

ANÁLISE DE PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DA QUALIDADE DA ÁGUA DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO PÚBLICO: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

Rui Ricarte Leite¹
Ranoyca Nayana Alencar Leao e Silva Aquino²

RESUMO

De acordo com o ministério da saúde, é necessário que o sistema de abastecimento público municipal possa garantir que os padrões de potabilidade sejam mantidos até o consumidor final. A verificação desses padrões de qualidade é realizada pela Estação de Tratamento de Água (ETA), que inclui a análise física, química e microbiológicas. O objetivo geral deste artigo consiste em analisar o cenário de qualidade da água no sistema de abastecimento público nos estados do Ceará e da Paraíba. A metodologia empregada consiste em uma revisão sistemática, com o intuito de analisar o estado da arte em relação ao atual panorama do sistema de abastecimento público em cidades desses dois estados. Após seleção e análise dos trabalhos, os principais achados mostraram que, de maneira geral, o sistema de abastecimento nos municípios apresentaram níveis de parâmetros satisfatórios em relação com a Portaria 2914/2011. Contudo, em alguns municípios, foram identificados parâmetros em desacordo com os recomendados. Nesse sentido, é fundamental que os gestores municipais atentem para esses pontos e busquem aprimorar os processos. Esta pesquisa possibilita e motiva novos estudos relacionados ao tema, especialmente na região do Nordeste, abrangendo um maior número de municípios e considerando outros índices, parâmetros da água, bem como características alternativas do sistema de abastecimento público.

Palavras-Chave: Abastecimento Público. Gestão Hídrica. Índices. Qualidade da Água.

ABSTRACT

According to the Ministry of Health, the municipal public water supply system must ensure that potability standards are maintained until the end consumer. These quality standards are verified by the ETA, which includes physical, chemical and microbiological analyses. The general objective of this study is to analyze the water quality scenario in the public water supply system in the states of Ceará and Paraíba. The methodology used in this study consists of a Systematic Review that aimed to analyze the state of the art regarding the current scenario of the public water supply system in cities in both states. After selecting and analyzing the studies, the main findings showed that, in general, the water supply system in the municipalities presented satisfactory parameter levels in relation to Ordinance 2914/2011. However, in some municipalities, parameters were identified that did not comply with expectations. In this sense, it is important that the managers responsible in the municipalities pay attention and seek improvements. This research enables and motivates new studies related to the topic, especially in the northeast region with a greater number of municipalities and considering other indexes, water parameters as well as alternative characteristics of the public supply system.

Keywords: Indexes. Public Supply. Water Management. Water Quality.

¹ Discente da Especialização em Gestão de Recursos Hídricos Ambientais e Energéticos, Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB), ruiricarte84@gmail.com

² Docente da Especialização em Gestão de Recursos Hídricos Ambientais e Energéticos, Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB), ranoyca@unilab.edu.br

1 INTRODUÇÃO

A água está ligada diretamente à saúde humana. Composta apenas por dois elementos químicos, oxigênio e hidrogênio, pode ser encontrada nos estados líquido, gasoso e sólido, tanto sobre como sob superfícies terrestres, nos oceanos, mares, rios e lagos. É importante salientar que a água é responsável por manter o equilíbrio da vida humana, estando envolvida em grandes participações nos processos do corpo e do meio ambiente (Mazzarino; Zorzi; Turatti, 2016).

Logo, de forma geral, antes de ser distribuída à população, a água demanda ter sua qualidade verificada, passando pelo processo de tratamento nas Estações de Tratamento de Água (ETA). Nas ETAs, busca-se reduzir os possíveis elementos contaminantes presentes na água, visando atender aos padrões de potabilidade estabelecidos pelo Ministério da Saúde (BRASIL, 2011).

Assim, para transformar a água bruta em água potável, é necessário modificar suas características químicas, físicas, bacteriológicas e organolépticas, que são os elementos responsáveis por definir seu grau de pureza e qualidade (Filho, 2009). Entretanto, é essencial ter um conhecimento aprofundado sobre essas características para que seja possível estabelecer e determinar parâmetros como o pH, cor, alcalinidade e entre outros (Di Bernardo; Dantas, 2005).

O abastecimento de água e o saneamento básico são problemáticas recorrentes em diversos países subdesenvolvidos. Nessa conjuntura, o Brasil se destaca por apresentar indícios negativos em relação a esses problemas, expondo fragilidades significativas em seu gerenciamento e distribuição (Junior; De Castro; Da Silva, 2009).

O sistema de abastecimento de água no Brasil apresenta algumas problemáticas que comprometem seu funcionamento ideal. Nesse sentido, um estudo realizado pelo Instituto Trata Brasil identificou fatores que contribuem para as perdas no Sistema de Abastecimento SAA (Filho, 2009).

Especialmente nas cidades de menor porte, o sistema de abastecimento de água (SAA) apresenta deficiências em relação à pureza e qualidade da água. Para tanto, além da ineficiência no enfrentamento dos problemas de saneamento, a qualidade da água tratada em várias regiões do país demonstra não apresentar uma qualidade dentro dos padrões ao chegar nas residências. Neste contexto, o Ministério da Saúde, por meio da Portaria 518 de 2004, estabelece que a água destinada à população deve conter parâmetros químicos, físicos e radioativos que cumpras as exigências de potabilidade estabelecidas, além de ser isenta de também de microrganismos

patogênicos (BRASIL, 2004).

De acordo com a análise, o saneamento básico é um dos setores mais defasados no país em termos de infraestrutura, evidenciando a carência de gestão, eficiência e controle para evitar desperdício da água. Assim, no geral, a média de perdas foi identificada em torno de 40%, mostrando um elevado grau de perdas de recursos hídricos e também financeiros (Leoneti; Do Prado; De Oliveira, 2011).

Para Venturini et al. (2001), a falta de manutenção e, principalmente, de um planejamento adequado, associando-se à escassez de recursos financeiros, vêm causando déficits nos Sistemas de Abastecimento de Água (SAA's). Assim, a ineficiência das entidades responsáveis pela gestão da água resulta em um volume não faturado, o que gera perdas de lucro, já que a água também não é utilizada para outras finalidades (ALEGRE et al., 2005).

