciona o crescimento populacional com o tratamento e abastecimento de água para consumo humano. É indispensável também que as cidades brasileiras estejam preparadas para enfrentar situações futuras relacionadas a água de abastecimento público, como a escassez e os problemas referentes a qualidade da água que chega aos indivíduos.

8. REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). Plano estratégico de recursos hídricos da bacia dos rios Tocantins e Araguaia: relatório síntese. Brasília: ANA; SPR, 2009a.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: regiões hidrográficas brasileiras – Edição Especial. -- Brasília: ANA, 2015.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). Manual de Usos Consuntivos da Água no Brasil. Brasília: ANA, 2019.

ALVES, R.X., FERNANDES, G.F; RAZZOLINI, M.T.P; FRAZÃO, P; MARQUES, R.A.D.A; NARVAI, P.C. Evolução do acesso à água fluoretada no Estado de São Paulo, Brasil: dos anos 1950 à primeira década do século XXI. Cad. Saúde Pública [online]. 2012, vol.28, suppl., pp.s69-s80.

ANJOS, G.A.S.; FERNANDES, G.F. Fluoretação das águas de abastecimento público no Estado de Pernambuco: um resgate histórico. Odontol. Clín.-Cient. (Online) vol.14 no.1 Recife Jan./Mar. 2015.

ATLAS BRASIL: abastecimento urbano de água: resultados por estado/Agência Nacional de Águas; Engecorps/Cobrape. - Brasília: ANA: Engecorps/Cobrape, 2010.

Disponível em:

http://arquivos.ana.gov.br/imprensa/publicacoes/atlas/Atlas_ANA_Vol_02_Regiao_Centro-Oeste.pdf> Acesso em: 13 abril, 2019.

AWWA. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Port City Press. Baltimore, Maryland. 2017.

BARBATO, P.R.; PERES, M.A. Perdas dentárias em adolescentes brasileiros e fatores associados: estudo de base populacional. Rev Saúde Pública; 43:13-25, 2009.

BAYER, M. Análise Geomorfológica da Bacia do Meia Ponte. Artigos, Revista Brasileira de Geomorfologia. União da Geomorfologia Brasileira, 2010.

BRASIL. Caderno da Região Hidrográfica Amazônica. Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos. – Brasília: MMA, 2006.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde- FUNASA. Manual de Fluoretação da Água para Consumo Humano/ Fundação Nacional de Saúde - Brasília: Funasa, 2012. 72 p.

BRASIL. Governo do Brasil. Rios e bacias do Brasil formam uma das maiores redes fluviais do mundo. 2009. Disponível em:

<http://www.brasil.gov.br/noticias/meio-ambiente/2009/10/rios-e-bacias-do-brasil-formam-uma-das-maiores-redes-fluviais-do-mundo>> Acesso em: 09 Abril, 2019.

BRASIL. Lei Federal n 6.050, de 24 de maio de 1974. Dispõe sobre a obrigatoriedade

da fluoretação das águas em sistemas de abastecimento. Diário Oficial da União 1974; 27 jul.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. Lei n. 9.433: Política Nacional de Recursos Hídricos. Brasília: Secretaria de Recursos Hídricos, 1997. 72p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria de Consolidação nº5, de 28 de setembro de 2017.

BRASIL. 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.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 635, de 26 de dezembro de 1975. Aprova normas e padrões sobre fluoretação da água dos sistemas públicos de abastecimento, destinada ao consumo humano. Diário Oficial da União, Brasília, Poder Executivo, DF, 26 dez. 1975b.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Análise de indicadores relacionados à água para consumo humano e doenças de veiculação hídrica no Brasil, ano 2013, utilizando a metodologia da matriz de indicadores da Organização Mundial da Saúde. Brasília: Ministério da Saúde, 2015.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Monitoramento do parâmetro fluoreto na água para consumo humano e a situação da fluorose e cárie nas capitais brasileiras no ano de 2010. Boletim Epidemiológico. Volume 46 Nº 40 – 2015.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano. Brasília: Ministério da Saúde, 2006.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. Ministério do Meio Ambiente, Governo do Brasil. Diário Oficial da União 17 de julho de 2005.

