

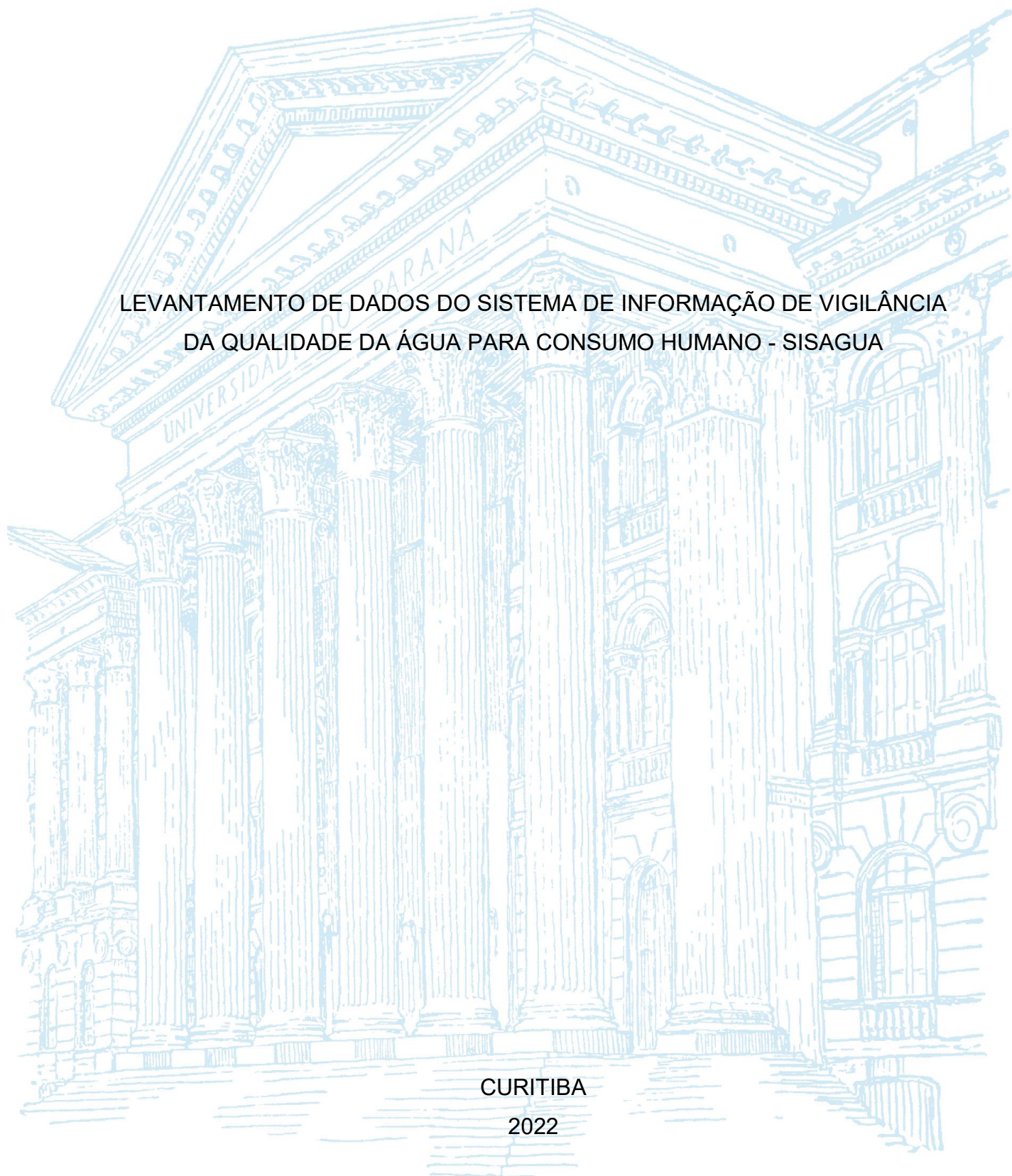
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

JACQUELINE BEATRIZ KASMIRSKI PESSATTI

LEVANTAMENTO DE DADOS DO SISTEMA DE INFORMAÇÃO DE VIGILÂNCIA
DA QUALIDADE DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO - SISAGUA

CURITIBA

2022



JACQUELINE BEATRIZ KASMIRSKI PESSATTI

LEVANTAMENTO DE DADOS DO SISTEMA DE INFORMAÇÃO DE VIGILÂNCIA
DA QUALIDADE DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO - SISAGUA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à disciplina de Monografia como requisito parcial à conclusão do Curso de Farmácia, Setor de Ciências da Saúde, Universidade Federal do Paraná.

Orientadora: Profa Dra. Cristiane da Silva Paula de Oliveira

CURITIBA

2022

AGRADECIMENTOS

A família, por ser meu porto seguro e me encorajar a ser protagonista da minha história, em especial a minha mãe que como mulher, trabalhadora assalariada e dona de casa, foi minha inspiração desde criança. Por me permitir sonhar com uma universidade pública e realizar esse anseio durante os anos de graduação, me acolhendo nos momentos difíceis e celebrando as conquistas do caminho.

Aos amigos, por ouvir, confortar, aconselhar e comemorar. Por serem minha família longe de casa e por terem tornado minha trajetória mais fortunosa e feliz.

Aos professores, por serem coadjuvantes na história de milhares de alunos, transmitindo seu conhecimento adquirido ao longo de suas carreiras e contribuindo para que a Universidade Federal do Paraná seja referência no ensino de Farmácia no Brasil.

A minha orientadora Profa. Dra. Cristiane da Silva, por confiar na idealização deste projeto. Pelo auxílio, entusiasmo e envolvimento que marcou sua orientação no desenvolvimento deste trabalho.

A Casa do Estudante Universitário do Paraná, que foi meu lar ao longo da graduação. Por ter apresentado pessoas queridas e ter proporcionado experiências que transformaram minhas perspectivas de vida, me tornando melhor profissional e melhor humana.

Às políticas de assistência estudantil, por assegurar a milhares de jovens melhores condições de permanência dentro da universidade, em particular àqueles em situação de fragilidade socioeconômica.

RESUMO

A água foi essencial para a manutenção da vida humana desde o surgimento das primeiras civilizações. Se antes seu papel na saúde da população ainda não era compreendido, hoje sabe-se que ela pode carregar organismos patogênicos e substâncias químicas que representam risco à saúde humana, sendo fundamental que a população tenha acesso a água suficiente e segura para suas necessidades diárias. No Brasil, o padrão de potabilidade da água para consumo humano é regulado pela Portaria GM/MS Nº 888/2021. A prevenção da transmissão de doenças de veiculação hídrica pela rede de abastecimento é o principal motivo para o monitoramento das características microbiológicas da água e da avaliação do processo de desinfecção da água ao longo da rede de abastecimento. Os dados da vigilância da qualidade da água para consumo humano estão disponíveis para a população através do Sisagua, que é um instrumento importante na avaliação, gerenciamento e prevenção dos riscos que a população é exposta. Dessa maneira, o objetivo do trabalho foi avaliar alguns parâmetros de qualidade da água que foi ofertada à população no Estado do Paraná e no município de Curitiba e acompanhar o lançamento desses dados no sistema nacional. Foram analisados os dados abertos do Sisagua referente à pesquisa de coliformes totais e *Escherichia coli*, contagem de bactérias heterotróficas e teor de cloro residual livre entre os anos de 2014 a 2022, até a data de coleta de dados. A pesquisa mostrou que nem todos os municípios paranaenses apresentaram dados das análises dos parâmetros básicos de qualidade da água no Sisagua, durante o período de estudo. Também foi observada uma redução no número de amostras anuais destinadas à pesquisa de coliformes totais e *Escherichia coli* ao longo do tempo, sendo que em Curitiba essas duas análises foram efetuadas em número menor de amostras anuais que o recomendado pelo Ministério da Saúde, na maior parte do período de estudo. No ano de 2022, até a data de coleta de dados, foi observado um aumento na detecção de coliformes totais e *Escherichia coli* em todo o Estado do Paraná. O maior percentual de coliformes totais foi detectado em soluções alternativas individuais de abastecimento e a maior parte das amostras positivas para *Escherichia coli* eram provenientes da zona rural, destacando-se o papel fundamental das equipes de saúde na orientação destes usuários quanto à adequação das condições estruturais das SAIs e quanto aos métodos alternativos de desinfecção. A determinação de cloro residual livre foi o parâmetro mais avaliado no Estado do Paraná e no município de Curitiba, sendo que neste município o número de amostras anuais analisadas estava de acordo com o proposto pelo Ministério da Saúde. Mais de 95% das amostras analisadas no município de Curitiba e no Estado do Paraná apresentaram teor de cloro residual livre dentro do limite especificado pela legislação. O trabalho contribuiu para fazer um diagnóstico da qualidade da água que está sendo ofertada nos municípios paranaenses e em Curitiba.

Palavras-chave: Água; Potabilidade; Vigilância; Sisagua.

ABSTRACT

Since the first civilizations water was essential to maintenance of life. If its role in public health was not understood before, today is well known that water may carry pathogens and chemical agents representing a risk for human health. Therefore, it is a key factor that people have access to sufficient and safe water. In Brazil, the potability of drinking water is regulated by Portaria GM/MS N° 888/2021. The prevention of transmission of waterborne diseases through the water supply system is the main reason for surveilling microbiological characteristics of water and for evaluating the disinfection process. Data from surveillance of drinking water quality are available to the population through Sisagua, an important tool for evaluation, management and prevention of risks that population is exposed to. Therefore, this work aimed to evaluate available data on Sisagua of some water-quality parameters in the state of Paraná and the city of Curitiba as well as monitor the feed of this national system. Open data were collected relative to the analysis of total coliforms, *Escherichia coli*, heterotrophic bacteria and residual chlorine free from 2014 to 2022, until data collection. The research showed that not all municipalities from the State of Paraná provided data from the analysis of basic water quality parameters in Sisagua during the study period. Furthermore, it was observed a reduction in the number of annual samples which the total coliform survey and *Escherichia coli* survey was performed throughout the study period. In the city of Curitiba, the analysis of these parameters was performed in a smaller number of annual samples recommended by the Ministry of Health in the majority of the survey period. In 2022, until data collection, there was an increase in detection of total coliform and *Escherichia coli* in samples from the State of Paraná. Samples collected from *Soluções Alternativas Individuais (SAI)* presented the highest percentage of total coliform and samples collected from rural areas presented the highest percentage of *Escherichia coli*, emphasizing the fundamental role of health care teams in the orientation of these users regarding adapting the structural conditions of SAI and alternative disinfection methods. The residual chlorine free was the most evaluated parameter in the State of Paraná and the city of Curitiba. Moreover, in this city the number of annual samples where this analysis was performed reached the minimum number of samples recommended by the Ministry of Health. More than 95% of the samples from the State of Paraná and from the city of Curitiba were within the limit specified in law. This work contributed making a diagnosis of supplied water quality in the State of Paraná and in the municipality of Curitiba.