Em relação às perdas, estas podem ser classificadas como aparentes ou reais. As perdas aparentes estão relacionadas a imprecisões nas medições de água produzida bem como consumida ou de consumo não autorizado (como furto ou ilícito). Já as perdas reais referem-se ao volume de água perdido fisicamente antes do hidrômetro do usuário.

Para Alegre et al. (2005), as perdas reais advindas de fugas são geradas em razão da estanqueidade do sistema, sendo esses pontos potenciais fontes de contaminação da água e, conseqüentemente, representando um problema de saúde pública.

Ainda, ressalta-se que as condições de saneamento básico impactam diretamente no bem estar social da população, uma vez que a ausência de saneamento adequado pode ocasionar doenças e enfermidades (Rubinger, 2008).

O saneamento básico corresponde a medidas de infraestrutura destinadas à população em geral. Porém, uma grande parte da população ainda não tem acesso a sistemas eficientes de abastecimento, esgotamento sanitário, drenagem urbana e coleta de resíduos sólidos. Pensando nesse problema, surgiu a necessidade de se analisar a literatura em relação à qualidade da água no que tange ao sistema de abastecimento público, e suas formas de tratamento e o padrão de potabilidade da água durante para fornecimento à população.

A água é um bem comum e indispensável para a sobrevivência humana, assim os padrões de potabilidade devem seguir as diretrizes estabelecidas pelo Ministério de Saúde. O sistema de abastecimento, por sua vez, tem como objetivo garantir que a população tenha acesso a água de qualidade. No entanto, a presença de água contaminada pode acarretar sérias conseqüências para a saúde humana, incluindo o surgimento de diversas doenças e enfermidades.

Diante dessa problemática, torna-se crucial avaliar o funcionamento do sistema de abastecimento, de forma a verificar se todas as etapas do processo de tratamento estão sendo devidamente cumpridas e se a água tratada está chegando ao destino final em condições adequadas para consumo.

Nesse contexto, o objetivo geral deste artigo consiste em analisar o cenário de qualidade da água no sistema de abastecimento público nos estados do Ceará e da Paraíba.

2 METODOLOGIA

A metodologia empregada neste trabalho consiste em uma Revisão Sistemática, com objetivo de analisar o estado da arte sobre o cenário atual do sistema de abastecimento público. A Revisão Sistemática tem como propósito realizar uma pesquisa detalhada para fornecer uma visão específica de uma determinada área de conhecimento (Faria, 2019).

O objetivo deste estudo é classificado como descritivo, pois busca observar, descrever, classificar e interpretar os dados a fim de produzir conhecimento, conforme o pesquisador busca conhecer a natureza, a estrutura e os aspectos relacionados à temática (Rudio, 2015).

A organização de uma Revisão Sistemática é regida de acordo com o Protocolo de Revisão Sistemática. Neste protocolo são apresentados a descrição da condução do trabalho, processo avaliativo e de extração dos resultados. O Protocolo de Revisão Sistemática deste trabalho é dividido da seguinte maneira: i) Questões de pesquisa; ii) Método utilizado para pesquisa de fontes primárias; iii) Critérios de Inclusão e de Exclusão; iv) Método de Avaliação dos Estudos; v) Extração dos Dados e Condução.

Para orientar a execução desta revisão, foram definidas as seguintes questões da revisão:

Q.1 Quais as condições técnicas e operacionais dos sistemas de abastecimento?

Q.2 Em relação às amostras da água em diferentes pontos do sistema de abastecimento público nos estados do Ceará e da Paraíba, quais os níveis de potabilidade apresentados?

O método de pesquisa utilizado para pesquisa de fontes primárias consistiu em buscas na base de dados do *Google Scholar*, utilizando a *string* de busca: “Potabilidade AND Água AND Sistema de Abastecimento Público”.

A escolha apenas do *Google Scholar* se justifica devido sua ampla abrangência de conteúdos acadêmicos, permitindo acesso a um leque diversificado de fontes e áreas de conhecimento. Além disso, sua interface de busca simples e seu sistema de indexação robusto

possibilitam a localização de publicações de diferentes origens e idiomas, otimizando o processo de busca e seleção de estudos.

A estratégia adotada no processo de busca foi organizada em: *i)* Buscar com *Strings* experimentais; *ii)* Análise dos resultados obtidos; *iii)* Aprimoramento da String de busca; *iv)* Realização de novas buscas; *v)* Definição da *String* oficial; *vi)* Realização de busca com base no passo anterior; *vii)* Exportação dos Resultados.

