

CAPÍTULO 8

Qualidade físico-química e microbiológica da água em bebedouro e poço artesiano em Alegre–ES: uma análise comparativa

Daniela Fosse Valbao, Kamilla Matos Boldrini, Carla Sardinha de Oliveira, Isabela Berbert da Guia, Willian Moreira da Costa, Atanásio Alves do Amaral, Maurício Novaes Souza

<https://doi.org/10.69570/mp.978-65-84548-45-9.c8>

Resumo

A água é um recurso essencial à vida, desempenhando papel fundamental na saúde pública e no equilíbrio ambiental. Sua qualidade pode ser influenciada por fatores físicos, químicos e microbiológicos, além das condições dos sistemas de distribuição e armazenamento. Este estudo teve como objetivo avaliar parâmetros físico-químicos e microbiológicos de amostras de água coletadas em dois pontos distintos: um bebedouro do Ifes Campus de Alegre e um poço artesiano na comunidade de Chácara Portão, distrito de Rive, Alegre, ES. Foram analisados pH, temperatura, dureza total, alcalinidade, condutividade elétrica, turbidez, matéria orgânica, ortofosfato, amônia, nitrito e coliformes, com comparação aos padrões estabelecidos pela legislação vigente. Os resultados indicaram que pH, turbidez e dureza total atenderam aos limites recomendados. Contudo, a água do poço apresentou elevada condutividade elétrica, sugerindo maior concentração de sólidos dissolvidos e possível influência antrópica ou mineralização natural. A amostra do bebedouro apresentou concentração de matéria orgânica próxima ao limite recomendado, enquanto a presença de amônia na água do poço indica possível contaminação recente por matéria orgânica ou influência de atividades locais. As análises microbiológicas não detectaram coliformes no momento da coleta, embora haja histórico de contaminação no poço. Conclui-se que, apesar da conformidade de parte dos parâmetros, há indícios de alterações na qualidade da água, reforçando a necessidade de monitoramento contínuo e de práticas adequadas de gestão dos recursos hídricos.

Palavras-chave: Qualidade da água. Parâmetros físico-químicos. Contaminação hídrica. Saneamento. Potabilidade. Saúde pública.

1. Introdução

A água apresenta múltiplos significados simbólicos em diferentes culturas ao longo da história, sendo associada, desde as mais antigas tradições, a ideias de origem da vida, purificação e renovação. Por meio de mitos e sistemas religiosos, esse elemento natural adquiriu relevância não apenas material, mas também cultural e espiritual (Chevalier; Gheerbrant, 1988).

Sob a perspectiva científica, a água constitui um recurso essencial à vida, sendo sua qualidade e disponibilidade fatores determinantes para a saúde humana e para o desenvolvimento das sociedades. A relação entre saúde, saneamento e organização social consolidou-se historicamente a partir de demandas, sobretudo econômicas, uma vez que o controle de doenças sempre esteve associado à manutenção da produtividade e ao bem-estar coletivo. Nesse contexto, a implantação de políticas públicas voltadas ao abastecimento de água e ao saneamento básico tornou-se uma prioridade em escala global (Piterman; Greco, 2005; Souza, 2025).

Nos sistemas de distribuição, a qualidade da água potável pode sofrer alterações significativas entre a saída da estação de tratamento e o ponto de consumo. Assim, a água que chega aos usuários pode apresentar características distintas daquelas originalmente tratadas. Essas mudanças podem ocorrer em função de processos biológicos e químicos, bem como devido à perda de integridade das redes de distribuição (Deininger *et al.*, 1992).

Além disso, a mistura de águas provenientes de diferentes fontes pode influenciar de forma significativa a qualidade final do abastecimento. A irregularidade no fornecimento também pode favorecer a entrada de contaminantes, contribuindo para a introdução de agentes patogênicos no sistema (Barcelos *et al.*, 1998; Souza *et al.*, 2025).

Estudos recentes evidenciam que a presença de *Escherichia coli* em sistemas de abastecimento está frequentemente associada a práticas inadequadas de armazenamento e manuseio da água, bem como à deficiência na manutenção das redes de distribuição, aumentando o risco de surtos infecciosos e a disseminação de microrganismos resistentes (Silva; Macêdo, 2025).