Keywords: Water; Potability; Surveillance; Sisagua.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - TOTAL DE AMOSTRAS ANALISADAS ENTRE OS ANOS DE 2014 E 2021.....	31
--	----

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 - MUNICÍPIOS DO PARANÁ QUE DISPONIBILIZARAM DADOS DOS PARÂMETROS BÁSICOS DE QUALIDADE DA ÁGUA NO SISAGUA, ENTRE OS ANOS DE 2014 E 2021.	30
GRÁFICO 2 - MEDIDAS CORRETIVAS RELATADAS NO SISAGUA, APÓS PESQUISA POSITIVA DE <i>Escherichia coli</i> , NO ANO DE 2016 NO ESTADO DO PARANÁ.	37

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - DADOS DA PESQUISA DE COLIFORMES TOTAIS EXTRAÍDOS DO SISAGUA ENTRE OS ANOS DE 2014 E 2022.....	33
TABELA 2 - DADOS DA PESQUISA DE <i>Escherichia coli</i> EXTRAÍDOS DO SISAGUA ENTRE OS ANOS DE 2014 E 2022.	35
TABELA 3 - DADOS DA CONTAGEM DE BACTÉRIAS HETEROTRÓFICAS DISPONIBILIZADOS NO SISAGUA ENTRE OS ANOS DE 2014 E 2022.....	38
TABELA 4 - DADOS DA CONCENTRAÇÃO DE CLORO RESIDUAL LIVRE DISPONIBILIZADOS NO SISAGUA ENTRE OS ANOS DE 2014 E 2022.....	39

LISTA DE ABREVIATURAS OU SIGLAS

EAEC	- <i>Escherchia coli</i> Enteroagregativa
EIEC	- <i>Escherchia coli</i> Enteroinvasiva
EPEC	- <i>Escherchia coli</i> Enteropatogênica
ETA	- Estação de Tratamento de Água
ETEC	- <i>Escherchia coli</i> Enterotoxigênica
GM/MS	- Gabinete do Ministro/Ministério da Saúde
SAA	- Sistema de Abastecimento de Água
SAC	- Solução Alternativa Coletiva
SAI	- Solução Alternativa Individual
SANEPAR	- Companhia de Saneamento do Paraná
SISAGUA	- Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano
SUS	- Sistema Único de Saúde
UFC	- Unidades Formadoras de Colônia
VIGIAGUA	- Programa Nacional de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano
VTEC	- <i>Escherchia coli</i> Verocitotoxigênica

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
1.1 OBJETIVOS	19
1.1.1 Objetivo geral	19
1.1.2 Objetivos específicos.....	19
2 REVISÃO DE LITERATURA	20
2.1 ÁGUA	20
2.2 DOENÇAS VEICULADAS PELA ÁGUA.....	21
2.3 FORMAS DE ABASTECIMENTO	23
2.4 TRATAMENTO DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO	24
2.5 PARÂMETROS DE POTABILIDADE DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO ..	25
2.6 VIGIAGUA E SISAGUA.....	27
3 METODOLOGIA	29
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	43
5.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	44
REFERÊNCIAS	45
APÊNDICE 1 – NÚMERO TOTAL DE AMOSTRAS NAS QUAIS FORAM REALIZADAS A PESQUISA DE COLIFORMES TOTAIS E <i>ESCHERICHIA COLI</i>, CONTAGEM DE BACTÉRIAS HETEROTRÓFICAS E DETERMINAÇÃO DO TEOR DE CLORO RESIDUAL LIVRE DURANTE OS ANOS DE 2014 E 2022.	50
APÊNDICE 2 – DADOS EXTRAÍDOS DO SISÁGUA RELATIVOS ÀS ANÁLISES DE COLIFORMES TOTAIS, <i>ESCHERICHIA COLI</i>, BACTÉRIAS HETEROTRÓFICAS E CLORO RESIDUAL LIVRE, NO ESTADO DO PARANÁ, ENTRE OS ANOS DE 2014 E 2021.	51
APÊNDICE 3 – DADOS EXTRAÍDOS DO SISÁGUA RELATIVOS ÀS ANÁLISES DE COLIFORMES TOTAIS, <i>ESCHERICHIA COLI</i>, BACTÉRIAS HETEROTRÓFICAS E CLORO RESIDUAL LIVRE, NO MUNICÍPIO DE CURITIBA, ENTRE OS ANOS DE 2014 E 2021.	52

1 INTRODUÇÃO

É indiscutível a importância da água na manutenção da vida e no desenvolvimento das sociedades. Apesar disso, sem a compreensão de que a qualidade era fundamental para preservar a saúde da população, muitos períodos da história foram marcados pela intensa contaminação da água com esgoto doméstico, lixo e resíduos industriais, causados pelo homem, que sem o tratamento adequado, leva à ocorrência de diversas doenças transmitidas por ela (PITERMAN, GRECO, 2005).

As doenças veiculadas pela água têm fundamental importância epidemiológica pois podem atingir grande parcela da população, e além disso, podem provocar quadros sintomáticos mais graves em grupos vulneráveis. Uma variedade de microrganismos pode estar presente na água e causar infecções nos seres humanos, entre eles bactérias, protozoários, helmintos e vírus. A ausência desses microrganismos na água destinada ao consumo humano se configura como um importante mecanismo de proteção à saúde da população (LIBÂNIO, 2010).

A população pode obter água para suprir suas necessidades diárias através de um sistema de abastecimento de água (SAA) ou das soluções alternativas coletivas (SAC) ou individuais (SAI). O SAA é um sistema público de abastecimento constituído pelas atividades, infraestruturas e instalações necessárias, que vão desde a captação da água no meio ambiente, até as ligações prediais e respectivos instrumentos de medição. Já as Soluções Alternativas são uma modalidade de abastecimento distinta do sistema público que pode ser individual, quando atende a só um domicílio ou coletiva, abastecendo vários domicílios (BRASIL, 2020).

Uma diferença importante entre a distribuição coletiva e individual de água é no que se refere a desinfecção, processo em que os microrganismos da água são inativados ou removidos através da adição de agentes desinfetantes. Enquanto nas formas de distribuição coletiva esse procedimento é obrigatório, sendo que existe um profissional responsável pela garantia da qualidade da água que está sendo distribuída, nas soluções individuais os próprios consumidores devem executar procedimentos para tornar a água segura para consumo (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2020a).

Para tornar a água adequada ao consumo humano, é necessário submetê-la a um tratamento que envolve a remoção de matéria orgânica, compostos

inorgânicos e microrganismos que podem causar riscos à saúde da população. Além disso, também podem ser adicionados compostos que favoreçam a saúde da população, como compostos fluorados. No Brasil, o Ministério da Saúde é o órgão responsável pelo estabelecimento dos parâmetros de qualidade da água para consumo humano, e eles estão contidos na Portaria GM/MS Nº 888/2021 (BRASIL, 2021).

O cumprimento do padrão microbiológico da água é fundamental para a prevenção de surtos de doenças transmitidas pela água. Ele compreende a pesquisa de organismos indicadores, cuja análise é rápida e de baixo custo, fornecendo informações precisas sobre a qualidade e em tempo oportuno para que, caso seja necessário, sejam realizadas intervenções no sistema ou solução de abastecimento. A pesquisa de coliformes totais e *Escherichia coli* é obrigatória na água para consumo humano, que devem estar ausentes em todas as amostras (TORTORA *et. al.*, 2017; BRASIL, 2021).

Os coliformes totais são bastonetes gram negativos, não esporulados, que fermentam a lactose a 35°C. A *Escherichia coli* é uma espécie de coliforme, mas que continua fermentando a lactose a 45 °C, sendo por isso conhecida como coliforme termotolerante. Enquanto que os coliformes totais podem estar presentes no solo, plantas e na microbiota intestinal humana, a *Escherichia coli* é uma bactéria presente em grande número na microbiota intestinal humana, sendo um indicador preciso de contaminação da água com material fecal (TORTORA *et. al.*, 2017).

A contagem das bactérias heterotróficas, que necessitam de matéria orgânica como fonte de energia, também ajuda a avaliar a qualidade da água e a integridade do sistema de distribuição (PERES, 2011). Essa análise era exigida na legislação anterior, sendo recomendado um limite de 500 UFC/mL, mas deixou de ser obrigatória a partir de maio de 2021 com a publicação da nova norma que revogou a antiga (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2017; MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2021).

Finalmente, visto que a inativação e remoção de microrganismos pode ser realizada com a adição de agentes químicos desinfetantes na água, o monitoramento de sua concentração residual também é importante de forma a garantir que as características microbiológicas da água estejam adequadas em todo o sistema de distribuição, e que não ocorra sua recontaminação durante o percurso de transporte até o domicílio. O cloro, o agente desinfetante mais utilizado no tratamento, pode reagir com diversas substâncias orgânicas e inorgânicas presentes

na água, e em função disso, é obrigatória a manutenção de no mínimo 0,2 mg/L de cloro residual livre em toda a extensão do sistema de distribuição e pontos de consumo (COSTA *et. al*, 2015; BRASIL, 2021)

A verificação de outros parâmetros deve ser feita para atestar a qualidade da água que será consumida, para isso o fornecedor deverá providenciar a realização de análises laboratoriais para confirmação. Também o setor saúde deve fiscalizar e conferir se a água que chega a população vem atendendo o estabelecido nas normas de potabilidade, e isso ficou sendo de responsabilidade do Sistema Único de Saúde (SUS) através do Vigiagua que integra a Vigilância em Saúde Ambiental. Os resultados das análises realizadas devem ser registrados tanto pelo prestador como pelo setor saúde no Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano, o Sisagua, que é um instrumento utilizado no Brasil, disponível na *web*, para registro das formas de abastecimento de água de um município e dos dados de monitoramento da qualidade (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2020b; MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2020d).

As informações contidas nos relatórios do Sisagua permitem fazer um diagnóstico da qualidade da água que está sendo ofertada à população, e os relatórios gerados auxiliam os gestores de saúde no gerenciamento e prevenção de riscos à população (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2020d).

A Companhia de Saneamento do Paraná (Sanepar), além dos registros no Sisagua, também fornece informações relativas às análises realizadas no *site* da companhia, tendo em vista ser previsto em Legislação. Ela é responsável pelo abastecimento de água em 345 municípios do Paraná, sendo que em Curitiba, a água tratada, de acordo com a empresa, atende 100% de toda a população urbana. A população pode ter acesso aos relatórios anuais de qualidade água, que são disponibilizados no *site* da companhia com os valores médios das análises dos parâmetros coliformes totais, cor, turbidez, cloro e flúor, de amostras coletadas em pontos estratégicos da rede, e o número de amostras avaliadas. Além disso, também são disponibilizados resultados das análises, com média dos últimos 30 resultados, de várias características da água (SANEPAR, 2022).

Neste sentido, este trabalho teve por objetivo realizar um levantamento dos dados sobre os registros de alguns parâmetros no Sisagua, para traçar um perfil sobre os lançamentos de dados e atendimento aos parâmetros de potabilidade estabelecidos em norma específica, no município de Curitiba e no estado do Paraná.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Realizar um levantamento dos dados sobre os registros de alguns parâmetros no Sisagua relacionados ao município de Curitiba e no Estado do Paraná.

1.1.2 Objetivos específicos

Verificar a alimentação do Sisagua pelos municípios paranaenses com os resultados das análises da água para consumo humano;

Verificar se os parâmetros microbiológicos da potabilidade da água estão sendo atendidos pelos municípios paranaenses;

Verificar se os parâmetros de desinfecção da água para consumo humano estão sendo atendidos pelos municípios paranaenses;

Comparar os resultados encontrados no município de Curitiba com os resultados encontrados no Estado do Paraná;

Avaliar a conduta no Estado do Paraná frente às amostras com indicação de contaminação com material fecal.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 ÁGUA

A água é um elemento indispensável para a manutenção da vida. Seja para ingestão e preparo de alimentos, seja através da irrigação, recreação ou como meio de transporte, as diversas formas de organização das sociedades, que se deram em torno de corpos de água ou costas marítimas, demonstram sua importância na vida das populações (PITERMAN; GRECO, 2005).

Um corpo hídrico tem sua composição modificada ao longo do tempo e do seu curso, e são duas propriedades da água que permitem que isso aconteça. Uma delas é a sua boa capacidade de dissolução, que explica seu reconhecimento como solvente universal de substâncias. Junto a isso, ela também é veículo para diversos elementos, que são carreados ao longo do curso da água. Sendo assim, diversos compostos orgânicos e inorgânicos, assim como organismos vivos, estão presentes na água e conferem a ela diferentes características químicas, físicas e biológicas (LIBÂNIO, 2010).

