

Artigo original

Avaliação da qualidade microbiológica e do teor de cloro residual livre de águas de abastecimento público das regiões de Marília e Assis (São Paulo), em 2022

Evaluation of the microbiological quality and free residual chlorine content of public water supply in the regions of Marília and Assis (São Paulo), in 2022

Rosângela Aguilár da Silva^{ID}, Hadriel José Alves Requena dos Santos^{ID}

Secretaria de Estado da Saúde de São Paulo, Coordenadoria de Controle de Doenças, Instituto Adolfo Lutz, Marília, São Paulo, Brasil

Autor para correspondência

Rosângela Aguilár da Silva

E-mail: rosangela.silva@ial.sp.gov.br

Instituição: Instituto Adolfo Lutz (IAL)

Endereço: Rua Lima e Costa, nº 1630, CEP: 17506-210. Marília, São Paulo, Brasil

Como citar

Silva RA, Santos HJAR. Avaliação da qualidade microbiológica e do teor de cloro residual livre de águas de abastecimento público das regiões de Marília e Assis (São Paulo), em 2022. BEPA, Bol. epidemiol. paul. 2024; 21: e40413. doi: <https://doi.org/10.57148/bepa.2024.v.21.40413>

Primeira submissão: 16/05/2024 • Aceito para publicação: 29/11/2024 • Publicação: 18/12/2024

Editora-chefe: Regiane Cardoso de Paula

Resumo

Para ser considerada própria para consumo humano, a água deve atender ao padrão de potabilidade estabelecido pela legislação em vigor. Os parâmetros para o monitoramento da qualidade bacteriológica da água para consumo humano são a presença e a ausência de coliformes totais e de *Escherichia coli*. O cloro utilizado para a desinfecção da água tem reduzido consideravelmente a transmissão de doenças de veiculação hídrica. O objetivo deste trabalho foi avaliar os resultados das análises de coliformes totais, de *Escherichia coli* e de cloro residual livre em amostras de água provenientes de 62 municípios das regiões de Marília e Assis (São Paulo), de janeiro a dezembro de 2022. A presença de coliformes totais e de *Escherichia coli* em 4.751 amostras analisadas foi de 269 (5,7%) e 36 (0,8%), respectivamente. A presença de *E. coli* indica contaminação por material fecal, além de um alto potencial de organismos patogênicos que oferecem risco à saúde. A análise dos resultados de cloro residual livre revelou que todos os municípios estão cumprindo a obrigatoriedade de adição de cloro na água de abastecimento público. Os resultados deste estudo propiciaram a avaliação da qualidade da água de abastecimento público em relação aos padrões bacteriológicos estabelecidos pela legislação e comprovaram a importância do monitoramento e das ações por órgãos de saúde. O desenvolvimento de políticas e ações intersetoriais e integradas proporcionam a identificação de limitações tecnológicas e operacionais dos sistemas de abastecimento e a avaliação dos riscos à saúde, desencadeando estratégias de redução da morbimortalidade e da promoção da saúde.

Palavras-chave: água de abastecimento público, coliformes totais, *Escherichia coli*, cloro, qualidade microbiológica.

Abstract

To be considered suitable for human consumption, water must meet the potability standards established by current legislation. The parameters for monitoring the bacteriological quality of water for human consumption are the presence/absence of total coliforms and *Escherichia coli*. Chlorine used to disinfect water has considerably reduced the transmission of waterborne diseases. The objective of this study was to evaluate the results of the analyses of total coliforms, *Escherichia coli* and free residual chlorine in water samples from 62 municipalities in the regions of Marília and Assis, São Paulo, from January to December 2022. The presence of total coliforms and *Escherichia coli* in 4,751 samples analyzed was 269 (5.7%) and 36 (0.8%), respectively. The presence of *E. coli* indicates contamination by fecal material, in addition to a high potential for pathogenic organisms that pose a risk to health. The analysis of the results of free residual chlorine revealed that all municipalities are complying with the mandatory addition of chlorine to the public water supply. The results of this study allowed the evaluation of the quality of the public water supply in relation to the bacteriological standards established by law and demonstrated the importance of monitoring and actions by health agencies. The development of intersectoral and integrated policies and actions allow the identification of technological and operational limitations of the supply systems and the assessment of health risks, triggering strategies to reduce morbidity and mortality and promote health.

Keywords: public water supply, total coliforms, *Escherichia coli*, chlorine, microbiological quality.