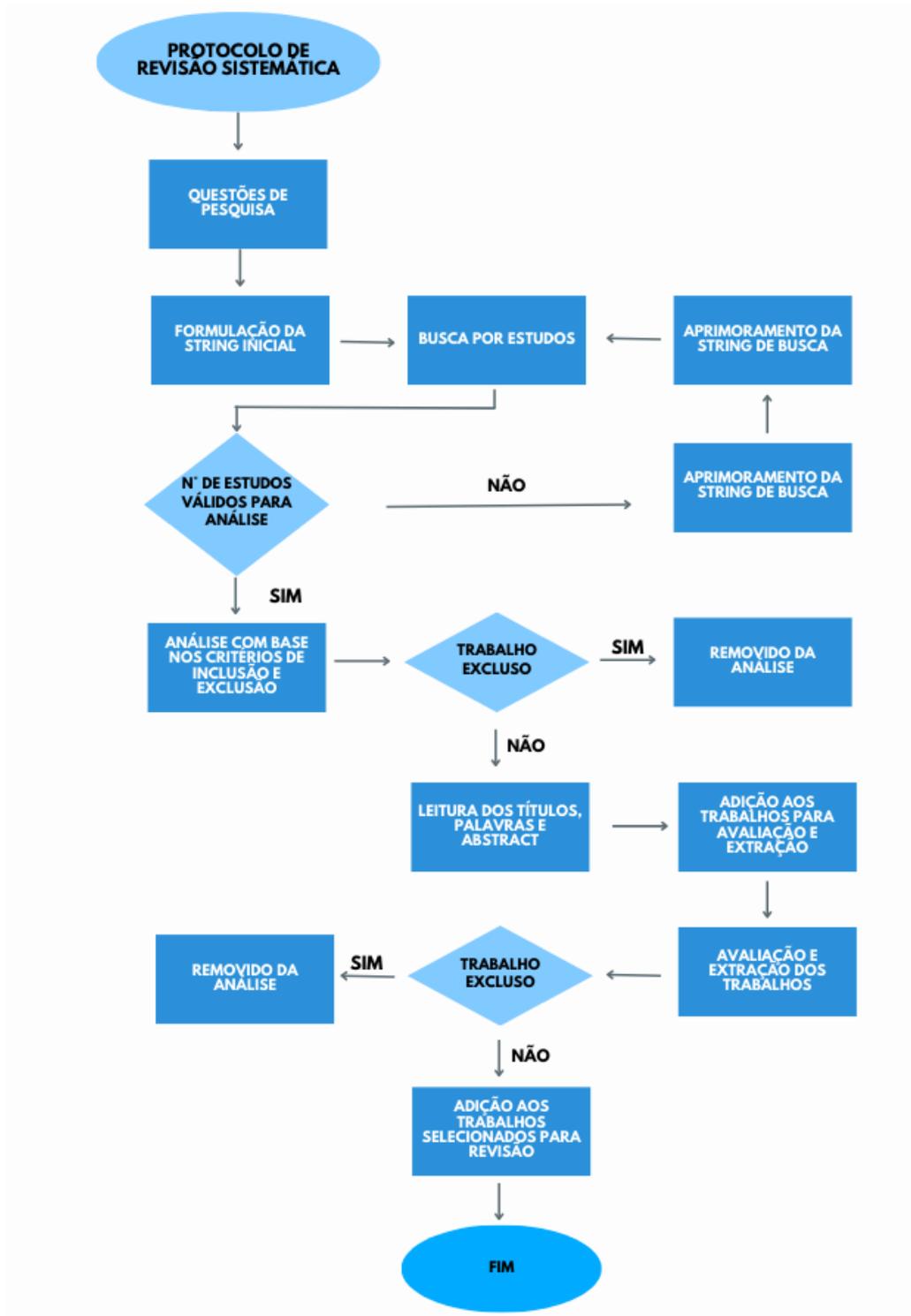
A *string* oficial adotada foi: (*Água AND Sistema de Abastecimento Público AND Níveis de Potabilidade*). Ao realizar a consulta, a quantidade inicial de trabalhos encontrados foi considerável, o que levou à definição de uma string mais precisa, a fim de selecionar estudos passíveis de serem analisados dentro do prazo disponível.

Os critérios de inclusão foram: (*a*) Estudos em idiomas em português; (*b*) Trabalhos que apresentem no título ou no resumo as palavras [Nível da Água, Sistema de Abastecimento Público, Padrão de Potabilidade, IQA]. Já os critérios de exclusão foram: (*a*) Trabalhos incompletos ou que não sejam teses ou dissertações, tais como: artigos curtos, apresentações de slide, capítulos de livros, estudos de revisão, *survey*, mapeamento ou outros; (*b*) Trabalhos duplicados; (*c*) Trabalhos não realizados nos estados do Ceará ou da Paraíba; (*d*) Trabalhos não relacionados diretamente ao tema do estudo.

Os trabalhos selecionados foram submetidos aos filtros de exclusão e inclusão, com o propósito de identificar os estudos primários e posteriormente, realizar a extração dos dados. Para isso, os trabalhos foram lidos conforme as estratégias definidas para a busca dos estudos primários.

A realização da pesquisa ocorreu em outubro e novembro de 2024. Para cada estudo, foram analisados o título, as palavras-chaves e o resumo. Em caso de dúvida, o trabalho era analisado integralmente. O processo de análise e condução foi realizado através do auxílio do *software StArt*, uma ferramenta que tem como objetivo facilitar o processo de organização, seleção e extração dos trabalhos. A Figura 1 apresenta uma visão geral da revisão sistemática realizada neste trabalho.

Figura 1: Sistematização para a realização da pesquisa.



Fonte: Próprio autor, 2024.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após seguir o Protocolo de Revisão Sistemática e considerar os critérios de inclusão e exclusão, foram selecionados seis estudos para compor a amostra desta revisão. Tais trabalhos abordam a análise da qualidade da água com base no IQA em bacias do Ceará e da Paraíba. O Quadro 1 apresenta os trabalhos selecionados, juntamente com o ano de publicação e seus respectivos autores.

Quadro 1 - Caracterização dos estudos selecionados.

| Autor | Título | Lócus do Estudo | Ano |
|----------------------|---|----------------------------|------------|
| Cabral | DIAGNÓSTICO DO ABASTECIMENTO DE ÁGUA E ESGOTAMENTO SANITÁRIO DO MUNICÍPIO DE MANAÍRA-PB | Manaíra Paraíba | 2018 |
| Alves et al. | AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO ABASTECIMENTO PÚBLICO DO MUNICÍPIO DE JUAZEIRO DO NORTE, CE | Juazeiro do Norte Ceará | 2017 |
| Rodrigues e Diniz | AVALIAÇÃO DO MONITORAMENTO E QUALIDADE DA ÁGUA PARA O ABASTECIMENTO PÚBLICO DA ZONA URBANA DO MUNICÍPIO DE FORQUILHA-CEARÁ | Forquilha Ceará | 2017 |
| Pereira | ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA DO SISTEMA PÚBLICO DE ABASTECIMENTO E DAS FONTES ALTERNATIVAS DA CIDADE DE CABACEIRAS-PB | Cabaceiras Paraíba | 2015 |
| Barros | APLICAÇÃO DO ÍNDICE DE QUALIDADE DAS ÁGUAS (IQA-CETESB) NO AÇUDE GAVIÃO PARA DETERMINAÇÃO FUTURA DO ÍNDICE DE QUALIDADE DAS ÁGUAS BRUTAS PARA FINS DE ABASTECIMENTO PÚBLICO (IAP) | Pacatuba Ceará | 2012 |

| | | | |
|-------|--|---------------|------|
| Silva | AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA DA ÁGUA DE ABASTECIMENTO DO MUNICÍPIO DE CUITÉ-PB. | Cuité Paraíba | 2010 |
|-------|--|---------------|------|

Fonte: Próprio autor, 2024.

A análise dos dados foi realizada por meio de uma abordagem indutiva, pois parte de dados particulares, suficientemente constatados, infere-se uma verdade geral ou universal, que não está diretamente contida nas partes examinadas (Lakatos; Marconi, 2003).

O objetivo foi, após a leitura, discussão e análise dos trabalhos acadêmicos encontrados, identificar as respectivas respostas para as questões de pesquisa estabelecidas nesta revisão e, posteriormente, apresentar os principais achados.