Mas a compreensão de que a condição da água tem influência na saúde da população nem sempre foi realidade. O crescimento populacional e o aumento das atividades industriais foram fatores responsáveis pela maior geração de esgotos domésticos e rejeitos, cujo destino final era o ambiente aquático. Tais fatores favoreceram a poluição dos corpos de água e a contaminação com matéria orgânica e organismos patogênicos, que em regiões com condições sanitárias precárias, expõe a população a diversas enfermidades (PITERMAN e GRECO, 2005; MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006).

Inúmeros períodos da história foram marcados por condições sanitárias precárias e água de baixa qualidade, como também por surtos e epidemias de doenças veiculadas pela água (PITERMAN; GRECO, 2005). Hoje, há uma crescente preocupação com a qualidade da água que é ofertada à população, e no que diz respeito às suas características biológicas, o principal fator de risco à saúde pública é a ingestão de água que contém vírus, bactérias e parasitas (como protozoários e helmintos), geralmente associados a contaminação com material fecal, que podem causar doenças na população (LIBÂNIO, 2010; WHO, 2017).

2.2 DOENÇAS VEICULADAS PELA ÁGUA

As doenças de transmissão hídrica têm potencial de atingir grande parte da população, sendo que em muitos casos, elas estão associadas a quadros leves de doenças gastrointestinais. No entanto, algumas infecções, ao atingir grupos vulneráveis como crianças, idosos e imunossuprimidos, podem levar a quadros graves de doenças, inclusive à morte (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2017).

Diversas espécies de protozoários vivem no trato gastrointestinal humano em parte de seu ciclo evolutivo, desenvolvendo formas parasitárias, como cistos e oocistos, responsáveis pela transmissão de doenças. Essas formas parasitárias são eliminadas nas fezes, e em locais carentes de saneamento básico, pode favorecer a disseminação de algumas infecções (LIBÂNIO, 2010).

A amebíase e a giardíase são infecções causadas pelos protozoários *Entamoeba histolytica* e *Giardia intestinalis*, respectivamente, sendo transmitidas pela ingestão de cistos presentes em água e alimentos contaminados. Embora as infecções sejam assintomáticas na maior parte dos casos, em alguns grupos populacionais os sintomas são mais graves. A *Entamoeba histolytica*, ao invadir a mucosa intestinal, pode provocar colite, disenteria, apendicite e outros problemas no trato gastrointestinal e extra-intestinais, enquanto que os sintomas da giardíase incluem diarreia, dor abdominal, náuseas e vômitos, sendo que em infecções crônicas provoca má absorção de nutrientes. Em ambos os casos, mesmo em infecções assintomáticas, os cistos são eliminados nas fezes dos indivíduos afetados, que sem o tratamento de esgoto adequado, pode contaminar água e alimentos (CORDEIRO, MACEDO, 2007; SANTANA et. al, 2014)

A criptosporidiose é causada pela ingestão de oocistos do protozoário *Cryptosporidium spp.* Os oocistos são eliminados nas fezes de indivíduos doentes e sem o tratamento adequado, podem contaminar água e alimentos. A criptosporidiose também provoca diarreia autolimitada em pessoas imunocompetentes, mas os sintomas podem se agravar nos indivíduos com atividade imunológica baixa, causando má absorção de nutrientes e perda de peso (CENTER FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION, 2019).

Além de protozoários, as infecções causadas por outras classes de parasitas também trazem problemas à saúde humana. Uma pessoa com ascaridíase, infecção causada por *Ascaris lumbricoides*, elimina milhares de ovos do parasita por dia,

responsáveis pela transmissão da doença. A ascariíase leva a desnutrição, má absorção de nutrientes, dor abdominal e obstrução intestinal, mas ela também pode causar complicações pulmonares devido ao ciclo de vida do parasita (CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION, 2019; SOARES *et. al.*, 2018).

A esquistossomose também é uma doença de importância epidemiológica causada por trematódeos de espécies de *Schistosoma spp.* A espécie *Schistosoma mansoni* é muito comum no Brasil. Os ovos dos trematódeos são eliminados nas fezes de pessoas infectadas e em contato com a água doce, liberam os miracídios, que penetram em caramujos do gênero *Biomphalaria*. Nesses hospedeiros intermediários são desenvolvidas as larvas (denominadas cercárias), que após sua eliminação na água, têm potencial de infectar as pessoas através da penetração pela pele ou pelas mucosas. Nos organismos humanos, elas atingem a circulação sanguínea por onde são levadas a diversos outros locais, sendo que o fígado é o principal órgão atingido. Os sintomas da doença podem ser mais brandos, como reações de hipersensibilidade cutânea. Mas a longo prazo, o parasita pode causar danos no fígado, baço, intestino, pulmões e bexiga (CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION, 2019).

Outra classe de organismos patogênicos que se desenvolvem no trato gastrointestinal e são transmitidos pela água são os vírus. A poliomielite é causada pelo poliovírus cuja transmissão pode se dar via fecal-oral ou por gotículas da faringe. Grande parte das infecções é assintomática ou apresenta sintomas de infecções respiratórias e gastrintestinais. Apesar disso, em alguns casos os poliovírus podem atingir o sistema nervoso central, em especial a medula espinhal, onde se replicam e provocam lesões nas células afetadas. Essas lesões prejudicam a produção de estímulos responsáveis pela contração dos músculos, e podem provocar paralisia muscular e sequelas permanentes (BLONDEL *et. al.*, 2005).

A hepatite A é outra doença viral relacionada à transmissão hídrica é cujo agente infeccioso é o HAV. Ao entrar no trato gastrointestinal após a ingestão de comida ou água contaminada, o HAV infecta as células epiteliais e, através da circulação sanguínea, alcança o fígado, onde pode causar danos nos hepatócitos. Na maior parte dos casos os danos no fígado são mínimos, mas a gravidade da doença aumenta com o avançar da idade. Além disso, a recuperação dos danos hepáticos também é um processo lento que pode incapacitar os pacientes por semanas (WHO, 2017).

Todos esses exemplos evidenciam que o tratamento adequado da água para consumo humano, assim como a boa gestão do sistema de abastecimento da água, representa um recurso fundamental na prevenção de surtos de doenças veiculadas pela água e na proteção da saúde da população (World Health Organization, 2017).

2.3 FORMAS DE ABASTECIMENTO

O fornecimento de água à uma população pode ser efetuado de diversas maneiras. Um sistema de abastecimento de água (SAA) se destina a oferecer água dentro dos padrões de potabilidade para uma população, e é composto por instalações, equipamentos e serviços. É o mais eficiente no controle de qualidade da água e é indicado em locais com grande concentração de pessoas. Dentro desse sistema, a água passa por várias etapas até estar própria para consumo humano: inicialmente, a água bruta é captada do manancial e conduzida até as unidades de tratamento. Ali ela passa por processos químicos e físicos que retiram as substâncias com potencial de causar danos à saúde humana. Após o tratamento, ela é dirigida aos reservatórios e por fim, é distribuída aos consumidores finais (BRASIL, 2021).

Além do sistema de abastecimento de água, outra modalidade de fornecimento de água são as soluções alternativas coletivas (SAC). Essa categoria também fornece água para grande quantidade de pessoas, mas não apresentam rede de distribuição. As SACs podem ser providas de canalização, que conduzem a água da saída do tratamento até o reservatório ou as residências (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2020a)

Por fim, também existem as soluções alternativas individuais (SAI), que se destinam a atender uma residência com única família e seus agregados. De maneira geral a água passa por três etapas: captação (que pode ser superficial, subterrânea ou água da chuva); reservação (como em caixas d'água) e tratamento intradomiciliar, como o filtro doméstico. Exemplos de soluções alternativas individuais são os poços e as cisternas de água da chuva (BRASIL, 2021; MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2020a).

Como forma de preservar a qualidade microbiológica da água, é obrigatório para todas as formas coletivas de abastecimento (SAA e SAC) a realização do

processo de desinfecção da água ou adição de desinfetante, mantendo o teor residual mínimo exigidos pela legislação. Nessas formas de abastecimento também é exigido um responsável que garanta que a água tratada esteja própria para consumo humano. O mesmo não acontece na SAI, onde os próprios moradores atendidos pelo sistema devem tomar as medidas necessárias para evitar a contaminação da água e torná-la própria para consumo (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2020a; BRASIL, 2021).

2.4 TRATAMENTO DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO

A transformação da água bruta em água potável ocorre nas Estações de Tratamento da água (ETA). Além de prevenir as doenças de transmissão hídrica, o tratamento da água remove substâncias químicas que podem vir a causar riscos à saúde, adequa as características organolépticas da água para que esta seja aceitável para o consumidor, e ajusta as características a fim de proteger o sistema de abastecimento (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2021).

O tratamento convencional da água é a técnica mais utilizada no Brasil. Esse procedimento envolve etapas de coagulação, floculação, decantação, filtração e desinfecção. Outras etapas, como a fluoretação para a prevenção da cárie dentária, e a correção do pH para proteger o sistema de abastecimento, também podem ser adotadas (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2021).

A coagulação é o primeiro processo do tratamento, onde são modificadas de maneira significativa a cor e a turbidez da água. Para isso são utilizadas substâncias coagulantes, que desestabilizam as partículas coloidais e em suspensão presentes na água, e permitem que elas possam se aderir umas às outras. Em seguida a formação de coágulos ocorre a etapa de floculação, onde as partículas desestabilizadas na coagulação se agregam, atingindo peso, tamanho e densidade adequados às etapas posteriores do tratamento (LIBÂNIO, 2010; MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2021).

Os flocos formados podem ser separados da água pela ação da gravidade na etapa de decantação, onde ficam sedimentados no fundo do tanque. Quando forem formados flocos de baixa velocidade de sedimentação, uma alternativa é a utilização de bolhas de gás para carrear as partículas para a superfície da água, processo conhecido como flotação. Por fim, as partículas ainda presentes na água

são separadas na etapa de filtração, onde a água passa por material de leito granular que constituem os filtros (LIBÂNIO, 2010; MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2021).

A destruição e inativação dos microrganismos ocorre na etapa de desinfecção com a aplicação de desinfetantes. Utilizado em larga escala, o cloro consegue inativar esses microrganismos em tempo relativamente curto, não sendo tóxico nas concentrações usuais de desinfecção e produzindo residuais relativamente estáveis. O ácido hipocloroso, gerado após a dissolução do cloro na água, é o principal composto responsável pela desinfecção durante a cloração (ALVARENGA, 2010; COSTA *et. al*, 2015).

Em seguida, compostos fluorados podem ser adicionados a água para prevenção da cárie dentária, processo conhecido como fluoretação. Trata-se de política pública instituída em 1974 pela Lei nº 6.050, que visa a promoção da saúde da população exigindo dos responsáveis pelo abastecimento a adição de fluoreto à água. Finalmente, como medida de prevenção para evitar a formação de incrustações e corrosões no sistema, principalmente na tubulação condutora de água, é feita a correção do pH (BRASIL, 1974; MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2021).

Após o tratamento, a água potável é armazenada em locais estratégicos próximos aos pontos de consumo. Nesse ponto, qualquer fonte de contaminação pode ser determinante na perda de qualidade da água. Por fim, essa água alcança a população através das tubulações da rede de distribuição (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2021).

2.5 PARÂMETROS DE POTABILIDADE DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO

A água tratada, própria para o consumo humano, deve atender uma série de padrões físicos, químicos e biológicos que atestam sua qualidade. Esses parâmetros são conhecidos como padrão de potabilidade da água, e no Brasil, são regulamentados pela Portaria GM/MS nº 888, de 04 de maio de 2021 que também estabelece procedimentos de controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano (BRASIL, 2021).

Para o padrão bacteriológico da água, a Portaria GM/MS nº 888/2021 determina que os coliformes totais, organismos indicadores de eficiência do tratamento, devem estar ausentes em 100 mL de amostra. Já a pesquisa de

Escherichia coli, indicador de contaminação fecal, também deve indicar ausência em 100 mL de todas as amostras analisadas.