Introdução

A água é o mais importante recurso natural do mundo, pois sem ela a vida não existiria. Embora haja muitos esforços para armazenar esse recurso e diminuir seu consumo, está se tornando um bem escasso e sua qualidade se deteriora cada vez mais rápido.¹

A qualidade e a quantidade de água estão diretamente relacionadas à qualidade de vida dos seres humanos, por isso são fatores importantes para a saúde. A água usada para abastecimento doméstico, principalmente para o consumo humano, deve estar livre de microrganismos patogênicos e ter propriedades sanitárias e toxicológicas adequadas para evitar doenças de veiculação hídrica.²

O sistema de abastecimento é responsável por oferecer água com qualidade adequada para o consumidor. Para cumprir essa tarefa as concessionárias precisam fazer, de maneira eficiente, a captação, o tratamento, o transporte e a distribuição da água. A etapa mais relevante do tratamento é a desinfecção, que é responsável pela eliminação dos microrganismos patogênicos remanescentes do tratamento.³

A desinfecção da água é considerada um dos maiores avanços na proteção da saúde pública. O cloro utilizado para a desinfecção da água desde o início do século XX tem proporcionado inúmeros benefícios reduzindo consideravelmente a transmissão de doenças infecciosas de veiculação hídrica.⁴

O acesso à água potável, direito fundamental do ser humano, deve ser garantido sob o aspecto de disponibilidade quantitativa e qualitativa. Entretanto, o tratamento não é a única forma de garantir esse acesso. Estratégias como a da vigilância, direcionadas aos padrões normatizados de potabilidade, são fundamentais para o atendimento a esse componente.⁵

A água é considerada própria para consumo humano quando atende ao padrão de potabilidade estabelecido pelo Ministério da Saúde (MS), disposto pela Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021. Os parâmetros considerados estratégicos no monitoramento da qualidade microbiológica da água para consumo humano são a presença e a ausência de coliformes totais e de *Escherichia coli* além da concentração de cloro residual livre.⁶

Os coliformes totais não são úteis como indicadores de contaminação fecal, mas a sua presença na água pode revelar a eficácia do tratamento, bem como a limpeza e a integridade dos sistemas de distribuição. *Escherichia*, *Citrobacter*, *Klebsiella* e *Enterobacter* são os principais gêneros representantes do grupo coliformes, que inclui as espécies tanto fecais quanto ambientais. A presença de *E. coli* em água indica contaminação por material fecal de animais endotérmicos, além de um alto potencial de organismos patogênicos.⁷

A maioria das *E. coli* são consideradas não patogênicas, no entanto, existem algumas cepas que adquiriram fatores de virulência durante o processo de evolução e passaram

a representar um sério risco à saúde humana. Cepas patogênicas de *E. coli* que causam infecções intestinais são conhecidas como *E. coli* diarreiogênica (DEC), e os patógenos que representam esse grupo já foram identificados em vários surtos de diarreia relacionados ao consumo de água contaminada em todo o mundo.⁷

De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS),⁸ anualmente cerca de 2 milhões de mortes decorrem de doenças relacionadas à águas contaminadas e aproximadamente 88% dessas mortes são causadas por falta de acesso à água potável, saneamento adequado e higiene. Essas patologias representam quase 64% das mortes mundiais.

A principal forma de transmissão de doenças de veiculação hídrica é a rota fecal-oral, principalmente por meio de microrganismos patogênicos de origem entérica animal ou humana, provenientes do uso de água ou alimento contaminado.²

As doenças de veiculação hídrica, como febre tifoide, cólera, salmonelose, shigelose, gastroenterite, poliomielite, hepatite A, verminose, amebíase e giardíase, são responsáveis por ocasionar vários surtos epidêmicos e aumentar as taxas de mortalidade infantil.^{9,10}

No estado de São Paulo, o monitoramento que avalia a qualidade das águas para consumo humano é realizado pelo Programa de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (Proágua). Esse programa teve início em 1992 por meio da Resolução Estadual SS 45 e é considerado pioneiro no país por estabelecer um conjunto de ações sistemáticas de vigilância sanitária da qualidade da água, implementado em todos os municípios do estado.¹¹

O Proágua tem por objetivo principal a promoção e proteção da saúde da população por meio da garantia da potabilidade da água destinada ao consumo humano no estado de São Paulo e desenvolve ações para identificar risco à saúde dos consumidores e para intervir nessas situações.¹²

O Plano de Saúde (PES) 2020-2023 estabelece em sua diretriz n° 3 a redução e prevenção de riscos relacionados à saúde da população por meio das ações de vigilância, promoção e prevenção.¹³

O objetivo deste trabalho foi avaliar os resultados das análises de cloro residual livre, de coliformes totais e de *Escherichia coli* em amostras de água provenientes de 62 municípios das regiões de Marília e Assis (São Paulo), de janeiro a dezembro de 2022.

Método

Foi realizada uma pesquisa descritiva por meio de levantamento, compilação, tratamento dos dados e interpretação dos resultados das análises de cloro residual livre, coliformes totais e *Escherichia coli*, de janeiro a dezembro de 2022.