No estado do Ceará, são definidas metas e diretrizes baseadas no Plano Estadual de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário (Lei n. 162/2016), que visa à expansão, abrangência e otimização das ações em um menor tempo. Tal plano propõe regulamentar, planejar, aprimorar o controle social e garantir uma melhor gestão financeira do setor hídrico nas áreas urbanas e rurais, além de definir papéis e responsabilidades individuais de cada setor.

O Ceará, ainda adota um modelo para armazenamento de água em grandes açudes, de modo a regularizar os rios, com base na alta demanda das zonas urbanas. Essa abordagem visa promover o abastecimento de água à população para variados fins, como comercial, industrial, irrigação e também para o consumo humano, sendo um instrumento para promoção do desenvolvimento econômico do estado.

Nessa perspectiva, a pesquisa teve como objetivo analisar as condições técnicas e operacionais dos sistemas de abastecimentos de água em municípios do Ceará e da Paraíba. Para tanto, foi realizado um levantamento dos procedimentos utilizados para identificação da qualidade da água e seus níveis, com intuito de verificar se os resultados estão em conformidade com a Portaria nº 2.914 do Ministério da Saúde.

Q.1 Quais as condições técnicas e operacionais dos sistemas de abastecimento?

No que tange a identificação da qualidade da água, os estudos buscaram analisar os valores dos parâmetros relacionados a tal métrica, de modo a avaliar a qualidade da água distribuída à população.

No estado do Ceará, aproximadamente 64% dos domicílios possuem acesso à água canalizada, enquanto 25% têm acesso ao serviço de esgotamento sanitário. No diagnóstico

“Cenário Atual dos Recursos Hídricos do Ceará”, foi realizado um mapeamento dos índices hídricos do estado. A partir dessa análise, constatou-se que cerca de 3 milhões de pessoas no estado não possuem acesso à água potável, e outros 5 milhões não possuem acesso a um sistema de esgotamento sanitário.

No estado, o controle e gerenciamento dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário são realizados pela Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE). Nas médias e grandes aglomerações urbanas, a gestão desses serviços é feita pelos Serviços Autônomos de Água e Esgoto (SAAE) ou, de forma alternativa, pelas Prefeituras.

Como meta, o Ceará busca promover a universalização dos serviços de abastecimento de água, bem como do esgotamento sanitário. Para alcançar este objetivo, a Lei Complementar nº 162/2016 instituiu a Política Estadual de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário do Ceará, ampliando assim a capacidade de abrangência da rede de abastecimento e de saneamento para a zona rural. Além disso, com intuito de melhorar a qualidade, o Plano Nacional de Saneamento (PLANASA) estabeleceu condições para o repasse de recursos aos municípios através da atuação das Companhias Estaduais de Saneamento Básico (CESB) (Da Costa; Pierobon; Soares, 2019).

Portanto, uma parcela significativa dos municípios recebeu benefícios advindos do plano, dentre esses, surgiram alguns sistemas eficientes que foram conduzidos e realizados através de autarquias pelos municípios. No entanto, antes que as metas iniciais do PLANASA fossem atingidas, durante o período de recessão econômica no Brasil nos anos 80, houve uma redução nos recursos destinados ao saneamento através de contingenciamento. Esse fato contribui mais ainda para o cenário deficitário presente em áreas rurais e periferias urbanas, ampliando a segregação entre as regiões (Rezende; Heller, 2008).

Já com base em Magalhães (2009), através da Lei 11.445/07, estabeleceu-se uma nova definição de saneamento básico, ampliando o conceito para além do abastecimento de água e esgotamento sanitário, incluindo também os serviços de limpeza urbana, manejo de resíduos sólidos e drenagem de águas pluviais. A partir deste entendimento, os quatro componentes passaram a ser gerenciados de forma integrada.

No Brasil, a Portaria nº 2914, de 12 de dezembro de 2011, do Ministério da Saúde, estabelece os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Segundo essa norma, toda água destinada ao consumo humano deve atender aos critérios de potabilidade e está sujeita a fiscalização da qualidade da água. São designados valores máximos permitidos (VMP) para cada parâmetro de qualidade da água de consumo humano (Brasil, 2011).

De forma geral, a Lei define os procedimentos para controlar e supervisionar a qualidade

da água para consumo humano, bem como os padrões de potabilidade. Também são estabelecidas pela portaria as competências da União, dos Estados e dos Municípios (Stancari, 2014).

Em seu artigo 7º ressalta:

“Compete à Secretaria de Vigilância em Saúde (SVS/MS) promover e acompanhar a vigilância da qualidade da água para consumo humano, em articulação com as Secretarias de Saúde dos Estados (SSE), do Distrito Federal e dos Municípios e respectivos responsáveis pelo controle da qualidade da água” (Brasil, 2011).

São delegados às secretarias o seguinte objetivo: *“Garantir informações à população sobre a qualidade da água para consumo humano e os riscos à saúde associados”* (Brasil, 2011).

Os parâmetros físico-químicos e microbiológicos a serem analisados neste estudo têm suas peculiaridades, o que permite caracterizar aspectos relevantes da qualidade da água (Nogueira, 2015).

O Ministério da Saúde, por meio da Portaria 518 de 2004, estabelece que a qualidade da água a ser distribuída e consumida pela população deva estar isenta de microrganismo patogênico, e os parâmetros físicos, químicos e radioativos devem atender aos padrões de potabilidade estabelecidas (Brasil, 2004).

No trabalho de De Oliveira et al. (2017) sobre a Sub-bacia do Alto Jaguaribe, o sistema de distribuição da água é composto por 9 adutoras, dispostas por um eixo com trecho de 520, 93 km. Dentre essas adutoras, as principais beneficiam aproximadamente 182 mil pessoas.

Barros (2012) realizou um estudo no Açude Gavião, localizado na cidade de Pacatuba, Ceará, onde está situada a Estação de Tratamento de água do açude (ETA-Gavião). Atualmente, a ETA-Gavião opera com capacidade de 8 m³/s de água, equivalente a 80% de sua capacidade máxima, para abastecer Fortaleza e a região metropolitana. Como características, a ETA-Gavião utiliza o processo de filtração direta descendente para realizar a potabilização da água.