Os parâmetros de qualidade microbiológico da água para consumo humano envolvem a pesquisa de organismos indicadores, que sobrevivem tão bem como os organismos patogênicos e são de rápida e fácil detecção. Essa estratégia se mostra mais efetiva que a pesquisa de patógenos em si e possibilita que, caso sejam necessárias, as intervenções sejam realizadas em tempo oportuno (TORTORA *et. al*, 2017; BRASIL, 2020b).

Os coliformes são bactérias bastonetes gram-negativos, aeróbios ou anaeróbios facultativos, que não formam esporos e fermentam a lactose a 35 °C. Eles podem ser encontrados na microbiota intestinal humana, além de serem encontrados em plantas e solos, ou seja, de vida livre e por isso, sua presença não indica necessariamente contaminação com material fecal humano. Contudo, os coliformes termotolerantes como a espécie *Escherichia coli*, continuam a fermentar a lactose a 45 °C com formação de gás e estão presentes em grande quantidade na microbiota intestinal humana. Em razão disso, sua presença na água indica de maneira precisa a poluição da água com material fecal (PEREZ, 2011; TORTORA *et. al*, 2017; MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2020c).

Outro parâmetro que também ajuda a determinar a qualidade da água para consumo humano é a contagem das bactérias heterotróficas, mas essa análise deixou de ser obrigatória na portaria em vigor desde o ano de 2021. Como forma de avaliar a integridade do sistema de distribuição, a legislação anterior ainda exigia a contagem desses microrganismos em 20% das amostras onde era realizada a pesquisa de coliformes totais, sendo recomendado o limite de 500 UFC/mL (PEREZ, 2011; BRASIL, 2017; MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2020b).

A inativação e remoção dos microrganismos ocorre principalmente na etapa de desinfecção. Mas a concentração desses desinfetantes pode ser reduzida ao longo da rede de distribuição, principalmente devido a reação com substâncias químicas, orgânicas e inorgânicas presentes na água, como a amônia, e isso pode comprometer a desinfecção da água em alguns pontos de consumo. Dessa maneira, além da presença de organismos indicadores, também é importante monitorar o teor residual dos desinfetantes ao longo do sistema de distribuição de forma a impedir que a água tratada seja novamente contaminada (COSTA *et. al*, 2015; MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2020b).

No Brasil, é obrigatória em toda a extensão do sistema de distribuição da água e nos pontos de consumo, a manutenção de, no mínimo, 0,2 mg/L de cloro residual livre. Essa denominação se refere a quantidade de ácido hipocloroso (HClO) e íon hipoclorito (OCl⁻). O valor máximo permitido para cloro residual livre é 5 mg/L, pois a partir desse limite, podem ser gerados subprodutos de desinfecção que também podem trazer riscos à saúde humana (BRASIL, 2021; ALVARENGA, 2010; COSTA *et. al*, 2015).

2.6 VIGIAGUA E SISAGUA

A vigilância da qualidade da água tem por finalidade avaliar se a água que está sendo disponibilizada pela população apresenta risco à saúde, e é realizada pelas autoridades de saúde pública, nas esferas federais, estaduais, municipais e no distrito federal. No Brasil, as ações de vigilância são estabelecidas pelo Programa Nacional de Qualidade da água para Consumo Humano (VIGIAGUA), onde as autoridades de saúde pública das esferas federais, estaduais, municipais e do distrito federal têm responsabilidade no que se refere ao cumprimento do padrão de potabilidade da água e no gerenciamento dos riscos que a água pode trazer à saúde da população (JUNIOR *et. al*, 2019).

O Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (Sisagua) é uma ferramenta disponibilizada pelo Ministério da Saúde onde são inseridos dados relativos ao abastecimento e a qualidade da água ofertada à população, como os mananciais utilizados, localidades abrangentes do município, população abastecida, resultados das análises realizadas em cada município, entre outras informações. Com esses dados é possível gerar relatórios que auxiliam as autoridades de saúde a analisar as condições de abastecimento público e promover ações de forma a prevenir riscos e promover saúde (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2020d).

Os dados contidos no Sisagua também auxiliam no processo de inspeção sanitária em sistemas ou soluções de abastecimento. Essas inspeções ocorrem de forma programada ou decorrente de situações de denúncias e investigações epidemiológicas, e verificam se os componentes desses sistemas ou soluções estão produzindo água segura para consumo humano. Do Sisagua podem ser levantados dados cadastrais e informações do monitoramento da qualidade da água, que são

úteis na identificação de falhas no processo de tratamento e no controle das operações. Para acessar o Sisagua é necessária autorização da autoridade de saúde e cadastro com acesso permitido através de senha pessoal. Setor saúde e prestador de serviço alimentam esse banco de dados com as informações sobre as formas de abastecimento e resultados das análises laboratoriais realizadas. Dados do Sisagua podem ser acessados pela população através do Portal Brasileiro de Dados Abertos no link <https://dados.gov.br/> (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2020d.)

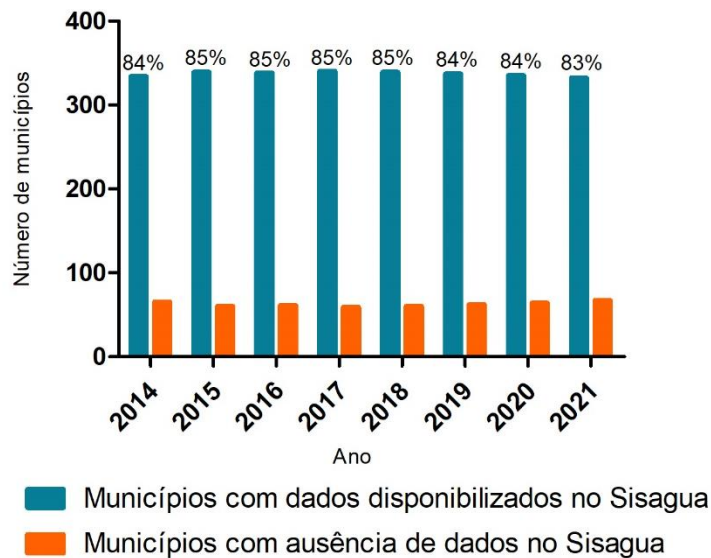
3 METODOLOGIA

Trata-se de um estudo exploratório, descritivo e retrospectivo com levantamento de dados de domínio público disponibilizados pelo Ministério da Saúde no Portal Brasileiro de Dados Abertos com acesso através do link <https://dados.gov.br/dataset?tags=SISAGUA> sobre o monitoramento da qualidade da água para consumo humano. São dados inseridos no Sisagua pelo setor saúde sobre: Cloro Residual Livre, coliformes totais, *Escherichia coli* e bactérias heterotróficas do período de janeiro de 2014 até junho de 2022, relacionadas ao município de Curitiba e do Estado do Paraná. A coleta de dados (obtenção das planilhas de registro) foi realizada em 25 de junho de 2022. Para verificação dos dados relacionados aos resultados da análise da presença de coliformes totais e *Escherichia coli* foi considerando a presença ou ausência desses microrganismos nas amostras. Para a verificação dos dados relacionados às análises de bactérias heterotróficas foi verificado o limite de 500 UFC/mL, sendo observado o percentual de amostras com resultado igual ou inferior a 500 UFC/mL e resultados superiores. Por fim, os dados relacionados ao cloro residual livre foram levantados e agrupados de 3 formas: valores abaixo de 0,2 µg/L (valor mínimo especificado pela legislação), valores acima de 5 µg/L (valor máximo permitido) e resultados dentro do intervalo de 0,2 µg/L e 5 µg/L. Com os resultados disponibilizados da pesquisa de *Escherichia coli* no Estado do Paraná, no ano de 2016, foi observada e avaliada a conduta no caso de amostras positivas. Foi realizada análise percentual dos dados levantados.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O levantamento de dados mostrou que, durante o período analisado, a alimentação do sistema de dados de qualidade da água não foi realidade em todos os municípios do Paraná. O Gráfico 1 apresenta o número de municípios que disponibilizaram qualquer registro das análises dos parâmetros básicos de qualidade da água entre os anos de 2014 e 2021, assim como o percentual que representam em relação ao número total de municípios do Estado do Paraná, e o número de municípios que não apresentaram estes dados.

GRÁFICO 1 - MUNICÍPIOS DO PARANÁ QUE DISPONIBILIZARAM DADOS DOS PARÂMETROS BÁSICOS DE QUALIDADE DA ÁGUA NO SISAGUA, ENTRE OS ANOS DE 2014 E 2021.



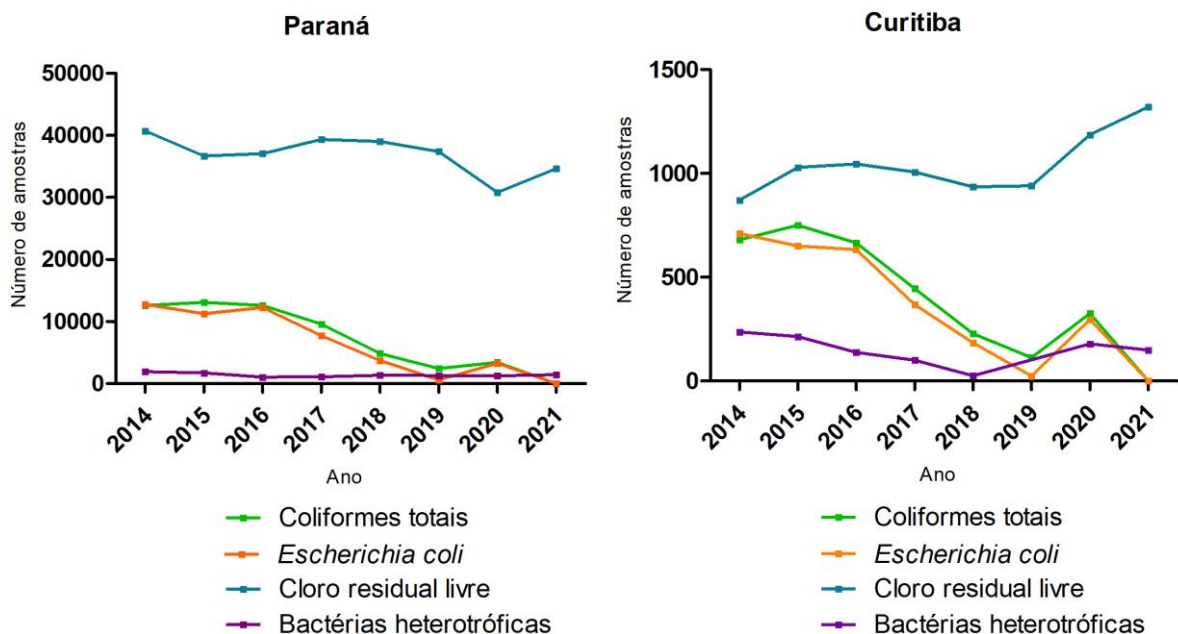
FONTE: A autora (2022).

Uma maior participação dos municípios paranaenses no sistema nacional foi observada no ano de 2022, sendo que até a data de coleta dos dados, 347 municípios do total de 399 municípios paranaenses inseriram no sistema qualquer registro das análises, maior valor entre o período analisado, que corresponde a cerca de 87% dos municípios do Paraná. A legislação estabelece que é a inserção e atualização de dados relativos à vigilância da qualidade da água no Sisagua é de responsabilidade das secretarias municipais de saúde. A ausência desses dados prejudica a análise de segurança da água que é ofertada à população e no gerenciamento de riscos pelas autoridades de saúde, além de impossibilitar que a

população tenha acesso aos dados de qualidade da água que está consumindo (BRASIL, 2021).

Os dados disponibilizados no Sisagua mostram que a determinação de cloro residual livre foi o parâmetro mais pesquisado nas amostras de água, dentre os parâmetros analisados neste trabalho (Figura 1). No Estado do Paraná, no período de 2014 a 2021, a média de amostras analisadas para determinação de cloro residual livre foi de 36.960, enquanto que a média de amostras nos municípios de Curitiba foi de 1042. Além disso, pode ser observada uma redução no número total de amostras onde foi feita a pesquisa de coliformes totais e *Escherichia coli* a partir do ano de 2017 nos municípios paranaenses, incluindo o município de Curitiba, sendo que no ano de 2021 não foram localizados registros destes parâmetros. O número de amostras onde foi realizada a contagem de bactérias heterotróficas teve oscilação ao longo do período analisado.