As amostras de água foram coletadas por técnicos das vigilâncias sanitárias dos municípios e as análises laboratoriais de coliformes totais e *Escherichia coli* foram referentes ao Proágua. A técnica para a detecção foi a do substrato cromogênico e fluorogênico Colilert, comercialmente disponível (Colilert®). O substrato Colilert contém triptose, o-nitrofenil-β-D-galactopiranosídeo (ONPG) e 4-methylumbelliferyl-β-D-glucuronide (MUG), que são as principais fontes de carbono e energia para a bactéria e indicadores da presença de coliformes. A enzima β-galactosidase, presente nos coliformes totais, metaboliza o ONPG, produzindo uma coloração amarela, indicando sua presença. A enzima β-glucuronidase, presente na *E. coli*, metaboliza o MUG, resultando em uma coloração azul fluorescente, indicando a presença de *E. coli*. A técnica analítica foi realizada segundo Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater, 9223 B, 23rd ed., 2017.¹⁴

As análises de cloro residual livre foram realizadas por profissionais das vigilâncias sanitárias municipais, no momento da coleta das amostras e água. Trata-se de um método colorimétrico, que utiliza disco colorimétrico ou equipamento digital portátil. No primeiro caso usa-se a comparação visual e no segundo, por fotometria, são utilizados reagentes comerciais que contêm N-dietil-parafenilenodiamina (DPD) sob a forma líquida ou sólida, que se dissolvem numa amostra de água com cloro, produzindo uma coloração rosa cuja intensidade é proporcional à concentração de cloro existente na amostra. O resultado da concentração em cloro residual livre é dado diretamente pelo equipamento em mg/L. Esse método está descrito no Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater, SMEWW 4500 – Cl G.¹⁴

Para a avaliação dos resultados, os dados das análises foram extraídos do sistema de gerenciamento de amostras laboratoriais (GAL) e, em seguida, compilados. Posteriormente, foram calculadas as porcentagens de amostras com resultados satisfatórios e insatisfatórios e a interpretação foi baseada na Portaria GM/MS nº 888 de 4 de maio de 2021.⁶

Resultados e discussão

A análise bacteriológica é uma importante ferramenta para a determinação da qualidade da água destinada ao consumo humano. As técnicas analíticas são sensíveis e específicas na identificação de microrganismos patogênicos.⁹

Os resultados de coliformes totais e *Escherichia coli* das amostras de água provenientes de 62 municípios das regiões de Marília e Assis (São Paulo), analisadas em 2022, em atendimento ao Proágua, são apresentados na [Tabela 1](#).

Tabela 1. Análise microbiológica de amostras de água de 62 municípios da região de Marília e Assis, São Paulo.

Municípios	Coliformes totais		<i>Escherichia coli</i>		Total de amostras
	Ausência Nº (%)	Presença Nº (%)	Satisfatório Nº (%)	Insatisfatório Nº (%)	
Adamantina	108 (99,1)	1 (0,9)	109 (100,0)	0 (0,0)	109
Álvaro de Carvalho	67 (88,2)	9 (11,8)	74 (97,4)	2 (2,6)	76
Alvinlândia	46 (92,0)	4 (8,0)	49 (98,0)	1 (2,0)	50
Arco-Íris	48 (96,0)	2 (4,0)	50 (100,0)	0 (0,0)	50
Assis	168 (93,3)	12 (6,7)	180 (100,0)	0 (0,0)	180
Bastos	90 (98,9)	1 (1,1)	91 (100,0)	0 (0,0)	91
Bernardino de Campos	73 (96,0)	3 (4,0)	76 (100,0)	0 (0,0)	76
Borá	34 (100,0)	0 (0,0)	34 (100,0)	0 (0,0)	34
Campos Novos Paulista	34 (87,2)	5 (12,8)	39 (100,0)	0 (0,0)	39
Cândido Mota	86 (91,5)	8 (8,5)	93 (98,9)	1 (1,1)	94
Canitar	70 (90,9)	7 (9,1)	75 (97,4)	2 (2,6)	77
Chavantes	77 (100,0)	0 (0,0)	77 (100,0)	0 (0,0)	77
Cruzália	45 (100,0)	0 (0,0)	45 (100,0)	0 (0,0)	45
Echaporã	69 (90,8)	7 (9,2)	70 (92,1)	6 (7,9)	76
Esp. Sto. Turvo	50 (100,0)	0 (0,0)	50 (100,0)	0 (0,0)	50
Fernão	46 (93,9)	3 (6,1)	49 (100,0)	0 (0,0)	49
Flórida Paulista	83 (98,8)	1 (1,2)	84 (100,0)	0 (0,0)	84
Florínea	43 (93,5)	3 (6,5)	45 (97,8)	1 (2,2)	46
Gália	60 (92,3)	5 (7,7)	65 (100,0)	0 (0,0)	65
Garça	112 (95,7)	5 (4,3)	116 (99,1)	1 (0,9)	117
Guaimbê	64 (84,2)	12 (15,8)	72 (94,7)	4 (5,3)	76
Guarantã	49 (87,5)	7 (12,5)	56 (100,0)	0 (0,0)	56
Herculândia	72 (94,7)	4 (5,3)	76 (100,0)	0 (0,0)	76
Iacri	66 (97,0)	2 (3,0)	68 (100,0)	0 (0,0)	68
Ibirarema	70 (97,2)	2 (2,8)	72 (100,0)	0 (0,0)	72
Inúbia Paulista	49 (98,0)	1 (2,0)	50 (100,0)	0 (0,0)	50
Ipaussu	64 (76,2)	20 (23,8)	80 (95,2)	4 (4,8)	84
Júlio Mesquita	41 (82,0)	9 (18,0)	50 (100,0)	0 (0,0)	50
Lucélia	89 (96,7)	3 (3,3)	92 (100,0)	0 (0,0)	92
Lupércio	38 (82,6)	8 (17,4)	46 (100,0)	0 (0,0)	46
Lutécia	43 (100,0)	0 (0,0)	43 (100,0)	0 (0,0)	43