Ainda segundo os autores, os mananciais de água doce, classificados como tipo classe 2, como o Açude Gavião, devem submeter-se ao tratamento convencional para abastecimento público, visando a satisfatibilidade da água, com base na Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde.

Em Forquilha, Ceará, o trabalho de Rodrigues e Diniz (2017) descreve um sistema de abastecimento de ciclo completo, localizado nas proximidades do açude da cidade. O sistema de Forquilha é composto por uma Estação de Tratamento de Água (ETA) que possibilita o

armazenamento de 135m³/h, operando 24 horas por dia com uma vazão média de 118,96 m³/h. Segundo dados de 2015, a cobertura de abastecimento de água na zona urbana é de 98,36%, o que equivale a 5.353 residências e estabelecimentos ativos.

Já em Juazeiro do Norte, Alves et al. (2017) apresentam informações de que a água distribuída no município provém de vinte e cinco reservatórios com uma capacidade total de 26.417 m³ de água. Posteriormente, o processo de distribuição é realizado por meio de um sistema de transmissão através de gravidade, utilizando tubulações PVC, adutoras de aço e dutos de fibra de vidro reforçado com Epóxi (DEF).

O processo de distribuição adotado em Juazeiro do Norte é composto por uma malha de extensão de 985.488 m, atendendo aproximadamente 98,96% da cidade. Periodicamente, a cada seis meses, os reservatórios são limpos, com a realização de descargas na rede de distribuição para evitar qualquer alteração na qualidade da água.

No estado da Paraíba, o sistema de abastecimento público é gerenciado pela Companhia de Água e Esgotos da Paraíba (CAGEPA), uma empresa pública vinculada à Secretaria de Estado da Infraestrutura, dos Recursos Hídricos, do Meio Ambiente e da Ciência e Tecnologia (SEIRHMACT). A CAGEPA foi instituída pela Lei Estadual 3.459 e modificada pela Lei Estadual 3.702.

Como principal objetivo a CAGEPA visa garantir o fornecimento de água por meio da extração do manancial, adução, tratamento e por fim a distribuição de água ao cliente final. Além disso, a empresa possui como competências realizar as etapas de coleta, tratamento e reintegração presentes no esgotamento sanitário. A CAGEPA também realiza o processo de controle geral da qualidade da água, bem como de gerenciar projetos e obras relacionadas, fazer a manutenção de aparelhos como hidrômetros, prestar assistência comunitária, promover a educação e conscientização sanitária e ambiental, e realizar publicações e atividades relativas à orientação à comunidade.

A CAGEPA conta com laboratórios especializados na análise da qualidade da água em diversas regiões do estado paraibano. Esses laboratórios dispõem de exames para averiguar os parâmetros da água, tais como pH, cor, turbidez, cloro residual e a presença de coliformes.

No estudo realizado por Cabral (2018), o sistema de abastecimento de Manaíra, na Paraíba, é relatado por possuir uma rede composta por duas estações de tratamento de esgoto (ETE's), tendo um tratamento preliminar no tipo de caixa de areia na maior delas. As ETES utilizam um tanque séptico juntamente com um filtro anaeróbio, sendo suas tubulações de material PVC.

Ainda segundo o autor, a maior parte do município é atendida por uma rede de esgoto composta por 27 tubulações, onde todo o esgoto coletado na área urbana é direcionado ao açude

Catolé I, por meio dos riachos Constantino e Arara, ou ainda, por meio dos lençóis freáticos. A Estação de Tratamento de Esgoto 1 (ETE 1), localizada próximo à lagoa da cidade, encontra-se fora de operação há algum tempo, apresentando vegetação sobre sua estrutura de concreto em razão da falta de cuidados, gerando obstruções.

Já a Estação de Tratamento de Esgoto 2 (ETE 2), situada ao norte de Manaíra, foi relatada pelo autor como em estado de “abandono” visto que o tratamento realizado é secundário, com buracos e fissuras na fossa, além de percebido o gradeamento em apenas um dos lados da caixa de areia.

O estudo de Silva (2010) indica que 80% do abastecimento de água no município de Cuité, na Paraíba, é realizado por meio de uma rede geral, tendo os outros 20% abastecidos por cisternas e poços. Contudo, a região não possui uma rede de tratamento de esgoto adequada, direcionando os resíduos e o esgoto em uma lagoa presente nos arredores da cidade. O sistema organiza-se em um sistema de captação, um reservatório de água bruta, uma planta de tratamento, um segundo reservatório e uma rede de distribuição.

Segundo Pereira (2015), na cidade de Cabaceiras, na Paraíba, a rede de abastecimento de água é realizada por meio da adutora Cariri, que utiliza a água do açude Epitácio Pessoa, que por sua vez tem seu tratamento através de uma estação compacta. Através da rede, 35% da população é atendida. Contudo, em algumas localidades situadas nas partes mais altas da cidade, o abastecimento ocorre geralmente à noite durante apenas um certo período. Por conseguinte, isso influencia em uma maior dificuldade para realizar tarefas cotidianas.

No processo de distribuição, a água advinda de uma adutora é direcionada até uma estação de tratamento, onde é clorada por meio da aplicação de gás cloro, embora essa estação esteja parcialmente inativa. Após o tratamento, a água é direcionada para a cidade, sendo armazenada em um reservatório com capacidade de 50 m³, até atingir seu volume máximo.

Q.2 Em relação às amostras da água em diferentes pontos do sistema de abastecimento público nos estados do Ceará e da Paraíba, como a qualidade da água foi identificada e quais os níveis de água foram identificados?

Cabral (2018) realizou uma análise do cenário do Sistema de Abastecimento de Água (SAA) em Manaíra – Paraíba, através de visitas *in loco*, visando observar as condições de funcionamento utilizando registros fotográficos das unidades do sistema. Para tanto, o autor realizou uma análise físico-química, juntamente com uma análise bacteriológica através dos parâmetros de pH, turbidez, cloro residual e presença de coliformes e *E.coli*.

Já Pereira (2015) buscou realizar um estudo mais abrangente com 30 amostras em Cabaceiras também na Paraíba, analisando diariamente os parâmetros de pH, turbidez, cloro residual e temperatura. O processo de coleta da rede pública ocorreu diretamente em torneiras

da rede de distribuição, onde o reservatório serviu também para as amostragens realizadas diretamente na saída. Para isso, após cada torneira aberta, esperava-se dois minutos para escoamento, precedendo de uma amostragem, onde por conseguinte, as garrafas de 500ml eram levadas para análise. Já para a coleta das amostras microbiológicas, os frascos eram estéreis e com uma tampa rosqueada de 250 ml de capacidade.