BRITO, C.S.D., et al. Vigilância da concentração de flúor nas águas de abastecimento público na cidade de Passo Fundo – RS. Cad. Saúde Colet., 2016, Rio de Janeiro, 24 (4): 452-459.

CAPELLARI, A.; CAPELLARI, M.B. A água como bem jurídico, econômico e social: A necessidade de proteção das nascentes. Cidades, Comunidades e Territórios, 36 Jun, pp. 83 – 94, 2018.

CASTRO, C.N.D; PEREIRA, C.N. Revitalização do Rio São Francisco. boletim regional, urbano e ambiental, n.17, jul.-dez. 2017.

CESA, K; ABEGG, C; AERTS, D. A Vigilância da fluoretação de águas nas capitais

brasileiras. *Epidemiol e Serviços Saúde*, 20(4): 547–55, 2011.

CETESB. Companhia ambiental do Estado de São Paulo. Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras. ANA. Brasília, DF. 327p. 2011.

CÔMITE DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARANAÍBA (CBH PARANAÍBA). A bacia: regiões hidrográficas. 2013. Disponível em: <http://cbhparanaiba.org.br/a-bacia/regioes-hidrograficas>> Acesso em: 20 Agosto, 2019.

CUNHA, D.F.D.; BORGES, E.D.M. Urbanização Acelerada: risco para o abastecimento de água na Região Metropolitana de Goiânia. *Geo UERJ*, Rio de Janeiro, n. 26, 2015.

CURY, J.A; TENUTA, L.M. How to maintain a cariostatic fluoride concentration in the oral environment. *Adv Dent Res*. 20 (1): 13-6. 2008.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Região Centro- Oeste. 2019. Disponível em: <https://www.embrapa.br/contando-ciencia/regiao-centro-oeste>> Acesso em: 12 junho, 2019.

ESQUIVEL, B.M. Produção do Jundiá (*Rhamdia quelen*) em áreas de entorno do parque estadual da Serra do Tabuleiro em Paulo Lopes – SC. Tese (Doutorado). Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2005.

ESRI. Arquitetura do ArcGIS 10.2. 2014. Disponível em: <http://www.esri.com>> Acesso em: 30 maio, 2019.

ESTEVES, F.A. Fundamentos de Limnologia. Editora Interciência. Rio de Janeiro, 1998.

FERNANDES, A.C.C. Os Comitês de Bacias Hidrográficas e suas implicações para o gerenciamento dos recursos hídricos. Monografia (Graduação)- Instituto de Economia. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2002.

FERREIRA, R.G.L.A, MARQUES, R.A.A; MENEZES, L.M.B; NARVAI, P.C. Múltiplos aspectos do uso do flúor em saúde pública na visão de lideranças da área de saúde. *Cien Saude Colet.*, 18(7): 2139–46, 2013.

FERREIRA, R.G.L.A; NARVAI, P.C. Fluoretação da água: significados e lei da obrigatoriedade na visão de lideranças em saúde. *Rev. Assoc. Paul. Cir. Dent.* vol.69 no.3 Sao Paulo Jul./Set. 2015.

FIGUEIREDO, C. C. Propriedades físico-químicas da água com preparados homeopáticos. 2009, 69 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, MG, 2009.

FLORENÇANO, J.C.S.; COELHO, F.D.A. O abastecimento de água e seus reflexos

na saúde da população. *Contruindo*, v.06, n.01. 2014.

FRAZÃO, P.; SOARES, C.C.D.S.; FERNANDES, G.F.; MARQUES, R.A.A.; NARVAI, P.C. Fluoretação da água e insuficiências no sistema de informação da política de vigilância à saúde. *Rev Assoc Paul Cir Dent*. 2013; 67 (2): 94-100.

FRAZÃO, P.; PERES, M.A.; CURY, J.A. Qualidade da água para consumo humano e concentração de fluoreto. *Rev Saúde Públ.*, 45(5): 964–73, 2011.

GAMA, R.G. Usos da Água, Gestão de Recursos Hídricos e Complexidades históricas no Brasil: Estudo sobre a Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul. Dissertação (Mestrado)- Escola Nacional de Ciências Estatísticas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro, 2009.