Municípios	Coliformes totais		<i>Escherichia coli</i>		Total de amostras
	Ausência Nº (%)	Presença Nº (%)	Satisfatório Nº (%)	Insatisfatório Nº (%)	
Maracáí	72 (93,5)	5 (6,5)	76 (98,7)	1 (1,3)	77
Mariápolis	49 (98,0)	1 (2,0)	50 (100,0)	0 (0,0)	50
Marília	253 (94,0)	16 (6,0)	267 (99,2)	2 (0,8)	269
Ocauçu	30 (60,0)	20 (40,0)	49 (98,0)	1 (2,0)	50
Óleo	64 (97,0)	2 (3,0)	66 (100,0)	0 (0,0)	66
Oriente	65 (85,5)	11 (14,5)	75 (98,7)	1 (1,3)	76
Oscar Bressane	41 (97,6)	1 (2,4)	42 (100,0)	0 (0,0)	42
Osvaldo Cruz	97 (97,0)	3 (3,0)	99 (99,0)	1 (1,0)	100
Ourinhos	174 (96,7)	6 (3,3)	180 (100,0)	0 (0,0)	180
Pacaembu	80 (95,2)	4 (4,8)	82 (97,6)	2 (2,4)	84
Palmital	85 (91,4)	8 (8,6)	93 (100,0)	0 (0,0)	93
Paraguaçu Paulista	111 (94,9)	6 (5,1)	116 (99,1)	1 (0,9)	117
Parapuã	74 (98,7)	1 (1,3)	75 (100,0)	0 (0,0)	75
Pedrinhas Paulista	50 (100,0)	0 (0,0)	50 (100,0)	0 (0,0)	50
Platina	39 (79,6)	10 (20,4)	47 (95,9)	2 (4,1)	49
Pompeia	91 (98,9)	1 (1,1)	92 (100,0)	0 (0,0)	92
Pracinha	45 (90,0)	5 (10,0)	49 (98,0)	1 (2,0)	50
Queiroz	45 (100,0)	0 (0,0)	45 (100,0)	0 (0,0)	45
Quintana	81 (97,6)	2 (2,4)	83 (100,0)	0 (0,0)	83
Ribeirão do Sul	52 (100,0)	0 (0,0)	52 (100,0)	0 (0,0)	52
Rinópolis	73 (96,00)	3 (4,0)	76 (100,0)	0 (0,0)	76
Sagres	49 (98,0)	1 (2,0)	50 (100,0)	0 (0,0)	50
Salmourão	75 (98,7)	1 (1,3)	76 (100,0)	0 (0,0)	76
Salto Grande	75 (98,7)	1 (1,3)	76 (100,0)	0 (0,0)	76
São Pedro do Turvo	69 (90,8)	7 (9,2)	74 (97,4)	2 (2,6)	76
Sta Cruz Rio Pardo	114 (95,8)	5 (4,2)	119 (100,0)	0 (0,0)	119
Tarumã	80 (100,0)	0 (0,0)	80 (100,0)	0 (0,0)	80
Timburi	42 (95,4)	2 (4,6)	44 (100,0)	0 (0,0)	44
Tupã	142 (99,3)	1 (0,7)	143 (100,0)	0 (0,0)	143
Ubirajara	37 (100,0)	0 (0,0)	37 (100,0)	0 (0,0)	37
Vera Cruz	74 (97,4)	2 (2,6)	76 (100,0)	0 (0,0)	76
Total	4.482 (94,3)	269 (5,7)	4.715 (99,2)	36 (0,8)	4.751

Fonte: Elaborada pelos autores (2023).

A presença de coliformes totais e *E. coli* em 4.751 amostras analisadas foi identificada em 269 (5,7%) e em 36 (0,8%), respectivamente.

A legislação em vigor,⁶ no que se refere ao padrão bacteriológico, estabelece para os sistemas de distribuição a ausência de *E. coli* em 100 mL de amostra; já em relação aos coliformes totais, são estabelecidos critérios de aceitação em função da população abastecida pelos sistemas. A presença de *E. coli* é um indicador de contaminação fecal e a presença de coliformes é um indicador da condição de operação e manutenção do sistema de distribuição.