A esterilização dos frascos ocorreu com base na realização da autoclavagem a 121 °C durante um período compreendido de 15 a 20 minutos. Durante a coleta, as torneiras foram desinfetadas com álcool em 70%, onde por conseguinte ocorria a coleta e acondicionamento das amostras em recipiente térmico com gelo, de modo a preservá-las até a chegada ao laboratório.

Silva (2010) realizou coletas de amostras na cidade de Cuité-PB, tanto na cidade quanto no açude, contudo foram consideradas, neste trabalho, apenas as amostras coletadas no açude. De forma semelhante, Silva (2010) realizou análises físico-química e biológicas. No estudo, foram utilizadas 6 amostras de água para análise, sendo 3 retiradas do Açude do Cais e outras 3 foram feitas em outras localidades. Os parâmetros para análise físico-química da água foram: pH, turbidez, cor aparente, condutividade, cloro residual livre, acidez, demanda bioquímica de oxigênio, alcalinidade, oxigênio consumido, oxigênio dissolvido, sólidos totais dissolvidos, dureza e cloretos. Já como parâmetros da análise microbiológicas foram utilizados os índices de coliformes totais e de *E.coli*.

Para determinação dos parâmetros, foram utilizados os métodos titulométricos. Na análise físico-química, as titulações são amplamente empregadas para quantificar elementos em diversos tipos de amostras, sendo adotados no estudo os métodos de titulometria de complexação, precipitação e neutralização.

Na caracterização da água do Açude Gavião localizado no Ceará, Barros (2012) realizou quatro coletas, distribuindo-se em uma coleta por mês. Os autores analisaram os parâmetros de pH, turbidez e coliformes tolerantes, com ênfase nas análises físico-químicas e microbiológicas. De forma semelhante, em Alves et al. (2017) os autores utilizaram recipientes fornecidos pelo Ministério da Saúde para analisar a qualidade da água no município de Juazeiro do Norte, Ceará, através dos parâmetros cloro residual livre, turbidez, coliformes totais e *E. coli*.

De forma distinta, Rodrigues e Diniz (2017) obtiveram dados de coleta relativos a um ano, a partir de laudos técnicos realizados em laboratórios fornecidos pela Vigilância Sanitária de Forquilha – Ceará. Conforme os dados, as coletas foram realizadas aleatoriamente nos bairros, sem qualquer critério ou padrão de seleção ou padrão de coleta por bairro. A coleta ocorreu antes da água chegar às caixas d'água, diretamente em torneiras das residências

situadas no município, sendo utilizadas 232 amostras captadas de quatro bairros situados na zona urbana. Os parâmetros presentes nos dados analisados da vigilância sanitária foram: pH, flúor, cor aparente, coliformes totais, *E. Coli* e turbidez.

Considerando o método, todos os trabalhos utilizaram o *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. Em alguns estudos, a metodologia foi baseada indiretamente nesse padrão, como no caso de Barros (2012), que utilizou a recomendação da CAGECE através do Procedimento Operacional Padrão (POP), alinhando-se às metodologias propostas pela Organização Mundial da Saúde (OMS), conforme Portaria 2.914/2011 (BRASIL, 2011). Dessa forma, os estudos demonstraram estar adequados no que se refere à utilização de métodos e procedimentos.

Quanto aos resultados, a análise de água feita nas amostras coletadas por Silva (2010) revelou os seguintes valores de pH: 8,43, 8,74 e 8,90, que estavam em conformidade com os padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria 518/04. Já o parâmetro de turbidez apresentou valores respectivos de 10,19, 8,50, 9,21, os quais, embora elevados, podem ser justificados pela presença de detritos, como materiais sólidos, árvores mortas e entre outros, não atendendo, portanto, à faixa ideal. Por sua vez, o Cloro Residual apresentou valores de 0,70 nas três amostras, estando de acordo com o limite máximo permitido.

Nas amostras coletadas por Barros (2012), os valores de pH apresentados foram respectivos de: 7,75, 7,89, 7,93 e 7,66, todos em conformidade com o limite ideal. Em contrapartida, o nível de turbidez foi considerado inadequado, tendo em vista que seus valores foram de 6,12, 6,93, 5,96 e 5,28.

Por sua vez, Rodrigues e Diniz (2017) obtiveram em suas amostras os resultados denotados através da turbidez com amostras variando dos valores de 0,6 a 22,6, onde 51% das 161 amostras estavam abaixo do limite ideal de 5,0 e outros 49% estavam acima, considerando-se insatisfatórias. No trabalho de Alves et al. (2017), a turbidez apresentou uma variação percentual de 1,9 a 23,8% de amostras fora dos padrões estabelecidos. Além disso, o Cloro Residual Livre também mostrou uma faixa de 15 a 30% das amostras estavam fora dos padrões.

Cabral (2018) obteve como resultados identificando em duas amostras os valores de pH 6,5 em ambas, turbidez em 0,97 e 0,92 respectivamente, e o cloro residual foi de 2,0. Além disso, a análise bacteriológica não constatou presença de coliformes e *E.coli* na água. De forma semelhante, a turbidez identificada em Pereira (2018) obteve uma média de 1,28. O pH apresentou uma média de 7,35 e o cloro residual livre teve uma média respectiva geral de 2,22.

De modo a fornecer uma visão simplificada dos valores de parâmetros identificados nos estudos, o Quadro 2 expõe as médias dos níveis coletados, simplificando-se em relação aos parâmetros de pH, turbidez e cloro residual. Esclarece-se que nos estudos com mais de um

ponto, realizou-se o cálculo da média de cada parâmetro. Também são apresentados os valores límpidos dos três parâmetros. Os trabalhos de Rodrigues e Diniz (2017) e Alves et al. (2017) não foram analisados quanto à média, visto que não informaram os valores literais das amostras individualmente. O Quadro 2 resume a média dos parâmetros identificados nos estudos.