GARBIN, C.A.S.; SANTOS, L.F.P.; GARBIN, A.J.I.; MOIMAZ, S.A.S.; SALIBA, O. Fluoretação da água de abastecimento público: abordagem bioética, legal e política. *Rev. bioét. (Impr.)*. 2017; 25 (2): 328-37.

GOMES, L.H. Alterações de propriedades físico-químicas da água tratada com preparados homeopáticos de carbonato de cálcio. Dissertação (Especialização) - Pós-Graduação em Fitotecnia. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa-MG, 2009.

GUEDES, A.D.S. Disciplina: limnologia, biota e recursos hídricos. 2016. Instituto de Geociência. Universidade Federal do Pará. Disponível em: http://www.aedmoodle.ufpa.br/pluginfile.php/228375/mod_resource/content/1/Limnologia%20-%20Prof.%20Aureliano%20Guedes.pdf> Acesso em: 29 maio, 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA- IBGE. Divisão Regional do Brasil em Mesorregiões e Microrregiões. V1, 1990.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA- IBGE. Goiás. 2018. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/go/panorama>> Acesso em: 30 maio, 2019.

KICH, M.; BOCKEL, W.J. Análise de óleos e graxas em efluentes por espectrofotometria. *Estação Científica (UNIFAP)*. Macapá, v. 7, n. 3, p. 61-69, set./dez. 2017.

KORIR, E. WHO Seminar Pack for Drinking-Water Quality. 2012. Geneve, Switzerland. Disponível em: https://www.academia.edu/4036106/WHO_SEMINAR_PACK_FOR_DRINKING_WATER_QUALITY_Water_and_Public_Health_Session_Objectives> Acesso em: 12 maio, 2019.

LAMAS, A.E.; FERREIRA, K.M.; CESA, K.; BALLESTRIN, R.A. Vinte anos de vigilância da fluoretação da água de abastecimento em Porto Alegre: análise da experiência e elementos para gestão do programa em municípios de grande porte populacional. Secretaria Municipal de Saúde. Prefeitura de Porto Alegre, 2015.

Disponível em:
http://proweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/cgvs/usu_doc/26062015_20_anos_fluore_tacaoaguapoa.pdf> Acesso em: 6 junho, 2019.

LEHNINGER, A. L.; NELSON, D. L.; COX, M. M. Princípios de bioquímica. 4. ed. São Paulo: Editora Sarvier, 2002. 975 p.

LILIANTES, T.B.; MANCUSO, P.C.S. A geração de maus odores na rede coletora de esgotos do município de Pereira Barreto: um problema de saúde pública. Saúde e Sociedade v.12, n.2, p.86-93, jul-dez 2003.

MACEDO, T.D.L; REMPEL, C.; MACIEL, M.J. Análise físico-química e microbiológica de água de poços em um município do Vale do Taquari-RS. Tecno-Lógica, Santa Cruz do Sul, v. 22, n. 1, p. 58-65, jan./jun. 2018.

MARTINS, T.J.C. Sistemas de Abastecimento de Água para Consumo Humano – Desenvolvimento e Aplicação de Ferramenta Informática para a sua Gestão Integrada. Dissertação (Mestrado)- Tecnologia Ambiental. Escola Superior Agrária. Bragança, 2014.

MINISTÉRIO PÚBLICO DO ESTADO DE GOIÁS- MPGO. Atuação Integrada por Bacias Hidrográficas Proposta de regionalização MPGO. 2017. Disponível em: http://www.mpggo.mp.br/portal/arquivos/2017/06/22/12_51_15_805_APRESENTA%C3%A7%C3%A3o_Integrada_por_Bacias_Hidrogr%C3%A1ficas_vers%C3%A3o_04pptx.pdf> Acesso em: 20 maio, 2019.

MINISTÉRIO PÚBLICO DO ESTADO DE GOIÁS- MPGO. Bacia hidrográfica do Rio Meia Ponte. 2017. Disponível em: <http://www.mpggo.mp.br/portal/conteudo/bacia-hidrografica-do-rio-meia-ponte#.XWB-VOhKi00>> Acesso em: 20 agosto, 2019.