Em geral, as principais causas de contaminação são falhas no tratamento e/ou problemas com a integridade do sistema de distribuição.^{16,17} De acordo com a legislação em vigor,⁶ a detecção de coliformes totais e de *E. coli* na amostra deve ser avaliada para que ações corretivas possam ser tomadas pelos responsáveis pelo sistema de abastecimento e esses devem informar a autoridade de saúde pública sobre as medidas adotadas. Essas ações não foram informadas ao laboratório.

Os resultados deste estudo apresentam semelhanças com o de Dovidauskas et al.,¹⁵ realizado na região nordeste do estado de São Paulo, que detectou coliformes totais em 5,9% das amostras e *Escherichia coli* em 0,7%. De forma semelhante, no estudo conduzido por Fioravanti et al.,¹⁶ na região de Campinas, as análises microbiológicas revelaram a presença de coliformes totais em 4,4% das amostras, e de *E. coli* em 0,4%.

Outro estudo, realizado por Palmeira et al.¹⁷ na região de Bauru, também encontrou resultados próximos aos de Fioravanti et al., com coliformes totais em 4,3% e *E. coli* em 0,4% das amostras. Já o trabalho de Specian et al.,¹⁸ que investigou a ocorrência de coliformes totais e *E. coli* em amostras de água de abastecimento público nos municípios de Carapicuíba e Embu-Guaçu, revelou que cerca de 30% das amostras de Embu-Guaçu apresentavam coliformes totais, com uma amostra (0,4%) positiva para *E. coli*. Em Carapicuíba, os coliformes totais foram detectados em aproximadamente 12% das amostras, e duas (0,8%) foram positivas para *E. coli*.

Embora os resultados de *Escherichia coli* nas regiões de Marília e Assis sejam inferiores a 1%, é necessário implementar medidas corretivas e preventivas para assegurar a qualidade microbiológica da água de abastecimento público. Dentre as medidas preventivas, destacam-se o tratamento adequado da água com processos de desinfecção, monitoramento contínuo da qualidade da água, manutenção das infraestruturas de distribuição, proteção das fontes hídricas contra contaminação e a educação sanitária da população para o manuseio seguro da água.^{5,6}

As doenças diarreicas causadas por *E. coli* representam um considerável problema de saúde pública nos países em desenvolvimento e as pessoas com poucos recursos financeiros e condições higiênico-sanitárias precárias são as mais prejudicadas pelas doenças bacterianas contraídas por meio da ingestão de água contaminada.¹⁹

Os surtos de diarreia, em virtude das possíveis etiologias e fontes de transmissão, são também chamados de surtos de doença de transmissão hídrica e alimentar. Aqueles que se configurem evento de saúde pública devem ser notificados imediatamente ao Ministério da Saúde, conforme disposto na Portaria de Consolidação GM/MS Nº 4, de 28 de setembro de 2017.²⁰

No estado de São Paulo, de 2010 a 2021 foram notificados 3.535 surtos de diarreia por grupo de vigilância epidemiológica (GVE). Os GVEs de Assis e Marília notificaram 4 e 22 surtos respectivamente.²⁰

Durante a investigação epidemiológica, a coleta de água ou alimento nem sempre é possível, pois podem não estar disponíveis. Assim, ressalta-se a importância da integração entre as vigilâncias sanitárias e epidemiológicas para adoção de medidas conjuntas para a identificação das fontes de transmissão e a elucidação dos surtos com maior celeridade.

O conhecimento dos resultados de análises referentes ao monitoramento da qualidade da água favorece ações preventivas por autoridades sanitárias, que poderão evitar a transmissão de doenças diarreicas por águas e a ocorrência de surtos.

Quanto aos coliformes totais, os resultados não são significativos na indicação de contaminação fecal, porém os sistemas de abastecimento público de cada município devem avaliar, identificar e solucionar os problemas.

Considerando que os resultados deste estudo são de amostras de água de abastecimento público, as prováveis causas dessas contaminações são de eventuais acidentes e falhas nos sistemas de tratamento ou problemas em sua manutenção.

O tema qualidade tem sido de grande importância no campo da saúde pública. Os governos e os decisores políticos têm estado altamente conscientes do papel que a água desempenha na transmissão de doenças,²¹ e vários trabalhos têm sido desenvolvidos em nível mundial para avaliar a qualidade microbiológica da água.²²⁻²⁵

Outro parâmetro de importância à qualidade da água para o consumo humano é o cloro adicionado durante o processo de tratamento. Segundo o Art. 32 da Portaria em vigor,⁶ "é obrigatória a manutenção de, no mínimo, 0,2 mg/L de cloro residual livre ou 2,0 mg/L de cloro residual combinado ou 0,2 mg/L de dióxido de cloro em toda extensão do sistema de distribuição (reservatório e rede) e nos pontos de consumo".