Quadro 2 – Média dos Parâmetros.

| Estudo | pH | pH (Límpido) | Turbidez | Turbidez (Límpido) | Cloro Residual | Cloro Residual (Límpido) | Coliformes / E.coli |
|-----------------------|-----------|---------------------|-----------------|---------------------------|-----------------------|---------------------------------|----------------------------|
| Cabral (2018) | 6,5 | 6,9 a 9,5 | 0,945 | Até 5,0 | 2,0 | 0,2 a 5,0 | Não Presente |
| Pereira (2015) | 7,35 | 6,9 a 9,5 | 1,28 | Até 5,0 | 2,22 | 0,2 a 5,0 | Não Usou |
| Barros (2012) | 7,80 | 6,9 a 9,5 | 6,07 | Até 5,0 | Não Usou | 0,2 a 5,0 | Presente |
| Silva (2010) | 8,69 | 6,9 a 9,5 | 9,3 | Até 5,0 | 0,70 | 0,2 a 5,0 | Presente |

Fonte: Próprio autor, 2024.

Com base na observação dos achados, os resultados mostraram que a maioria dos valores respectivos apresentados nas coletas dos trabalhos estão em conformidade com os limites máximos de referência estabelecidos pela Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde.

De maneira semelhante aos estudos mencionados, Barroso et al. (2011) realizaram uma análise detalhada da qualidade das águas superficiais e subterrâneas utilizadas para irrigação na região Centro-Sul do Ceará. As análises revelaram que fontes subterrâneas apresentaram um maior risco de salinidade e sodicidade, predominando águas sódicas (87%) e cloretadas (78,3%). Esses resultados reforçam a necessidade de monitoramento contínuo para garantir a qualidade da água utilizada na agricultura, especialmente em áreas com alta vulnerabilidade ao uso inadequado dos recursos hídricos.

Além disso, Gurgel et al. (2024) avaliaram a eficiência de dessalinizadores instalados em Ibaretama e Ibicuitinga, no Sertão Central do Ceará. As análises físico-químicas mostraram que as amostras de água dessalinizada atendiam aos padrões de potabilidade, enquanto as

amostras de água bruta não estavam em conformidade. Esses resultados enfatizam a relevância dos dessalinizadores como solução técnica eficaz para garantir o fornecimento de água potável em regiões áridas.

Santos et al. (2021), por sua vez, utilizaram o Índice de Qualidade da Água (IQA) para avaliar a situação de reservatórios no estado do Ceará. O estudo revelou que, embora a maioria dos reservatórios apresentasse boa qualidade da água, essa qualidade declinava significativamente durante os períodos de seca, evidenciando a influência das condições climáticas na segurança hídrica da região. Tais achados corroboram os desafios enfrentados na gestão de recursos hídricos em cenários de escassez.

Por fim, Araújo (2022) explorou a influência da variabilidade da qualidade da água bruta nos custos de tratamento na Região Metropolitana de Fortaleza. Os resultados revelaram que parâmetros como turbidez, cor, cianobactérias e fósforo impactam diretamente nos custos operacionais. Isso sugere que melhorias no monitoramento e controle da qualidade da água nos mananciais podem contribuir para a eficiência econômica dos sistemas de abastecimento.

Para que a água possa ser considerada adequada ao consumo pelo homem, não deve conter substâncias dissolvidas em níveis tóxicos. Situações como a presença de fontes de poluição relacionados, desprendimento de sedimentos no leito do rio, presença de materiais orgânicos, bem como outras variáveis, podem contribuir para a ineficiência do sistema de abastecimento. Portanto, é justificável que alguns resultados apresentem inconsistências com os parâmetros estabelecidos pela Portaria 2914/2011.

Além disso, os parâmetros físico-químicos e microbiológicos que estão em não conformidade podem servir como alerta para que prefeitos e secretários municipais dos estados do Ceará e da Paraíba busquem soluções para aprimorar o sistema, seja por meio da revisão dos processos de tratamento, da execução do abastecimento ou pela manutenção da rede de distribuição. Essas medidas visam evitar problemas de saúde relacionados ao consumo de água inadequada, que pode provocar desde infecções gastrointestinais até doenças crônicas de origem química.

A implementação de políticas públicas efetivas é fundamental para garantir a qualidade da água, especialmente em regiões que enfrentam desafios estruturais. Uma das estratégias consiste em investir na capacitação técnica das equipes responsáveis pelo monitoramento e operação dos sistemas de abastecimento. Além disso, é essencial garantir o cumprimento de normas e diretrizes estabelecidas pelo Ministério da Saúde, promovendo um controle rigoroso e constante dos parâmetros estabelecidos.

Ademais, estudos recentes indicam a necessidade de incorporar tecnologias mais avançadas nos processos de tratamento de água, como a filtração por membranas e a

ozonização. Essas tecnologias podem ser especialmente eficazes na remoção de contaminantes emergentes, como resíduos de fármacos e pesticidas, que têm sido cada vez mais detectados em mananciais urbanos e rurais. Assim, a integração dessas técnicas aos métodos tradicionais pode oferecer maior segurança à água consumida pela população.

Outro ponto crítico a ser considerado é a gestão integrada dos recursos hídricos. A coordenação entre diferentes esferas do poder público, aliada à participação da sociedade civil, pode contribuir para a preservação dos mananciais e para a redução dos índices de contaminação. Medidas como reflorestamento de Áreas de Proteção Permanente (APPs), o aprimoramento do saneamento básico e a promoção da conscientização ambiental são fundamentais para minimizar os impactos da urbanização e das atividades econômicas sobre a qualidade da água.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A qualidade da água nos sistemas de abastecimento público pode sofrer inúmeras influências em relação a seus índices de potabilidade. Nessa conjuntura, tal problemática pode vir a gerar a distribuição de uma água inadequada para o consumo da população.

Para mitigar a situação do sistema de abastecimento público em municípios dos estados do Ceará e da Paraíba, apresentou-se uma revisão da literatura de modo a identificar a situação do sistema de abastecimento público em municípios de ambos os estados.

Após seleção e análise dos trabalhos, os principais resultados indicaram que, de maneira geral, os sistemas de abastecimento dos municípios apresentaram níveis satisfatórios dos parâmetros conforme a portaria 2914/2011. Contudo, em alguns municípios foram identificados parâmetros em desacordo com o estabelecido.