Complementarmente, a detecção desse microrganismo pode estar relacionada à ineficiência nas etapas de tratamento, especialmente nos processos de desinfecção. Falhas operacionais, como dosagem inadequada de desinfetantes, tempo de contato insuficiente ou ausência de monitoramento contínuo, favorecem a persistência de patógenos na água distribuída. Dessa forma, a presença de *E. coli* constitui um importante indicador de falhas no tratamento e na segurança microbiológica da água (APHA, 2017; Ministério da Saúde, 2021).

Pesquisas indicam que grande parte das amostras de água coletadas em áreas rurais não atende aos padrões legais de potabilidade, representando riscos à saúde pública e à sustentabilidade dos recursos hídricos (Germano; Germano, 2001 *apud* Silva; Ueno, 2008). Nesse sentido, a avaliação contínua desses parâmetros não apenas permite diagnosticar a qualidade da água, mas também subsidia a formulação de políticas públicas e estratégias mais eficazes de saneamento.

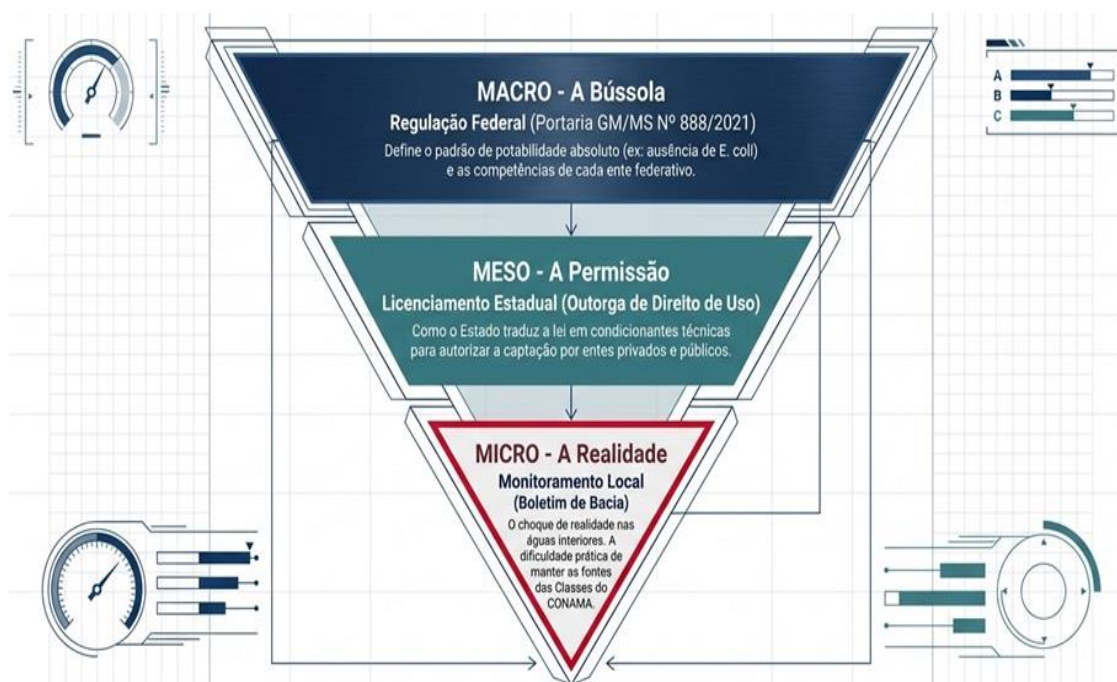


Figura 1. A tríade da governança hídrica. Fonte: elaborada por Maurício Novaes (2026), com auxílio de IA (NotebookLM).

Nesse contexto, a garantia da qualidade da água insere-se na tríade da governança hídrica, estruturada na articulação entre regulação federal,

licenciamento estadual e monitoramento local. A regulação em nível federal estabelece diretrizes, padrões de potabilidade e instrumentos normativos que orientam a gestão dos recursos hídricos e a proteção da saúde pública (Figura 1).