Na [Tabela 2](#) é apresentada a avaliação dos resultados das análises de cloro residual livre, realizada durante a coleta das amostras, por profissionais das vigilâncias sanitárias.

Ao município cabe informar esses resultados no GAL; o conjunto desses dados foi extraído desse sistema e, posteriormente, compilado para avaliação neste estudo.

Tabela 2. Resultados das análises de cloro residual livre.

Município	Nº de amostra	% amostra	Nº de amostra	% amostras	Total de amostras
	< 0,2 mg/L	< 0,2 mg/L	≥ 0,2 mg/L	≥ 0,2 mg/L	
Adamantina	1	0,9	108	99,1	109
Álvaro de Carvalho	6	7,9	70	92,1	76
Alvinlândia	0	0	48	100	48
Arco-Íris	0	0	50	100	50
Assis	1	0,6	179	99,4	180
Bastos	1	1,1	91	98,9	92
Bernardino de Campos	0	0	76	100	76
Borá	0	0	34	100	34
Campos Novos Paulista	4	10	36	90	40
Cândido Mota	1	1,1	93	98,9	94
Canitar	2	2,6	75	97,4	77
Chavantes	2	2,6	75	97,4	77
Cruzália	0	0	45	100	45
Echaporã	9	11,8	67	88,2	76
Esp. Sto. Turvo	0	0	50	100	50
Fernão	0	0	50	100	50
Flórida Paulista	0	0	84	100	84
Florínea	3	6,5	43	93,5	46
Gália	0	0	68	100	68
Garça	15	12,7	103	87,3	118
Guaimbê	1	1,3	75	98,7	76
Guarantã	0	0	58	100	58
Herculândia	4	5,3	72	94,7	76
Iacri	0	0	67	100	67
Ibirarema	2	2,8	70	97,2	72
Inúbia Paulista	0	0	50	100	50
Ipaussu	6	7,1	78	92,9	84
Júlio Mesquita	0	0	50	100	50
Lucélia	0	0	92	100	92
Lupércio	1	2,2	45	97,8	46
Lutécia	0	0	43	100	43

Município	Nº de amostra	% amostra	Nº de amostra	% amostras	Total de amostras
	< 0,2 mg/L	< 0,2 mg/L	≥ 0,2 mg/L	≥ 0,2 mg/L	
Maracáí	12	15,6	65	84,4	77
Mariápolis	0	0	50	100	50
Marília	3	1,1	266	98,9	269
Ocauçu	41	82	9	18	50
Óleo	0	0	66	100	66
Oriente	0	0	76	100	76
Oscar Bressane	0	0	42	100	42
Oswaldo Cruz	0	0	101	100	101
Ourinhos	8	4,4	172	95,6	180
Pacaembu	6	7,1	78	92,9	84
Palmital	17	18,3	76	81,7	93
Paraguaçu Paulista	1	0,9	116	99,1	117
Parapuã	0	0	76	100	76
Pedrinhas Paulista	0	0	50	100	50
Platina	0	0	50	100	50
Pompeia	1	1,1	91	98,9	92
Pracinha	0	0	50	100	50
Queiroz	0	0	45	100	45
Quintana	1	1,2	82	98,8	83
Ribeirão do Sul	0	0	52	100	52
Rinópolis	0	0	76	100	76
Sagres	0	0	50	100	50
Salmourão	0	0	76	100	76
Salto Grande	0	0	76	100	76
São Pedro Turvo	5	6,6	71	93,4	76
Sta Cruz Rio Pardo	2	1,7	117	98,3	119
Tarumã	0	0	80	100	80
Timburi	0	0	44	100	44
Tupã	8	5,6	134	94,4	142
Ubirajara	4	10,8	33	89,2	37
Vera Cruz	3	4	73	96,0	76

Fonte: Elaborada pelos autores (2023).

A análise dos resultados de cloro residual livre demonstra que todos os municípios estão cumprindo a obrigatoriedade de adição de cloro na água de abastecimento público. Dos 62 municípios avaliados, 32 (51,6%) apresentaram 100% das amostras com concentrações de cloro residual livre $\geq 0,2$ mg/L e, portanto, de acordo com a legislação em vigor. É possível observar, ainda, que 24 (38,7%) municípios não apresentaram 100% das amostras com concentrações de cloro residual livre $\geq 0,2$ mg/L, variando de 90% a 94,4% e, apenas 6 (9,7%) municípios não atingiram pelo menos 90% das amostras com concentrações $\geq 0,2$ mg/L de cloro residual livre, variando de (18% a 89,4%). O município de Ocaçu é o mais crítico, com apenas 18% das amostras satisfatórias, portanto, são necessárias medidas de controle e monitoramento contínuo para garantir concentrações de cloro residual ideal em 100% das amostras, diminuindo a exposição da população a riscos à saúde.