NORDQVIST, C. 2018. Why do we have fluoride in our water? Medical News Today 154164.php.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS- ONU. Declaração de Dublin sobre Água e Desenvolvimento Sustentável. 1992a Disponível em: <<http://www.wmo.int/pages/prog/hwrp/documents/english/icwedece.html>>. Acesso em: 10 maio, 2019.

PINTO, A. L. Saneamento básico e qualidade das águas subterrâneas. Campo Grande: Editora da UFMS, 2003. p. 11-55.

PIRES, R.F.S.; NETO, B.R. Avaliação do processo de tratamento de água da estação Jaime Câmara de Goiânia-GO por meio de análises microbiológicas. Revista Eletrônica de Educação da Faculdade Araguaia, 13 N° 1: 68-82, 2018.

PORTO, L.A.D.C. Protocolo das aulas práticas. 2010. Departamento de Biologia. Universidade Católica de Goiás. Disponível em: <http://www2.unifap.br/alexandresantiago/files/2012/10/Protocolo-das-aulas->

pr%C3%A1ticas-de-Limnologia.pdf> Acesso em: 30 maio, 2019.

PRADO FILHO, H.R. A normalização técnica para o tratamento de água para o consumo humano. (online). Disponível em: <https://www.tratamentodeagua.com.br/tecnica-tratamento-agua/https://www.tratamentodeagua.com.br/tecnica-tratamento-agua/>> Acesso em: 19 Fev 2019.

PRADO, J.R.S; NUNES, J.G.; HINNAH, S.D.S.; MARCHETTO, M. Fluoretação em água de abastecimento e a saúde pública. E&S - Engineering and Science, 2:1, 2014.

ROCHA, O. Organismos de águas doces. 1999. Disponível em: http://www.mma.gov.br/estruturas/chm/_arquivos/Aval_Conhec_Cap5.pdf> Acesso em: 25 abril, 2019.

SACHO, S.D.; HORA, K.E. Panorama do Saneamento Básico na Região Metropolitana de Goiânia. Editora Unijuí, ano 15, n. 41, out./dez. 2017.

SANEAMENTO DE GOIÁS- SANEAGO 2009. Disponível em: <http://www.saneago.go.gov.br> . Acesso em: 30 maio de 2019.

SANEAMENTO DE GOIÁS- SANEAGO. Informações institucionais. 2016. Disponível em: <https://www.saneago.com.br/2016/#institucional>> Acesso em: 30 maio, 2019.

SCALIZE, P.S.; PINHEIRO, R.V.N.; RUGGERI JUNIOR, H.C.; ALBUQUERQUE, A.; LOBÓN, G.S.; ARRUDA, P.N. Heterocontrole da fluoretação da água de abastecimento público em cidades do estado de Goiás, Brasil. Ciência & Saúde Coletiva, 23(11):3849-3860, 2018.

STANCARI, R.C.A., Dias Júnior, F.L.; Freddi, F.G. Avaliação do processo de fluoretação da água de abastecimento público nos municípios pertencentes ao Grupo de Vigilância Sanitária XV-Bauru, no período de 2002 a 2011. Epidemiol. Serv. Saúde, Brasília, 23(2):239-248, abr-jun 2014.

TAKAHASHI, A. Sulfetos em interceptores de esgotos: ocorrência, medidas preventivas e corretivas. São Paulo, 1983. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

UCHIDA, T.H.; CUR, J.A.; TABCHOURY, C.P.M.; TERADA, R.S.S. Heterocontrole da fluoretação da água de abastecimento público da 15ª regional de saúde do Paraná. R. Saúde Públ. Paraná. Jul.;1(1):61-69. 2018.

VESPUCCI, A.G.; SANTOS, J.G.R.D.; BAYER, M. Qualificação dos dados hidrológicos disponíveis na base HIDROWEB/ANA: estações fluviométricas do estado de Goiás. Ateliê Geográfico - Goiânia-GO, v. 10, n. 3, p. 89-108, dez./2016.

WETZEL, R. G. Limnology. San Diego: Academic Press, 2001. 1006 p.