No âmbito estadual, o licenciamento ambiental exerce papel fundamental no controle das atividades potencialmente poluidoras, avaliando impactos e condicionando o uso dos recursos hídricos ao cumprimento de critérios técnicos e legais. Por sua vez, o monitoramento local, realizado por municípios, instituições de ensino e comunidades, possibilita o acompanhamento contínuo da qualidade da água, a identificação de fontes de contaminação e a implantação de ações corretivas em escala mais próxima da realidade territorial. A integração desses três níveis de atuação é essencial para a efetividade das políticas públicas, contribuindo para a prevenção de riscos sanitários e para a gestão sustentável dos recursos hídricos (Souza, 2025).

Por tais questões, a análise das características físico-químicas da água assume papel complementar e indispensável à avaliação microbiológica, permitindo a identificação e quantificação de espécies iônicas e compostos presentes no meio. Esses parâmetros contribuem para a compreensão tanto dos processos naturais quanto das alterações decorrentes de atividades antrópicas. O conhecimento dessas propriedades e de suas interações possibilita avaliar os níveis de risco associados à saúde humana e aos ecossistemas (Parron *et al.*, 2011). De acordo com Carmona *et al.* (2016), tais características influenciam diretamente os processos biológicos e químicos em ambientes aquáticos, além de impactarem a saúde pública quando não se encontram em conformidade com os padrões estabelecidos.

Diante dessa perspectiva integrada, que considera tanto os aspectos microbiológicos quanto físico-químicos na avaliação da qualidade da água, o presente trabalho teve como objetivo analisar e comparar parâmetros físico-químicos e microbiológicos de amostras de água coletadas em dois pontos distintos: um bebedouro do Ifes Campus de Alegre e um poço artesiano localizado na comunidade de Chácara Portão, zona rural do distrito de Rive, município de Alegre, ES.

2. Metodologia

O presente estudo caracteriza-se como uma pesquisa de natureza aplicada, com abordagem quantitativa, fundamentada em revisão bibliográfica e análise experimental. Inicialmente, foram consultados artigos científicos disponíveis em bases de dados digitais, bem como obras especializadas relacionadas à qualidade da água e aos parâmetros físico-químicos e microbiológicos.

Posteriormente, foram realizadas análises laboratoriais de amostras de água coletadas em diferentes pontos, cujos resultados foram comparados com os padrões estabelecidos pela legislação vigente, com o objetivo de avaliar sua potabilidade e possíveis indícios de contaminação.

O trabalho foi estruturado em cinco etapas distintas (Figura 2). A primeira etapa consistiu em uma visita técnica ao laboratório, com a finalidade de definir os parâmetros a serem analisados e os procedimentos metodológicos a serem adotados. A segunda etapa envolveu a revisão da literatura e o aprofundamento teórico do tema. Na terceira etapa, procedeu-se à coleta das amostras de água, realizada em um mesmo período do dia, visando à padronização das condições de amostragem e à minimização de variações temporais.

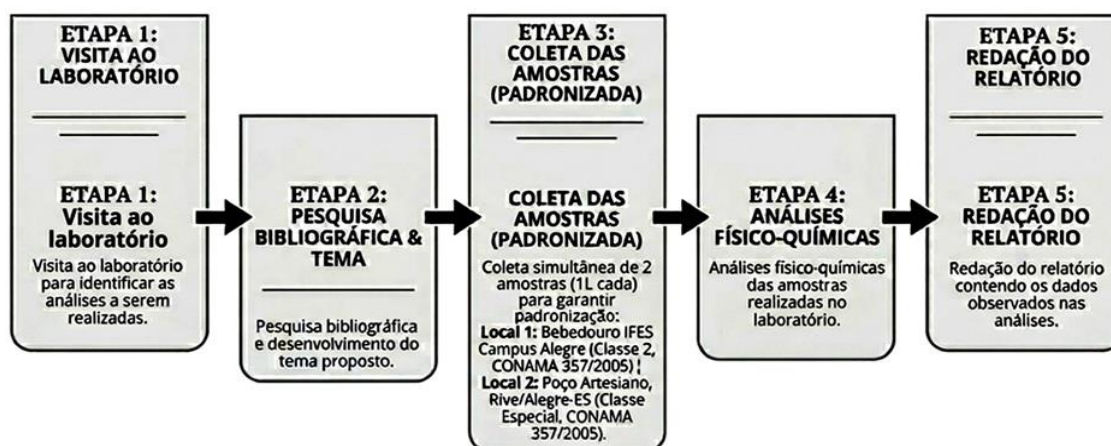


Figura 2. Fluxograma das etapas do trabalho. Fonte: Dados da pesquisa, 2024.