FIGURA 1 - TOTAL DE AMOSTRAS ANALISADAS ENTRE OS ANOS DE 2014 E 2021.



FONTE: A autora (2022).

O número total de amostras do Estado do Paraná e do município de Curitiba onde foram realizadas as análises de coliformes totais, *Escherichia coli*, bactérias heterotróficas e cloro residual livre entre os anos de 2014 a 2022, até a data de coleta de dados, pode ser visualizado no Apêndice 1.

Em 2016, o Ministério da Saúde lançou diretrizes para a elaboração e implementação dos planos de amostragem para vigilância de qualidade da água nos municípios brasileiros, realizada pelas autoridades de saúde pública, levando em consideração a população atendida pelos sistemas ou soluções de abastecimento. Com base neste documento, é possível avaliar se no município de Curitiba estão sendo atendidos os critérios definidos quanto ao plano de amostragem e ao número mínimo de amostras a serem analisadas (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2016).

De acordo com o último censo demográfico, realizado em 2010, Curitiba contava com 1.751.907 habitantes (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2017). Considerando que a totalidade dos munícipes sejam atendidos pelo sistema de abastecimento ou soluções alternativas, e de acordo com essas diretrizes nacionais, o número mínimo de amostras mensais para vigilância da qualidade da água, implementada e exercida pela autoridade de saúde pública, onde devem ser realizadas as análises de coliformes totais, *Escherichia coli* e cloro residual livre seria de 60 amostras, que ao longo do ano contabilizariam 720 amostras anuais (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2016).

Entretanto, os dados extraídos do Sisagua mostram que, ao longo do período de estudo, apenas no ano de 2015 que o município de Curitiba teria atingido o marco de 720 amostras anuais onde foi feita a pesquisa de coliformes totais, sendo que nos anos 2018, 2019, 2020 e 2022 (considerando a data de coleta de dados) o número total de amostras analisadas foi menor que a metade das amostras recomendadas pelo Ministério da Saúde, totalizando respectivamente 228, 113, 325 e 129 amostras anuais analisadas. A pesquisa de *Escherichia coli* mostrou resultados semelhantes, sendo que em nenhum momento do período de estudo foi atendido o número mínimo de amostras recomendados pelo Ministério da Saúde. O pior resultado encontrado foi no ano de 2019, onde apenas 24 amostras tiveram os resultados da pesquisa de *Escherichia coli* disponibilizados no Sisagua.

O cloro residual livre teve maior frequência de análise entre os parâmetros analisados neste trabalho. Apenas no ano de 2022, que contém dados disponibilizados até o dia 25 de junho de 2022, data de coleta de dados do sistema, não foi atingido o número mínimo de amostras analisadas, com um total de 133 registros. Em 2014 (872), 2015 (1029), 2016 (1046), 2017 (1007), 2018 (935), 2019 (941), 2020 (1187) e 2021 (1320) o número total de amostras analisadas foi superior ao número mínimo recomendado pela legislação.

As amostras de água destinadas ao monitoramento da qualidade devem ser provenientes de todas as formas de abastecimento que são utilizadas no município (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2016). A análise do plano de amostragem no município de Curitiba é preocupante pois o município não estaria atendendo ao número mínimo de amostras recomendado pelo Ministério da Saúde, o que dificulta o diagnóstico das condições de abastecimento e a identificação de situações de risco dentro do município.

Os dados da pesquisa de coliformes totais estão presentes na Tabela 1.

TABELA 1 - DADOS DA PESQUISA DE COLIFORMES TOTAIS EXTRAÍDOS DO SISAGUA ENTRE OS ANOS DE 2014 E 2022.

PARANÁ									
Ano	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Ausente	11915	12182	11670	8978	4458	2170	3217	0	7507
Presente	686	931	952	607	383	250	231	0	5518
CURITIBA									
Ano	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Ausente	670	718	657	444	220	108	320	0	129
Presente	11	32	9	2	8	5	5	0	4

Fonte: A Autora (2022).

No Estado do Paraná, entre os anos de 2014 a 2020, em mais de 89% das amostras anuais analisadas os coliformes totais estavam ausentes. No município de Curitiba essa porcentagem é ainda maior, com mais 95% das amostras anuais negativas para a pesquisa desses microrganismos. No entanto, no ano de 2022 houve um aumento considerável no número de amostras positivas para coliformes em todo Estado do Paraná, com mais de 42% de todas as amostras analisadas até a data de coleta de dados.

Nos pontos de consumo e no sistema de distribuição de SAA, a legislação determina que os coliformes totais podem estar presentes em até 5% das amostras mensais analisadas, onde a população abastecida é superior a 20.000 habitantes. Considerando as amostras anuais analisadas em todos os municípios do Estado do Paraná, esse requisito não foi cumprido em nenhum ano durante o período de estudo, sendo que em 2014 houve o menor percentual de amostras positivas para coliformes totais (5,4%) e em 2022 o maior percentual (42,4%). O oposto foi observado no município de Curitiba. Entre os anos de 2014 a 2022, o total de

amostras anuais com resultado positivo não ultrapassou 5% do total de amostras analisadas. No ano de 2019, essas bactérias foram detectadas em 4,42% de todas as amostras anuais analisadas, maior valor entre o período de estudo, enquanto que em 2016, a presença foi confirmada em 1,3% do total de amostras anuais analisadas, menor valor entre o período analisado.

Os coliformes totais não são bactérias patogênicas e como mencionado anteriormente, também não são indicadores de contaminação fecal, visto que muitos coliformes têm vida livre, habitando plantas, águas e solos. Entretanto, sua detecção pode ser indicativa de falhas no tratamento da água, que inclusive pode levar a ineficiência na eliminação de organismos patogênicos, ou de provável contaminação da água no sistema de distribuição (BRASIL, 2006).

Das 5.518 amostras onde foram detectados coliformes totais em 2022 no Estado do Paraná, 3.917 amostras eram provenientes de Sistemas Alternativos Individuais (SAI). O trabalho de Oliveira *et. al* (2017) mostrou que, em geral, a qualidade da água utilizada em Sistemas Alternativos Individuais (SAI) não é analisada com frequência, assim como não é realizado com frequência o processo de cloração. Isso pode ser um problema já que os mananciais podem conter alto nível de poluição devido ao lançamento de efluentes domésticos no solo, fossas mal construídas/preservadas, acúmulos de resíduos sólidos ou dejetos de animais. Esses fatores, juntamente com a ausência de qualquer tratamento da água consumida, podem contribuir para a ocorrência de agravos à saúde dos usuários.

O aumento na ocorrência de amostras positivas em sistemas de abastecimento coletivos também é motivo de preocupação, e é importante que as causas desse aumento sejam investigadas pelas autoridades sanitárias e de saúde, de modo que as falhas, se encontradas, sejam corrigidas, e o consumo da água não apresente risco à saúde da população.

Os dados da pesquisa de *Escherichia coli* podem ser visualizados na Tabela 2.

TABELA 2 - DADOS DA PESQUISA DE *Escherichia coli* EXTRAÍDOS DO SISAGUA ENTRE OS ANOS DE 2014 E 2022.

PARANÁ									
Ano	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Ausente	12625	11135	12130	7637	3674	582	3230	0	10239
Presente	128	118	159	99	63	8	35	0	2762
CURITIBA									
Ano	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Ausente	710	650	632	368	183	24	297	0	132
Presente	1	0	1	0	1	0	0	0	1

Fonte: A Autora (2022).

No Estado do Paraná, a bactéria esteve ausente em mais de 98% das amostras anuais, entre os anos de 2014 e 2020, enquanto que no município de Curitiba, as amostras com pesquisa negativa correspondiam a mais de 99% de todas as amostras anuais analisadas. Entretanto, no ano de 2022, até a data de coleta de dados, também foi observado aumento no número de amostras positivas para *Escherichia coli* no Estado do Paraná, cuja presença foi confirmada em 21,24% das amostras anuais analisadas, maior valor dentro do período de estudo.

Se a presença de coliformes totais na água não confirma a contaminação da água com material fecal, a detecção de *Escherichia coli*, uma bactéria residente no intestino de animais de sangue quente, inclusive os seres humanos, sinaliza de maneira precisa o contato, direto ou indireto, da água com fezes. Além de indicador de contaminação fecal, a presença de *Escherichia coli* deve servir como sinal de alerta de que a água analisada pode abrigar outros microrganismos patogênicos. O intestino humano é habitat para diversos agentes patológicos, como protozoários, vírus e bactérias, que liberam formas infecciosas através das fezes da pessoa contaminada. Em geral, essas formas infecciosas não se reproduzem na água, mas ao serem carregadas pela água, podem infectar outros indivíduos e favorecer a transmissão de doenças à população (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006; MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2020b).

A presença de *Escherichia coli* na água também é, por si só, um risco à saúde da população, visto que, diferentes cepas da espécie são responsáveis por causar doenças intestinais, infecções no trato urinário, meningite neonatais e

gastroenterites. Saxema et. al. (2015) cita 5 cepas de *Escherichia coli* que são patogênicas para seres humanos.

A primeira cepa conhecida como causadora de diarreia é a *Escherichia coli* Enteropatogênica (EPEC), sendo desconhecida a produção de toxinas ou fatores de invasão produzidos pela EPEC. A *Escherichia coli* Enterotoxigênica (ETEC) é uma cepa não-invasiva e produtora de toxinas, muito comum em países em desenvolvimento, que causa diarreia em crianças e em viajantes. Outra cepa não invasiva associada a diarreia aguda e persistente é a *Escherichia coli* Enteroagregativa (EAEC), também produtora de toxinas (SAXENA et. al, 2015).

Algumas linhagens são mais perigosas e causam sintomas mais fortes que diarreia. A *Escherichia coli* Enteroinvasiva (EIEC) pode invadir os tecidos colonizados provocando infecções mais fortes, com fortes cólicas abdominais, febre, diarreia e mal-estar. Por fim, a *Escherichia coli* Verocitotoxigênica (VTEC) é produtora de toxinas muito fortes, que podem causar colite hemorrágica, síndrome urêmica hemolítica, púrpura trombótica trombocitopênica, e outros danos no sistema nervoso, além de morte (SAXENA et. al. 2015).

Os registros do ano de 2022 disponibilizados no Sisagua até a data de coleta de dados, revelaram um aumento considerável na detecção de *Escherichia coli* nas amostras analisadas em todo o Estado do Paraná, se comparado com os períodos anteriores. Das 2.762 amostras positivas na pesquisa de *Escherichia coli* em 2022, 2.332 eram provenientes de Soluções Alternativas Individuais (SAI), 60 amostras provenientes de Sistemas de Abastecimento de Água (SAA) e 370 amostras provenientes de Soluções Alternativas Coletivas (SAC). Além disso, cerca de 92% das amostras contaminadas com *Escherichia coli* (2.560) eram da zona rural de regiões do estado do Paraná.