A contaminação da água por *E.coli* pode ocorrer devido à ineficiência do processo de desinfecção. Essa situação mostra a relevância dos sistemas de tratamento e a importância da manutenção da concentração mínima de cloro residual livre. Outra explicação para a presença de *E.coli* é a recontaminação durante o armazenamento ou distribuição da água e, nesse caso, os resultados analíticos auxiliam nas medidas corretivas para a solução dos problemas, evitando reincidência.

O objetivo principal do monitoramento da qualidade da água para consumo humano é a proteção à saúde pública e a prevenção de doenças cujas incidências estão relacionadas ao tratamento inadequado desse recurso.

Um dos grandes avanços no monitoramento da qualidade da água foi a implantação do sistema GAL, que é uma plataforma utilizada no Brasil para a gestão e a integração de informações laboratoriais em instituições de saúde pública. O sistema proporciona gerenciamento de dados de exames, amostras, laudos e resultados, facilitando a comunicação entre laboratórios e serviços de vigilância epidemiológica e sanitária. No GAL os resultados das análises são cadastrados em atendimento ao programa Proágua, que mantém uma interface com o Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (Sisagua). Esse outro sistema, informatizado, propicia aos gestores de vigilância ambiental de todos os municípios que façam o acompanhamento e a análise dos dados, possibilitando, assim, as tomadas de decisões de medidas corretivas e preventivas sempre que são percebidas alterações na qualidade da água.⁸

Conclusão

Os resultados deste estudo proporcionaram avaliar a qualidade da água de abastecimento público em relação aos padrões bacteriológicos estabelecidos pela legislação. A análise do cloro residual livre é especialmente importante para avaliar a eficácia dos sistemas de tratamento e o processo de desinfecção.

Os monitoramentos periódicos são essenciais para assegurar a qualidade da água destinada ao consumo humano e para o desenvolvimento de medidas preventivas e corretivas por parte dos órgãos de saúde e outros responsáveis pela gestão dos recursos hídricos. Dentre essas medidas, destacam-se a elaboração de políticas e ações intersetoriais integradas, que visam identificar limitações tecnológicas e operacionais dos sistemas de abastecimento, além de avaliar os riscos à saúde. Essas estratégias são fundamentais para reduzir a morbimortalidade e promover a saúde da população.

Referências

1. Santos RC. Avaliação da potabilidade das águas subterrâneas do sistema aquífero Bauru provenientes de poços de soluções alternativas coletivas do município de Tupã – SP [Dissertação]. Londrina: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2018.
2. Silva BOS, Costa ASV. Estudo sobre a qualidade da água para consumo humano e as doenças diarreicas no Brasil. Revista Baiana de Saúde Pública. 2019; 43(4):119-34.
3. Leal ES. Modelagem da degradação de cloro residual livre em sistemas de adubação de água de abastecimento de porte médio [dissertação]. Campina Grande: Universidade Federal de Campina Grande, 2012.
4. Viziolli BC, Monttagner CC. Questões regulatórias sobre a desinfecção da água e o impacto da geração de DBPS na qualidade da água tratada. Quim. Nova. 2023; XY(00):1-15.
5. Fortes ACC, Barrocas PRG, Kligerman DC. A vigilância da qualidade da água e o papel da informação na garantia do acesso. Saúde em Debate [Online]. 2019; 43(spe3).
6. Brasil. Ministério da Saúde. Portaria GM/MS Nº 888 de 4 de maio de 2021. Diário Oficial da União. 7 maio 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. Diário Oficial União. 7 mai 2021.
7. Silva CR, Sanches MS, Milhim BHGA, Rocha SPD, Pelayo JS. Avaliação da presença e quantificação de coliformes totais e *Escherichia coli* em amostras de água destinada ao consumo humano provenientes de poços artesianos. Semina: Ciências Biológicas e da Saúde. 2019; 40(2):129-40.
8. World Health Organization. Ending preventable child deaths from pneumonia and diarrhoea by 2025: the integrated global action plan for pneumonia and diarrhoea (GAPPD). 2013.
9. Yamaguchi UM, Cortez LER, Ottoni LCC, Oyama J. Qualidade microbiológica da água para consumo humano em instituição de ensino de Maringá-PR. O Mundo da Saúde. 2013; 37(3):312-20.
10. Gomes H, Jesus AG, Oliveira APR, Corrêa GM, Cunha TC. Perfil epidemiológico das doenças relacionadas com a água no município de Conceição do Araguaia, Pará. Revista Movimenta. 2016; 9(1):48-61.