Para a coleta, foram utilizados recipientes plásticos com capacidade de 1 litro, previamente higienizados. Uma amostra foi coletada na torneira de um bebedouro localizado no Ifes Campus de Alegre (Figura 3), enquanto a outra foi

obtida de um poço artesiano situado na comunidade de Chácara Portão, zona rural do distrito de Rive, no município de Alegre, ES (Figura 4).



Figuras 3 e 4. Poço artesiano e bebedouro do Ifes. Fonte: Acervo Daniela Fosse, 2024.

A quarta etapa consistiu na realização das análises físico-químicas e microbiológicas em laboratório, seguindo procedimentos padronizados descritos na literatura especializada. Por fim, a quinta etapa compreendeu a organização, interpretação e análise dos dados obtidos, culminando na elaboração do presente trabalho.

3. Procedimentos

Os procedimentos analíticos adotados neste estudo foram conduzidos conforme metodologias padronizadas amplamente reconhecidas na literatura técnico-científica, com o objetivo de garantir a confiabilidade e a reprodutibilidade dos resultados obtidos. As análises físico-químicas e microbiológicas foram realizadas em condições controladas de laboratório, seguindo protocolos específicos para cada parâmetro avaliado. Dessa forma, buscou-se assegurar a precisão das medições e a comparabilidade dos dados, permitindo uma avaliação consistente da qualidade da água nas amostras coletadas.

3.1. Temperatura

A temperatura da água foi determinada por meio de termômetro de imersão. Para a análise, uma alíquota da amostra foi transferida para um béquer com capacidade de 250 mL. O termômetro foi então imerso na amostra, permanecendo até a estabilização da leitura. A temperatura foi registrada com o bulbo ainda submerso, a fim de garantir maior precisão na medição.

3.2. Potencial hidrogeniônico (pH)

O potencial hidrogeniônico (pH) foi determinado utilizando-se um pHmetro devidamente calibrado. O equipamento foi ligado com antecedência mínima de 30 minutos para estabilização. Antes de cada leitura, os eletrodos foram lavados com água destilada e secos com papel absorvente.

A calibração do equipamento foi realizada com soluções tampão padrão (pH 4,0; 7,0 e, quando necessário, 9,0). Após a calibração, os eletrodos foram novamente higienizados e, em seguida, imersos na amostra para realização da leitura. Ao término das análises, os eletrodos foram lavados e mantidos imersos em solução apropriada, conforme recomendação do fabricante.

3.3. Dureza total

A dureza total da água foi determinada pelo método titulométrico com ácido etilenodiamino tetra-acético (EDTA). Para a análise, uma alíquota de 50 mL da amostra foi transferida para erlenmeyer de 250 mL, sendo realizadas determinações em duplicata.

Em seguida, foram adicionados 2 mL de solução tampão, com a finalidade de ajustar o pH da amostra para $10,0 \pm 0,1$. Posteriormente, adicionou-se aproximadamente 0,05 g do indicador negro de eriocromo T (Eriochrome Black T). A titulação foi realizada com solução de EDTA $0,01 \text{ mol L}^{-1}$, sob agitação contínua, até a mudança de coloração de púrpura-avermelhada para azul, caracterizando o ponto final da reação.

Paralelamente, foi realizada uma titulação em branco, utilizando água destilada, seguindo o mesmo procedimento experimental. O volume de EDTA

consumido na titulação do branco foi subtraído do volume gasto na titulação da amostra, para correção dos resultados.

A titulação foi conduzida em tempo inferior a cinco minutos após a adição da solução tampão, a fim de garantir a confiabilidade dos resultados.

3.4. Alcalinidade

A alcalinidade da água foi determinada por titulação ácido-base. Para a análise, uma alíquota de 50 mL da amostra foi transferida para erlenmeyer, à qual foram adicionadas três gotas da solução indicadora de verde de bromocresol/vermelho de metila.

A titulação foi realizada com solução de ácido sulfúrico (H_2SO_4) 0,02 N, até a mudança de coloração de azul-esverdeada para rósea, indicando o ponto final da reação. O volume total de ácido consumido foi registrado para posterior cálculo da alcalinidade.