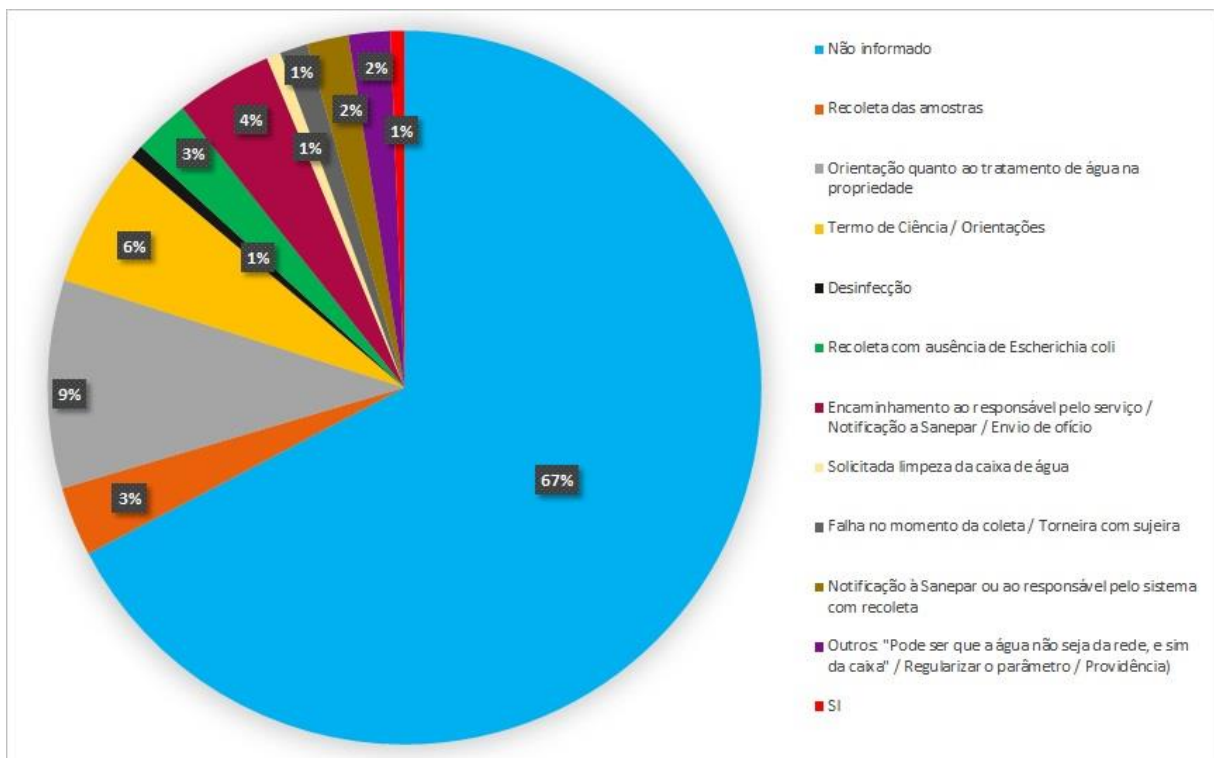
Amaral et. al (2003) comenta que, na zona rural, as nascentes e os poços rasos são muito comuns como fontes de água para consumo humano. Mas essas fontes são susceptíveis a contaminação microbiológica, de maneira especial pela decomposição diária de resíduo orgânico animal no solo, e a água de escoamento superficial. Os autores avaliaram a qualidade da água em amostras provenientes de propriedades rurais e verificaram que, apesar de todos os entrevistados acreditarem que consumiam água de qualidade, a maior parte das amostras analisadas estavam fora do padrão microbiológico da água. A baixa qualidade da água foi relacionada a ausência de tratamento, baixa frequência de limpeza dos reservatórios e a falta de

todos os fatores de proteção que são preconizados, todos fatores provocados pela falta de conhecimento dos moradores rurais sobre o assunto.

Devido aos riscos associados, a legislação orienta que em todos os casos quando o padrão bacteriológico da água não for atendido, as providências a serem tomadas devem ser informadas à autoridade de saúde pública (BRASIL, 2021).

Dessa maneira, foi analisada as condutas efetuadas pelos responsáveis das análises nas amostras onde foi detectada presença de *Escherichia coli*, no ano de 2016, e os resultados se encontram no Gráfico 2.

GRÁFICO 2 - MEDIDAS CORRETIVAS RELATADAS NO SISAGUA, APÓS PESQUISA POSITIVA DE *Escherichia coli*, NO ANO DE 2016 NO ESTADO DO PARANÁ.



Fonte: A Autora (2022).

Verificou-se que em mais de 67,0% das amostras positivas não foram relatadas nenhuma conduta pelo profissional que alimentou a base de dados. A aplicação de termo de ciências com orientações, além de orientações sobre o tratamento da água, foram as medidas mais relatadas nos casos de pesquisa positiva para *Escherichia coli*, correspondendo a 6,4% e 6,3% das amostras, respectivamente.

Não é possível relacionar as condutas realizadas no ano de 2016 com o aumento de resultados positivos para a *Escherichia coli* no ano de 2022. Entretanto, como visto anteriormente, quando a bactéria é encontrada em ambientes rurais, muitas vezes o usuário não tem conhecimento das condições ideais de tratamento e armazenamento da água, sendo de extrema importância fornecer orientações quanto aos cuidados no tratamento da água e melhorias na solução alternativa utilizada por esses usuários.

Na Tabela 3 é possível visualizar os dados de bactérias heterotróficas extraídos das planilhas do Sisagua.

TABELA 3 - DADOS DA CONTAGEM DE BACTÉRIAS HETEROTRÓFICAS DISPONIBILIZADOS NO SISAGUA ENTRE OS ANOS DE 2014 E 2022.

PARANÁ									
Ano	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
≤ 500 UFC/mL	1903	1678	1037	1087	1320	1285	1249	1430	404
> 500 UFC/mL	28	37	20	8	21	19	24	17	13
CURITIBA									
Ano	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
≤ 500 UFC/mL	235	210	138	100	25	0	179	149	0
> 500 UFC/mL	2	4	0	0	0	0	0	0	0

Fonte: A Autora (2022).

A contagem de bactérias heterotróficas na água para consumo humano deixou de ser obrigatória a partir da Portaria GM/MS Nº 888/2021. Na legislação anterior, como medida de avaliar a integridade do sistema de distribuição, essa análise era obrigatória em 20% das amostras mensais onde foi feita a pesquisa de coliformes totais. No Estado do Paraná, esse requisito foi cumprido apenas entre os anos de 2018 e 2020, enquanto que no município de Curitiba, apenas nos anos de 2018 e 2019 esse critério não foi atendido.

No Estado do Paraná, durante todo o período analisado, mais de 96% das amostras analisadas tiveram resultados satisfatórios na contagem de bactérias heterotróficas, com até 500 UFC/mL. No município de Curitiba, entre 2014 e 2021 esse valor foi ainda maior, com mais de 98% das amostras dentro do limite recomendado pela legislação. Até o momento da coleta de dados, não foram encontrados registros referentes à contagem de bactérias heterotróficas no

município de Curitiba em 2022, sendo que essa análise não é mais exigida pela legislação em vigor.

As bactérias heterotróficas são microrganismos que utilizam matéria orgânica como fonte de energia e, apesar de não serem patogênicas, seu crescimento pode ser facilitado pela temperatura elevada, baixas concentrações residuais de desinfetante e estagnação da água em trechos de baixo consumo, podendo causar a formação de depósitos ou biofilmes ao longo do sistema de distribuição (PEREZ, 2011)

Na Tabela 4 é possível visualizar os resultados obtidos para a concentração do cloro residual livre.

TABELA 4 - DADOS DA CONCENTRAÇÃO DE CLORO RESIDUAL LIVRE DISPONIBILIZADOS NO SISAGUA ENTRE OS ANOS DE 2014 E 2022.

PARANÁ									
Ano	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
< 0,2 ug/L	828	757	690	708	971	655	537	579	495
≥ 0,2 ug/L	39656	35791	36256	38566	37946	36724	30253	34033	13420
> 5ug/L	230	143	135	79	94	25	10	17	5
CURITIBA									
Ano	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
< 0,2 ug/L	35	33	36	19	21	12	20	13	0
≥ 0,2 ug/L	837	994	1010	986	914	929	1167	1306	133
> 5ug/L	0	2	0	2	0	0	0	1	0

Fonte: A Autora (2022).

A concentração de cloro residual esteve dentro dos limites recomendados em mais de 96,0% das amostras anuais durante todo o período analisado no Estado do Paraná. No ano de 2022, em torno de 3,5% das amostras analisadas estavam com teor de cloro residual menor que 0,2 µg/L, maior percentual no período de estudo, e menos de 1,0% das amostras anuais, em todo o período analisado, estavam com concentrações de cloro acima de 5 µg/L. No município de Curitiba, mais de 95,0% das amostras anuais entre os anos de 2014 e 2022 estavam dentro do limite recomendado de cloro residual livre, sendo que no ano de 2014 houve maior número de amostras (4,01%) com concentrações abaixo do recomendado. Entre os anos de 2014 e 2022, até o período de coleta de dados, apenas 5 amostras

do município de Curitiba apresentaram teor de cloro residual acima dos limites permitidos.

Costa et. al (2015) verificaram a concentração de cloro livre em 12 pontos de consumo da rede de abastecimento de água no município de Curitiba. Foram analisadas 217 amostras, obtendo um valor médio, de acordo com o autor, de $0,97 \pm 0,04$ mg/L, acima do limite mínimo estabelecido pela legislação. Apenas 2 amostras apresentaram resultados inferiores a 0,2 mg/L, que de acordo com os autores, não apresentaram significância no espaço amostral do trabalho.

O teor residual de desinfetante nos sistemas de abastecimento de água é necessário para manter as condições desfavoráveis ao crescimento bacteriano. Isso porque, mesmo que o tratamento da água seja efetivo e ela esteja potável na saída da estação de tratamento, o sistema de distribuição pode não estar íntegro levando muitas vezes a contaminação microbiológica da água já tratada. Dessa forma, a legislação atual determina um limite de ao menos 0,2 mg/L de cloro residual em toda extensão da rede de abastecimento de água. Amostras com residual inferior a esse limite podem carrear microrganismos derivados da recontaminação da água, inclusive patogênicos (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2020b).

Devido às reações do cloro com diferentes substâncias orgânicas e inorgânicas presentes na água, muitas vezes é necessário adicionar quantidades elevadas de cloro no tratamento para serem alcançadas concentrações residuais adequadas em toda a extensão da rede. Esse procedimento deve ser realizado com cautela pois, além de levar a alterações organolépticas na água tratada, como mudanças na cor e no gosto, pode provocar a formação de subprodutos de desinfecção, de maneira especial os trihalometanos, com potencial de causar danos à saúde humana (BLOKKER et. al, 2014).

Os trihalometanos são os subprodutos de desinfecção mais comuns ao se utilizar cloro como agente desinfetante. Estes compostos são produtos da reação entre o cloro e a matéria orgânica natural presente na água, cujos principais componentes são os ácidos fúlmicos e húmicos derivados da composição de folhas da vegetação. Os trihalometanos encontrados com maior frequência na água são o triclorometano, bromodiclorometano, dibromoclorometano e tribromometano. A elevada concentração de matéria orgânica e de cloro, que é utilizado na desinfecção e na pré-oxidação de compostos inorgânicos, são os principais fatores que

favorecem a produção desses compostos. (ALVARENGA, 2010; MEYER, 1994; PAIXÃO et. al, 2014).

Apesar de existirem diversas limitações ao associar a presença de trihalometanos na água, como hábitos alimentares da população e tabagismo, diversos estudos já verificaram efeitos mutagênicos, carcinogênicos e teratogênicos desses compostos (PAIXÃO et. al, 2014).

O monitoramento da formação de trihalometanos também é exigido pela legislação em sistemas de abastecimento de água (SAA). Em mananciais superficiais a análise é exigida no sistema de distribuição da água, de preferência, nos pontos com maior tempo de retenção da água, sendo que a análise deve ser bimestral. Enquanto que o valor máximo permitido para o cloro residual livre (reagente para a formação dos trihalometanos) é 5 mg/L, a concentração total de trihalometanos não deve ultrapassar 0,1 mg/L. A avaliação da formação dos subprodutos de desinfecção não foi foco deste trabalho, entretanto os dados das análises de trihalometanos também devem estar disponíveis para acesso no Portal Brasileiro de Dados Abertos, (BRASIL, 2021).