Nesse sentido, faz-se importante uma atenção e busca por aprimoramento por parte dos gestores municipais e busquem melhorias contínuas. Esta pesquisa possibilita e motiva novos estudos relacionados ao tema, especialmente na região Nordeste, onde há um número considerável de municípios, e considerando outros índices, parâmetros da água, bem como características alternativas do sistema de abastecimento público.

Por fim, é importante destacar o papel crucial que a educação ambiental desempenha na promoção da conscientização da população quanto ao uso responsável da água. Campanhas educativas podem alertar sobre a necessidade de preservar os recursos hídricos e os riscos associados ao descarte inadequado de resíduos sólidos e líquidos. Ao integrar esforços governamentais, tecnológicos e educacionais, torna-se possível alcançar padrões mais elevados de qualidade da água e, conseqüentemente, de saúde pública.

Como trabalhos futuros, pretende-se realizar uma revisão sistemática com maior amplitude de trabalhos relacionados ao índice de qualidade da água em outros estados, para fornecer uma visão mais abrangente do cenário nacional em relação à qualidade da água.

REFERÊNCIAS

ALEGRE, H. et al. **Controle de perdas de água em sistemas públicos de adução e distribuição**. Série guias técnicos, v. 3, 2005.

ALVES, William Santana et al. Avaliação da qualidade da água do abastecimento público do município de Juazeiro do Norte, CE. **Revista Desafios**, v. 4, n. 2, p. 112-119, 2017.

BARROS, Jessyca Costa. Aplicação do Índice de Qualidade das Águas (IQA-CETESB) no açude Gavião para determinação futura do Índice de Qualidade das Águas Brutas para fins de Abastecimento Público (IAP). In: **VII CONNEPI-Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação**. 2012.

BRASIL, Trata Instituto Trata Brasil. **Ranking do Saneamento**, 2019. Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br/estudos/estudos-itb/itb/ranking-do-saneamento-2019>>. Acesso em: 14 out. 2024.

BRASIL. Lei 11.445, de 5 de janeiro de 2007. **Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico**. Brasília: Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 08 jan. de 2007. Seção 1. p. 3. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/11445.htm>. Acesso em: 01 nov. 2024.

BRASIL. Portaria Nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos e de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília (DF):Ministério da Saúde, 2011.

CABRAL, Diego Marcos Limeira. Diagnóstico do abastecimento de água e esgotamento sanitário do município de Manaíra-PB. 2018.

COSTA, Ilton Garcia; PIEROBON, Flavio; SOARES, Eliane Cristina. A EFETIVAÇÃO DO DIREITO AO SANEAMENTO BÁSICO NO BRASIL: DO PLANASA AO PLANASB. **Meritum, revista de Direito da Universidade FUMEC**, v. 13, n. 2, 2019.

OLIVEIRA, F. É. R. et al. DIAGNÓSTICO DA GESTÃO PARTICIPATIVA E A ATUAÇÃO DO COMITÊ DA SUB-BACIA DO ALTO JAGUARIBE, **CEARÁ. REVISTA GEONORTE**, v. 7, n. 26, p. 106-121, 2016.

BERNARDO, L.; DANTAS, A. D. B. **Métodos e técnicas de tratamento de água**. Vol. 1. São Carlos: Rima, 2005.

FILHO, Carlos F. de M. **Abastecimento de Água**. 2009. Notas de Aulas. Disponível em: <<http://www.dec.ufcg.edu.br/saneamento/Abstagua.docx>>. Acesso em: 19 nov. 2024.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 7. ed. Editora Atlas SA, 2019.

JUNIOR, G.; DE CASTRO, A.; DA SILVA P. W. Aspectos conceituais da regulação dos serviços de água e esgoto no Brasil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 14, n. 1, p. 79-88, 2009.

LEONETI, Alexandre Bevilacqua; DO PRADO, Eliana Leão; DE OLIVEIRA, Sonia Valle Walter Borges. Saneamento básico no Brasil: considerações sobre investimentos e sustentabilidade para o século XXI. **Revista de Administração Pública-RAP**, v. 45, n. 2, p. 331-348, 2011.

MAGALHÃES, Gleiton Malta. A cultura de aprender E/LE do aluno cego: um olhar para a inclusão. 2009.

MARCONI, M. de A.; LAKATOS, Eva Maria. **Metodologia do trabalho científico: projetos de pesquisa/pesquisa bibliográfica/teses de doutorado, dissertações de mestrado, trabalhos de conclusão de curso.** 2017.

MAZZARINO, J, M; ZORZI, L; TURATTI, L. O direito humano de acesso à água potável: uma análise continental baseada nos Fóruns Mundiais da Água. **Rev. Ambient. Água**. vol. 11 n. 4 Taubaté, 2016.

NOGUEIRA, FÁBIO FERNANDES; COSTA, ISABELLA ALMEIDA; PEREIRA, UENDEL ALVES. Análise de parâmetros físico-químicos da água e do uso e ocupação do solo na sub-bacia do Córrego da Água Branca no município de Nerópolis-Goiás. **Monografia) Bacharelado em Engenharia Ambiental e Sanitária. Universidade Federal de Goiás, (Goiânia), 2015.**

PEREIRA, Fiana Raissa Coelho et al. Clarificação por sedimentação de água de lavagem de filtros de piscina. 2018.

PEREIRA, Tiago Albuquerque et al. Análise da qualidade da água do sistema público de abastecimento e das fontes alternativas da cidade de Cabaceiras-PB. 2015.

REZENDE, Sonaly Cristina. Heller, Léo. **O Saneamento no Brasil: políticas e interfaces.** 2. ed. rev. e ampl. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2008.

RODRIGUES, Gerlane Siqueira; DINIZ, Simone Ferreira. AVALIAÇÃO DO MONITORAMENTO E QUALIDADE DA ÁGUA PARA O ABASTECIMENTO PÚBLICO DA ZONA URBANA DO MUNICÍPIO DE FORQUILHA-CEARÁ. **REVISTA EQUADOR**, v. 8, n. 3, p. 279-294, 2019.

RUBINGER, S. D. **Desvendando o conceito de saneamento no Brasil:** uma análise da percepção da população e do discurso técnico contemporâneo. 2008. 197f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Departamento de Engenharia Hidráulica e Recursos Hídricos, 2008.

STANCARI, Regina Célia Arantes; DIAS JÚNIOR, Francisco Lopes; FREDDI, Felipe Guerra. 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. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 23, p. 239-248, 2014.