Nos casos em que o pH da amostra apresentou valores superiores a 8,2, adicionaram-se previamente três gotas de fenolftaleína, realizando-se uma titulação inicial com ácido sulfúrico 0,02 N até o desaparecimento da coloração rósea. Em seguida, procedeu-se à titulação conforme descrito anteriormente, utilizando o indicador misto.

3.5. Condutividade elétrica

A condutividade elétrica foi determinada utilizando-se um condutivímetro previamente calibrado, conforme as instruções do fabricante. O equipamento foi ligado com antecedência mínima de 30 minutos para estabilização.

Antes da leitura, a amostra foi homogeneizada por agitação suave. Em seguida, o eletrodo foi imerso na amostra, aguardando-se a estabilização do valor para registro da condutividade elétrica. Os resultados foram expressos diretamente na unidade fornecida pelo equipamento, em microsiemens por centímetro ($\mu\text{S cm}^{-1}$).

3.6. Turbidez

A turbidez foi determinada por meio de turbidímetro devidamente calibrado, conforme recomendações do fabricante, com antecedência mínima de 30 minutos antes das análises.

As amostras foram previamente homogeneizadas por agitação suave e mantidas em repouso até a eliminação de bolhas de ar. Posteriormente, foram transferidas para a célula de leitura do equipamento, realizando-se a medição direta da turbidez, expressa em unidades nefelométricas de turbidez (NTU).

3.7. Matéria orgânica

A determinação da matéria orgânica foi realizada pelo método de oxidação com permanganato de potássio. Inicialmente, 100 mL da amostra foram transferidos para erlenmeyer de 250 mL, aos quais se adicionaram 10 mL de solução de permanganato de potássio (KMnO_4) $0,0025 \text{ mol L}^{-1}$ e 5 mL de solução de ácido sulfúrico (H_2SO_4) na proporção 1:3, seguido de agitação.

Paralelamente, foi preparada uma prova em branco, utilizando 100 mL de água destilada, com adição dos mesmos volumes de reagentes. Ambas as soluções foram aquecidas em banho-maria, a temperatura superior a 70°C , por 30 minutos.

Caso a coloração da mistura não permanecesse rósea após esse período, foram adicionados volumes adicionais da solução de permanganato até obtenção de coloração rósea persistente por, no mínimo, 30 segundos. Após o aquecimento, adicionaram-se 10 mL de solução de oxalato de sódio ($\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$) $0,00625 \text{ mol L}^{-1}$, mantendo-se a proporção equivalente ao volume de permanganato utilizado.

As amostras foram então mantidas por aproximadamente três minutos em aquecimento e, posteriormente, tituladas ainda quentes com solução de permanganato de potássio $0,0025 \text{ mol L}^{-1}$ até o aparecimento de coloração rósea persistente por 30 segundos, indicando o ponto final da reação.

3.8. Ortofosfato

A determinação do ortofosfato foi realizada pelo método colorimétrico do ácido ascórbico, baseado na formação de complexo fosfomolibdênico reduzido, com leitura em espectrofotômetro.

✓ Reagentes

Para a análise, foram preparados os seguintes reagentes:

a) Solução padrão estoque de fosfato: preparada a partir de fosfato monobásico de potássio (KH_2PO_4). Foram dissolvidos 0,1757 g do sal, previamente seco a 110 °C e resfriado em dessecador, em 1 L de água destilada. A solução foi armazenada em frasco de vidro âmbar sob refrigeração.

b) Solução de molibdato de amônio: obtida pela dissolução de 15 g de molibdato de amônio ($(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) em 500 mL de água destilada, sendo armazenada em frasco de plástico, ao abrigo da luz. A solução foi utilizada enquanto se manteve límpida.

c) Solução de ácido sulfúrico (H_2SO_4): preparada pela diluição de 140 mL de ácido sulfúrico concentrado (P.A., aproximadamente 96–97%) em 900 mL de água destilada, com armazenamento em frasco de vidro âmbar.

d) Solução de ácido ascórbico: preparada diariamente pela dissolução de 1,35 g de ácido ascórbico ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$) em 25 mL de água destilada.

e) Solução de tartarato de antimônio e potássio: preparada pela dissolução de 0,34 g de $\text{K}(\text{SbO})\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6$ em 250 mL de água destilada, sendo armazenada em frasco de vidro e utilizada enquanto se manteve estável e límpida.