Também pode ser feita uma comparação com os resultados disponibilizados pela Companhia de Saneamento do Paraná, empresa responsável pelo sistema de abastecimento de água em Curitiba, e os dados contidos no Sisagua. Foram analisados os relatórios anuais do município de Curitiba referente aos anos de 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020 e 2021. A Sanepar não disponibiliza dados sobre a média mensal da contagem de bactérias heterotróficas e da pesquisa de *Escherichia coli*. Com base nestes relatórios anuais, foi observado que em todas as amostras analisadas pela companhia, os coliformes totais estavam ausentes e o teor de cloro residual livre estava dentro dos parâmetros recomendados pela legislação. O número amostral onde foi realizada as análises desses dois parâmetros também esteve acima do mínimo recomendado pelo Ministério da Saúde para a vigilância da qualidade da água realizada pela autoridade de saúde pública, calculado nesse trabalho como 60 amostras mensais e 720 anuais, em todo o período de estudo. A empresa ainda informa que utiliza os mananciais da bacia do Altíssimo Iguaçu, que tem atividade agropecuária predominante e são atravessadas por rodovias, além de estarem propensos a proliferação de algas.

Os resultados das análises de coliformes totais, *Escherichia coli*, bactérias heterotróficas e cloro residual livre, em amostras coletadas no Estado do Paraná

entre os anos de 2014 e 2022, até a data de coleta de dados, podem ser visualizados no Apêndice 2. Os dados referentes às análises destes mesmos parâmetros, em amostras provenientes do município de Curitiba, no mesmo período de estudo, podem ser visualizados no Apêndice 3.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O levantamento de dados revelou que nem todos os municípios paranaenses, em particular as secretarias de saúde municipais, cumpriram com sua função de fornecer dados dos parâmetros básicos de vigilância da qualidade da água no Sisagua. A ausência desses dados no sistema dificulta a análise da qualidade da água que está sendo distribuída à população e no gerenciamento de riscos, assim como impede que a população conheça sua realidade local.

Durante o período de estudo, os registros realizados pelas secretarias municipais de saúde de todo o Estado mostraram uma redução expressiva no número de amostras anuais analisadas para os parâmetros de coliformes totais e *Escherichia coli*. O mesmo foi observado no município de Curitiba, que disponibilizou dados de análises de amostras anuais em menor número que o recomendado pelo Ministério da Saúde na maior parte do período de estudo. Isso, junto com a ausência de registro dos resultados das análises desses dois parâmetros no ano de 2021, é motivo de preocupação visto que a redução no número de análises aponta para uma redução na amostragem, o que pode comprometer a representatividade dos dados da qualidade do sistema ou solução de abastecimento. Tanto foi o observado que, em 2022, até a data de coleta de dados, houve aumento importante na detecção de coliformes totais e *Escherichia coli* no Estado do Paraná, que podem apresentar risco à saúde da população.

O percentual de amostras positivas para coliformes totais no município de Curitiba esteve de acordo com a margem permitida pela legislação, em todos os anos do período de estudo. Entretanto, considerando todos os municípios do Estado do Paraná, em nenhum ano do período de estudo esse percentual esteve dentro da margem permitida. Mesmo que os coliformes totais não apresentam patogenicidade, sua presença pode indicar falhas no tratamento da água, o que afeta a segurança da água para uso humano.

O elevado número de amostras contaminadas com *Escherichia coli* em 2022, até a data de coleta de dados, em todo o Estado do Paraná, foi acompanhado pelo alto percentual de detecção dessa bactéria em soluções alternativas de abastecimento (SAI) e na zona rural dos municípios. Esses resultados, em concordância com os resultados da análise de condutas após detecção de *Escherichia coli* nas amostras relativas ao ano de 2016, mostram a necessidade de

maior orientação aos usuários quanto à adequação dos métodos alternativos de abastecimento e dos procedimentos de desinfecção da água, de maneira que esta se torne segura para consumo humano.

A análise de cloro residual livre foi a mais realizada dentre os parâmetros selecionados, e o número de amostras anuais analisadas no município de Curitiba, entre os anos de 2014 e 2021, ultrapassou o mínimo de amostras anuais recomendado pelo Ministério da Saúde. O mesmo não foi observado no ano de 2022, entretanto, o período de coleta de dados não foi capaz de reunir todos os registros realizados neste ano. No município de Curitiba e em todo o Estado do Paraná, em todo o período de estudo, a concentração residual de cloro livre esteve dentro do limite determinado pela legislação em mais de 95% das amostras analisadas.

5.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

O aumento no número de amostras positivas na pesquisa de coliformes totais e *Escherichia coli* no Estado do Paraná no ano de 2022, até a data de coleta de dados, mostra a necessidade de investigação de quais cidades ou regiões foram responsáveis pelo aumento, de modo a implementar melhorias no sistema ou soluções de abastecimento a fim de tornar a água segura para o consumo humano.

Além disso, também é necessária a investigação de outros parâmetros de potabilidade da água, no município de Curitiba e no Estado do Paraná, a fim de compreender se a água disponibilizada pela população está dentro dos parâmetros de segurança estabelecidos pela legislação.

No município de Curitiba, as informações disponibilizadas pela Sanepar também apontam para uma linha de pesquisa para a vigilância de substâncias químicas presentes na água que podem causar riscos à saúde, como os agrotóxicos e as cianotoxinas, devido às condições que os mananciais responsáveis ao abastecimento público estão submetidos.

REFERÊNCIAS

ALVARENGA, J. A. **Avaliação da formação de subprodutos da cloração em água para consumo humano**. 2008. 100 f. Dissertação (Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, 2010. Disponível em: <<https://www.smarh.eng.ufmg.br/defesas/845M.PDF>>. Acesso em 23 jul. 2022.

AMARAL, L. A.; FILHO, A. N.; JUNIOR, O. D. R.; FERREIRA, F. L. A.; BARROS, L. S. S. Água de consumo humano como fator de risco à saúde em propriedades rurais. **Revista de Saúde Pública**, v. 37, n. 4, p. 510-514, 2003. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/26344977_Agua_de_consumo_humano_como_fator_de_risco_a_saude_em_propriedades_rurais>. Acesso em 05 ago. 2022.

BLOKKER, M.; VREEBURG, J.; SPEIGHT, V. Residual chlorine in the extremities of the drinking water distribution system: the influence of stochastic water demands. **Procedia Engineering**, v. 70, p. 172-180, 2014. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705814000228>>. Acesso em 07 ago. 2022.

BLONDEL, B.; COLBÈRE-GARAPIN, F.; COUDERC, T.; WIROTIUS, A.; GUIVEL-BENHASSINE, F. Poliovirus, Pathogenesis of Poliomyelitis, and Apoptosis. **Current Topics in Microbiology and Immunology**, v. 289, p. 25-56, 2005. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/7943871_Poliovirus_Pathogenesis_of_Poliomyelitis_and_Apoptosis>. Acesso em 26 jul. 2022.

BRASIL. **Lei Nº 6.050, de 24 de maio de 1974**. Dispõe sobre a fluoretação da água em sistemas de abastecimento quando existir estação de tratamento. Brasília, 27 de maio de 1974. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6050.htm#:~:text=LEI%20No%206.050%2C%20DE%2024%20DE%20MAIO%20DE%201974.&text=Disp%C3%B5e%20sobre%20a%20fluoreta%C3%A7%C3%A3o%20da,quando%20existir%20esta%C3%A7%C3%A3o%20de%20tratamento.>. Acesso em 11 ago. 2022.

BRASIL. **Portaria GM/MS Nº 888, de 04 de maio de 2021**. Altera o anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília, 07 de maio de 2021. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-gm/ms-n-888-de-4-de-maio-de-2021-318461562>>. Acesso em 23 jun. 2022.

BRASIL. **Portaria de Consolidação Nº 5, de 28 de setembro de 2017**. Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde. Brasília, 03 de outubro de 2017. Disponível em: <https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2017/prc0005_03_10_2017.html>. Acesso em 23 jun. 2022.

BRASIL. **Portal Brasileiro de Dados Abertos**. Disponível em: <<https://dados.gov.br/>>. Acesso em 25 jun. 2022.

CENTERS FOR DISEASES CONTROL AND PREVENTION. **Ascariasis**. Disponível em: <<https://www.cdc.gov/dpdx/ascariasis/index.html>>. Acesso em 01 ago. 2022.

CENTERS FOR DISEASES CONTROL AND PREVENTION. **Cryptosporidiosis**. Disponível em: <<https://www.cdc.gov/dpdx/cryptosporidiosis/index.html>>. Acesso em 01 ago. 2022.

CENTERS FOR DISEASES CONTROL AND PREVENTION. **Parasites – Schistosomiasis**. Disponível em: <<https://www.cdc.gov/parasites/schistosomiasis/biology.html>>. Acesso em 01 ago. 2022.

COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARANÁ (SANEPAR). Disponível em: <<https://site.sanepar.com.br/>>. Acesso em 11 ago. 2022.

COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARANÁ. **Relatório anual de qualidade da água 2014 – Sistema de Abastecimento de Curitiba**. Disponível em: <<https://relatorioqualidadeagua.sanepar.com.br/2014/001.pdf>>. Acesso em 11 ago. 2022.

COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARANÁ. **Relatório anual de qualidade da água 2015 – Sistema de Abastecimento de Curitiba**. Disponível em: <<https://relatorioqualidadeagua.sanepar.com.br/2015/001.pdf>>. Acesso em 11 ago. 2022.

COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARANÁ. **Relatório anual de qualidade da água 2016 – Sistema de Abastecimento de Curitiba**. Disponível em: <<https://relatorioqualidadeagua.sanepar.com.br/2016/001.pdf>>. Acesso em 11 ago. 2022.

COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARANÁ. **Relatório anual de qualidade da água 2017 – Sistema de Abastecimento de Curitiba**. Disponível em: <<https://relatorioqualidadeagua.sanepar.com.br/2017/001.pdf>>. Acesso em 11 ago. 2022.

COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARANÁ. **Relatório anual de qualidade da água 2018 – Sistema de Abastecimento de Curitiba**. Disponível em: <<https://relatorioqualidadeagua.sanepar.com.br/2018/001.pdf>>. Acesso em 11 ago. 2022.

COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARANÁ. **Relatório anual de qualidade da água 2019 – Sistema de Abastecimento de Curitiba**. Disponível em: <<https://relatorioqualidadeagua.sanepar.com.br/2019/001.pdf>>. Acesso em 11 ago. 2022.

COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARANÁ. **Relatório anual de qualidade da água 2020 – Sistema de Abastecimento de Curitiba**. Disponível em: <

<https://relatorioqualidadeagua.sanepar.com.br/2020/001.pdf>>. Acesso em 11 ago. 2022.

COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARANÁ. **Relatório anual de qualidade da água 2021 – Sistema de Abastecimento de Curitiba**. Disponível em: <<https://relatorioqualidadeagua.sanepar.com.br/2021/001.pdf>>. Acesso em 11 ago. /12022.

CORDEIRO, T. G. P.; MACEDO, H. W. Amebíase. **Revista de Patologia Tropical**, Goiânia, v. 36, n. 2, 2007. Disponível em: <[file:///C:/Users/ACER/Downloads/admin,+2007_36\(2\)119_128.pdf](file:///C:/Users/ACER/Downloads/admin,+2007_36(2)119_128.pdf)>. Acesso em 28 jul. 2022.

COSTA, A. M.; SILVAS, B. P. C.; CASTRO, R. R. O. **Análise da concentração de cloro residual livre, cloro total, pH e temperatura em alguns pontos de consumo abastecidos pela rede pública de distribuição na cidade de Curitiba/PR**. 2015. 91 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2015. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/8025/2/CT_EC_2014_2_07.pdf>. Acesso em 24 jul. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Curitiba**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/curitiba/panorama>>. Acesso em 12 ago. 2022.