11. Valentim LSO, Elmec AM, Mario Junior RJ, Bataiero MO. Novos cenários de produção e de vigilância da qualidade da água para consumo humano – 20 anos de Proágua no Estado de São Paulo – Parte I. BEPA. 2012; 9(100): 29-39.
12. Centro de Vigilância Sanitária. Água para consumo humano – Proágua. 2018. [Acesso 12 set. 2023]. Disponível em: http://www.cvs.saude.sp.gov.br/prog.asp?te_codigo=13
13. São Paulo. Secretaria de Estado da Saúde de São Paulo. Indicadores do Plano Estadual de Saúde (PES) 2020-2023, 2019. Disponível em: https://www.saude.sp.gov.br/resources/ses/perfil/gestor/documentos-de-planejamento-em-saude/indicadores_do_plano_estadual_de_saude.pdf
14. American Public Health Association – APHA. Standard methods for the examination of water and wastewater. 23rd ed. Washington, DC, New York: American Public Health Association; 2017.
15. Dovidauskas S, Iha MH, Cavallini AG, Okada MM, Brigantini RC et al. Mapeamento da qualidade da água de abastecimento público no nordeste do estado de São Paulo. Vigil Sanit Debate. 2017 [Acesso 15 set. 2023]; 5(2): 53-63. Disponível em: <https://visaemdebate.incqs.fiocruz.br/index.php/visaemdebate/article/view/862>
16. Fioravanti MIA, Pereira PHL, Camargo LM, Villela G, Manzon EM. Panorama of the water supply in the Campinas region and a brief comparison with other regions in the Southeast of Brazil. Revista Ambiente Água. 2022; 17(4):e2835.
17. Palmeira AROA, Silva VATH, Dias Júnior FL, Stancari RCA, Nascentes GAN, Anversa L. Physicochemical and microbiological quality of the public water supply in 38 cities from the midwest region of the State of São Paulo, Brazil. Water Environment Research. 2019; 1(8):1-8. <https://doi.org/doi.org/10.1002/wer.1124>
18. Specian AM, Specian AMP, Nascimento AL, Dal Col R, Daros VSMG, Matos EC, Silva VR. Ocorrência de bactérias heterotróficas, coliformes totais e *Escherichia coli* em amostras de água de abastecimento público de dois municípios do estado de São Paulo. BEPA. 2021; 18(205):13-22.
19. Chauhan A, Goyal P, Varma A, Jindal T. Avaliação microbiológica da água potável vendida por vendedores ambulantes de Delhi, Índia. Applied Water Science. 2017 [Acesso 20 set. 2023]; 7(4):1635-44. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13201-015-0315-x>
20. Franco ALMX, Santos JMS, Silva MC. Monitorização e vigilância de surtos de Doenças Diarreicas Agudas. BEPA – Edição temática histórica 2010/2022 – CVE. 2023.
21. Wen X, Chen F, Lin Y, Zhu H, Yuan F, Kuang D, et al. Microbial indicators and their use for monitoring drinking water quality – A Review. Sustainability. 2020; 12(2249). <https://doi.org/10.3390/su12062249>
22. Mahmud ZH, Islam MS, Imran KM, Hakim SAI, Worth M, Ahmed A, et al. Occurrence of *Escherichia coli* and faecal coliforms in drinking water at source and household point-of-use in Rohingya camps, Bangladesh. Gut Pathog. 2019; 11(52). doi: <https://doi.org/10.1186/s13099-019-0333-6>. PMID: [31695751](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31695751/); PMCID: PMC6824040.
23. Duarte L, Mendoza MA, Jaramillo BE, González A. Water quality in the municipalities of Sincerín and Gambote, Bolívar, Colombia (2017-2018). Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia. 2022; 103:77-87. <https://doi.org/10.17533/udea.redin.20210217>

24. Wang T, Sun D, Zhang Q, Zhang Z. China's drinking water sanitation from 2007 to 2018: A systematic review. *Sci Total Environ.* 2021; 757(143923). doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143923>. Epub 2020 Dec 3. PMID: 33310571.
25. Some S, Mondal R, Mitra D, Jain D, Verma D, Das S. Microbial pollution of water with special reference to coliform bacteria and their nexus with environment. *Energy Nexus.* 2021; 1:100008. [Acesso 16 set 2023]. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/353236771_Microbial_pollution_of_water_with_special_reference_to_coliform_bacteria_and_their_nexus_with_environment

Contribuição dos autores

Todos os autores participaram da elaboração do seu conteúdo (elaboração e execução, redação ou revisão crítica, aprovação da versão).

Preprint

O manuscrito não foi previamente publicado em servidores preprint.

Aprovação dos autores

Os autores participaram efetivamente do trabalho, aprovam a versão final do manuscrito para publicação e assumem total responsabilidade por todos os seus aspectos, garantindo que as informações sejam precisas e confiáveis.

Conflito de interesses

Os autores declaram não haver conflito de interesse de natureza política, comercial e financeira no manuscrito.

Financiamento

Os autores declaram que não houve fontes de financiamento.

Agradecimento

Ao Centro Formador de Recursos Humanos para o SUS/SP "Dr. Antônio Guilherme de Souza" (CEFOP). Ao Instituto Adolfo Lutz pela concessão de bolsa.