✓ Reagente misto

O reagente misto foi preparado a partir da combinação dos reagentes descritos, conforme proporções previamente estabelecidas (Tabela 1). Quando não utilizado imediatamente, o reagente foi armazenado ao abrigo da luz, a fim de evitar degradação.

Tabela 1. Reagentes e volumes sugeridos na confecção de reagente misto para determinação do teor de ortofosfato

Reagente	Quantidade 1	Quantidade 2	Quantidade 3	Quantidade 4
Molibdato de amônio	25 ml	20 ml	10 ml	5 ml
H ₂ SO ₄ (diluído, guardado em geladeira)	62,5 ml	50 ml	25 ml	12,5 ml
Ác. Ascórbico ^(*)	25 ml	20 ml	10 ml	5 ml
Tartarato	12,5 ml	10 ml	5 ml	2,5 ml
Volume final (ml)	125	100	50	25
Quantidade de tubos	75	55	25	12

(*) Preparação do ácido ascórbico (C₆H₈O₆): diariamente dissolver 1,35 g de ácido ascórbico em 25 ml de água destilada.

Obs.: Caso o reagente misto não seja utilizado imediatamente, guarde-o no escuro.

✓ Procedimento analítico

Para a determinação de ortofosfato, alíquotas de 10 mL das amostras previamente filtradas foram transferidas para tubos de ensaio. Em seguida, adicionou-se 1,0 mL do reagente misto, procedendo-se à homogeneização da solução. Após um período de reação de 20 minutos, a absorbância foi determinada em espectrofotômetro, no comprimento de onda de 882 nm, utilizando-se como referência o branco analítico preparado com água destilada.

✓ Curva de Titulação

A determinação da concentração de ortofosfato foi realizada por método colorimétrico, utilizando a construção de uma curva analítica a partir de soluções padrão com concentrações conhecidas de fósforo. A relação entre a absorbância medida e a concentração de ortofosfato foi estabelecida por meio de regressão linear, permitindo a obtenção de uma equação de calibração. Essa equação foi posteriormente utilizada para calcular as concentrações de ortofosfato nas amostras analisadas, a partir dos valores de absorbância obtidos no espectrofotômetro (Figura 5).

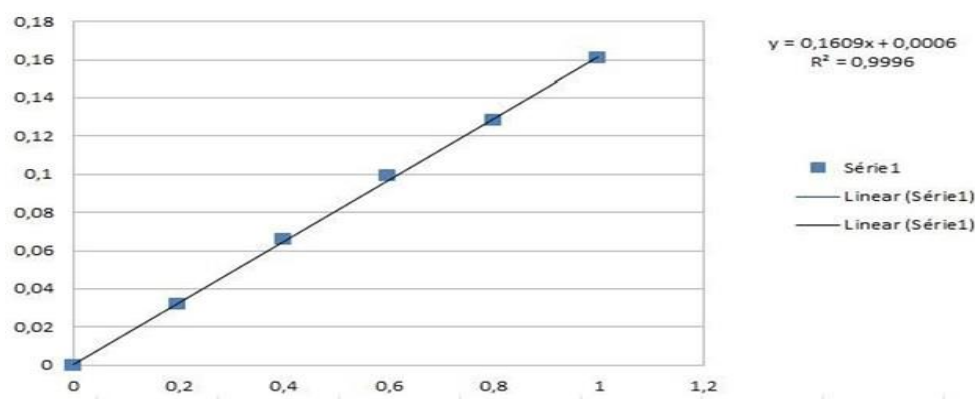


Figura 5. Curva de titulação. Fonte: Dados da pesquisa.

3.9. Amônia

A determinação de amônia foi realizada por método colorimétrico, com formação de composto indofenol, seguido de leitura espectrofotométrica.