JÚNIOR, A. O.; MAGALHÃES, T. B.; MATA, R. N.; SANTOS, F. S. G.; OLIVEIRA, D. C. CARVALHO, J. L. B.; ARAÚJO, W. N. Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (Sisagua): características, evolução e aplicabilidade. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, Brasília, v. 28, n. 1, 2019. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/ress/a/TCFxfj3yVd5RPv4vh8TVFTkQ/?lang=pt>>. Acesso em 24 jun. 2022.

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

MEYER, S. T. O Uso de Cloro na Desinfecção de Águas, a Formação de Trihalometanos e os Riscos Potenciais à Saúde Pública. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 10, n. 1, p. 99-110, 1994. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/csp/a/pQy9fHxmbtW7Jx7BkxNjttp/?lang=pt>>. Acesso em 08 ago. 2022.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Curso básico de vigilância da qualidade da água para consumo humano: Módulo II: Abastecimento de água: Aula 1: Introdução e Definições das Formas de Abastecimento de Água**. Brasília: Ministério da Saúde, 2020a. Disponível em: <https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/curso_basico_vigilancia_qualidade_agua_modulo_ii_aula_1.pdf>. Acesso em 04 ago. 2022.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Curso básico de vigilância da qualidade da água para consumo humano: Módulo III: Qualidade da água para consumo humano: Aula 1: Padrão de Potabilidade.** Brasília: Ministério da Saúde, 2020b. Disponível em: <https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/curso_basico_vigilancia_qualidade_agua_modulo_III_aula_1.pdf>. Acesso em 21 jun. 2022.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Curso básico de vigilância da qualidade da água para consumo humano: Módulo III: Qualidade da água para consumo humano: Aula 3: Interpretação dos Resultados das Análises de Qualidade da Água para Consumo Humano.** Brasília: Ministério da Saúde, 2020c. Disponível em: <https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/curso_basico_vigilancia_qualidade_agua_modulo_III_aula_3.pdf>. Acesso em 21 jun. 2022.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Curso básico de vigilância da qualidade da água para consumo humano: Módulo IV: Informações sobre qualidade da água para consumo humano.** Brasília: Ministério da Saúde, 2020d. Disponível em: <https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/curso_basico_vigilancia_qualidade_agua_modulo_IV.pdf>. Acesso em 10 ago. 2022.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Diretriz Nacional do Plano de Amostragem da Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano.** Brasília: Ministério da Saúde, 2016. Disponível em: <https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/diretriz_nacional_plano_amostragem_agua.pdf>. Acesso em 10 ago. 2022.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Guia prático de inspeção sanitária em formas de abastecimento de água para consumo humano.** Brasília: Ministério da Saúde, 2021. Disponível em: <https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/guia_inspe%C3%A7%C3%A3o_sanit%C3%A1ria_abastecimento_agua.pdf>. Acesso em 02 ago. 2022.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Vigilância e qualidade da água para consumo humano.** Brasília: Ministério da Saúde, 2006. Disponível em: <https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/vigilancia_controle_qualidade_agua.pdf>. Acesso em 27 jul. 2022.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Vigiagua.** 01 fev. 2022. Disponível em: <<https://www.gov.br/saude/pt-br/composicao/svs/saude-ambiental/vigiagua/vigiagua>>. Acesso em 12 jul. 2022.

OLIVEIRA, J. S. C.; MEDEIROS, A. M.; CASTOR, L. G.; CARMO, R. F.; BEVILACQUA, P. D. Soluções individuais de abastecimento de água para consumo humano: questões para a vigilância em saúde ambiental. **Cadernos Saúde Coletiva**, v. 25, n. 2, p. 217-224, 2017. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/cadsc/a/dmzQCmGvmCzPFd8cF3DzQMn/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em 04 ago. 2022.

PAIXÃO, R. M.; SILVA, L. H. B.; ANDREOLA, R. A cloração e a formação de trihalometanos. **Iniciação Científica UNICESUMAR**, v. 16, n. 2, p. 191-198, 2014.

PERES, B. M. **Bactérias indicadoras e patogênicas em biofilmes de sistema de tratamento de água, sistemas contaminados e esgoto**. 2011. 35 p. Dissertação (Pós-Graduação em Microbiologia) – Instituto de Ciências Biomédicas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/42/42132/tde-01082012-110132/publico/BiancadeMirandaPeres_Mestrado_P_corrigida.pdf>. Acesso em 17 jul. 2022.

PITERMAN, A.; GRECO, R. M. A água seus caminhos e descaminhos entre os povos. **Revista APS**, v. 8, n. 2, p. 141-164, 2005. Disponível em: <<https://www.ufjf.br/nates/files/2009/12/agua.pdf>>. Acesso em 12 jul. 2022.

SANTANA, L. A.; VITORINO, R. R.; ANTONIO, V. E.; MOREIRA, T. R.; GOMES, A. P. Atualidades sobre giardíase. **Jornal Brasileiro de Medicina**. São Paulo, v. 102, n. 1, 2014. Disponível em: <<http://files.bvs.br/upload/S/0047-2077/2014/v102n1/a4019.pdf>>. Acesso em 28 jul. 2022.

SAXENA, T.; KAUSHIK, P.; MOHAN, M. K. Prevalence of *E. coli* O157:H7 in water sources: an overview on associated diseases, outbreaks and detection methods. **Diagnostic Microbiology and Infectious Disease**, v. 82, n. 3, p. 249-264, 2015. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0732889315001066?via%3DiHub>>. Acesso em 06 ago. 2022.

SOARES, A. L.; NEVES, E. A. O.; SOUZA, I. F. A. C. A importância da educação sanitária no controle e prevenção ao *Ascaris lumbricoides* na infância. **Ciências Biológicas e da Saúde**, v. 3, n. 3, p. 23-32, 2018. Disponível em: <<https://periodicos.set.edu.br/facipesaude/article/view/5980/2937>>. Acesso em 01 ago. 2022.

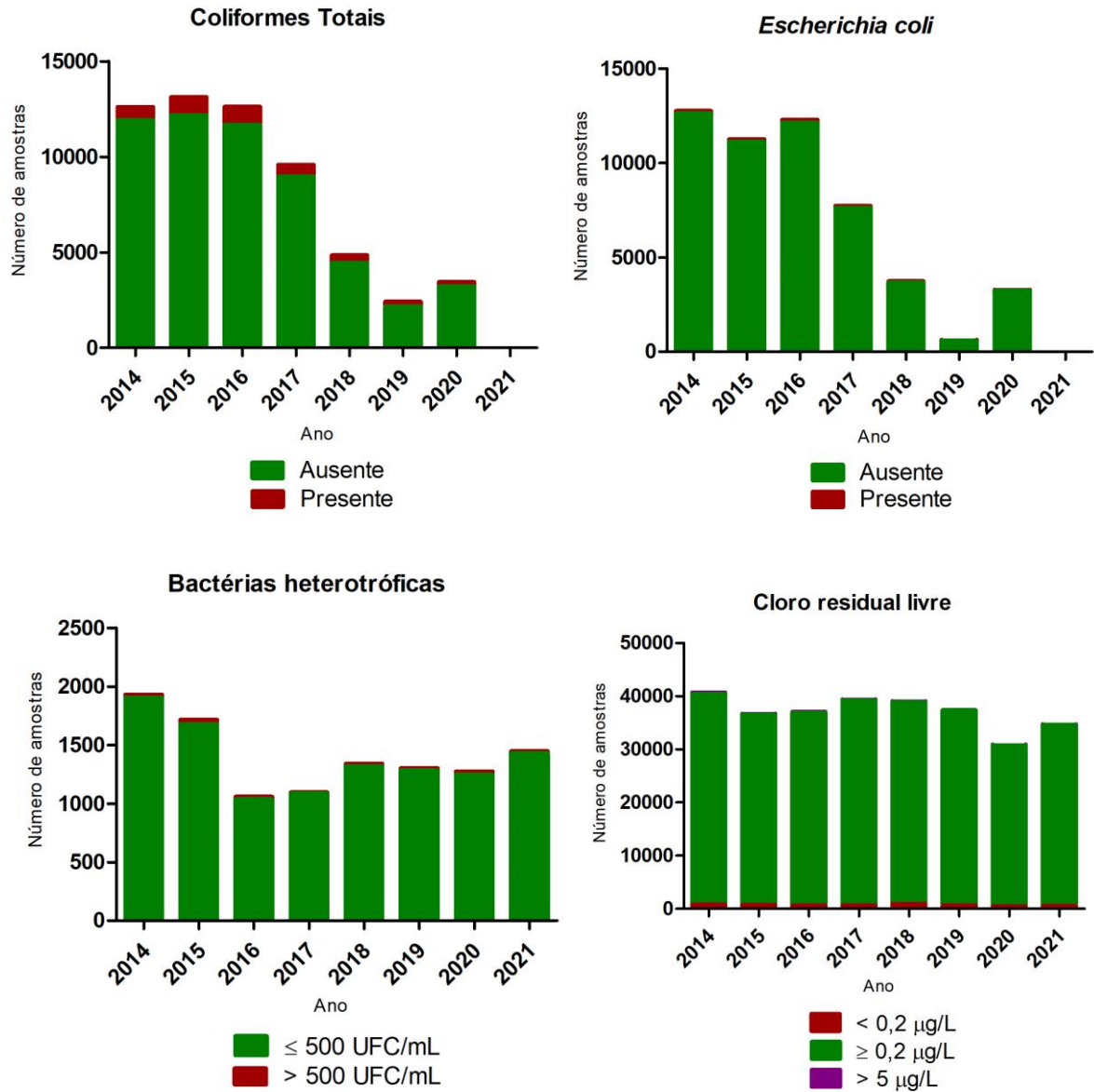
TORTORA, G. J.; FUNKE, B. R.; CASE, C. L. **Microbiologia**. 12 ed. Artmed Editora Ltda: Porto Alegre, 2017.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Guidelines for drinking-water quality**. 4th ed. Geneva: World Health Organization, 2017. Disponível em: <<https://www.who.int/publications-detail-redirect/9789241549950>>. Acesso em 04 jul. 2022.

**APÊNDICE 1 – NÚMERO TOTAL DE AMOSTRAS NAS QUAIS FORAM
REALIZADAS A PESQUISA DE COLIFORMES TOTAIS E *Escherichia coli*,
CONTAGEM DE BACTÉRIAS HETEROTRÓFICAS E DETERMINAÇÃO DO TEOR
DE CLORO RESIDUAL LIVRE DURANTE OS ANOS DE 2014 E 2022.**

PARANÁ									
PARÂMETRO	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Coliformes totais	12601	13113	12622	9585	4841	2420	3448	0	7507
<i>Escherichia coli</i>	12753	11253	12289	7736	3737	590	3265	0	13001
Bactérias heterotróficas	1931	1715	1057	1095	1341	1304	1273	1447	417
Cloro residual livre	40714	36691	37081	39353	39011	37404	30800	34629	13920
CURITIBA									
PARÂMETRO	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Coliformes totais	681	750	666	446	228	113	325	0	133
<i>Escherichia coli</i>	711	650	633	368	184	24	297	0	133
Bactérias heterotróficas	237	214	138	100	25		179	149	0
Cloro residual livre	872	1029	1046	1007	935	941	1187	1320	133

**APÊNDICE 2 – DADOS EXTRAÍDOS DO SISÁGUA RELATIVOS ÀS
ANÁLISES DE COLIFORMES TOTAIS, *Escherichia coli*, BACTÉRIAS
HETEROTRÓFICAS E CLORO RESIDUAL LIVRE, NO ESTADO DO PARANÁ,
ENTRE OS ANOS DE 2014 E 2021.**



**APÊNDICE 3 – DADOS EXTRAÍDOS DO SISÁGUA RELATIVOS ÀS
ANÁLISES DE COLIFORMES TOTAIS, *Escherichia coli*, BACTÉRIAS
HETEROTRÓFICAS E CLORO RESIDUAL LIVRE, NO MUNICÍPIO DE CURITIBA,
ENTRE OS ANOS DE 2014 E 2021.**