✓ Reagentes e soluções padrão

a) Solução estoque de amônio: preparada a partir de sulfato de amônio $((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4)$ a 10 mmol L^{-1} , mediante dissolução de 0,661 g do sal em 1 L de água destilada.

b) Soluções padrão para curva de calibração: inicialmente, foi preparada uma solução intermediária de $100 \text{ } \mu\text{mol L}^{-1}$, pela diluição de 1 mL da solução estoque em balão volumétrico de 100 mL, completando-se o volume com água destilada. A partir dessa solução, foram preparadas diluições para obtenção das concentrações de 1, 5, 10 e $25 \text{ } \mu\text{mol L}^{-1}$, além de uma solução branco contendo apenas água destilada.

c) Reagentes colorimétricos:

- Reagente A: preparado pela dissolução de 3,5 g de ácido fenólico e 0,04 g de nitroprussiato de sódio em 100 mL de água destilada.
- Reagente B: preparado pela dissolução de 2,8 g de citrato de sódio em aproximadamente 75 mL de água destilada, seguida da adição de 2,27 g de hidróxido de sódio (NaOH) e 5,6 mL de solução de hipoclorito, completando-se o volume para 100 mL com água destilada.

Os reagentes foram armazenados sob refrigeração, apresentando estabilidade por até 30 dias.

✓ **Procedimento analítico**

Para cada amostra, incluindo as soluções padrão e o branco, alíquotas de 5 mL foram transferidas para tubos de ensaio, sendo realizadas análises em triplicata. Em seguida, adicionaram-se 0,2 mL do reagente A, com posterior homogeneização e tempo de reação de 2 a 10 minutos.

Posteriormente, foram adicionados 0,2 mL do reagente B, procedendo-se novamente à homogeneização. As amostras foram mantidas em ambiente protegido da luz por um período mínimo de 1 hora e 30 minutos, para o desenvolvimento da coloração característica.

Após esse período, a absorbância foi determinada em espectrofotômetro, no comprimento de onda de 630 nm, utilizando-se o branco analítico como referência.

✓ **Curva de Titulação**

A determinação da concentração de amônia foi realizada por método colorimétrico, com base na formação de composto colorido proporcional à concentração de íons amônio presentes na amostra. Para isso, foi construída uma curva analítica a partir de soluções padrão com concentrações conhecidas, estabelecendo-se a relação entre absorbância e concentração por meio de regressão linear. A equação obtida foi utilizada para determinar as concentrações de amônia nas amostras analisadas, a partir das leituras espectrofotométricas realizadas (Figura 6).

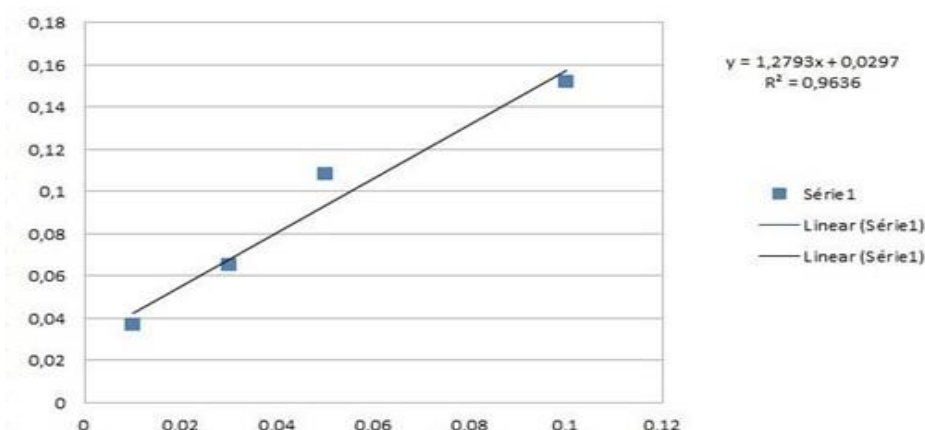


Figura 6. Curva de titulação. Fonte: Dados da pesquisa.

3.10. Nitrito

A determinação de nitrito foi realizada por método colorimétrico baseado na reação de diazotização com sulfanilamida, seguida de acoplamento com N-(1-naftil)etilenodiamina, formando um composto azoado mensurável por espectrofotometria.

✓ Reagentes e soluções padrão

a) Solução estoque de nitrito: preparada a partir de nitrito de sódio (NaNO_2) a 20 mmol L^{-1} , mediante dissolução de 0,138 g do sal em 1 L de água destilada.

b) Soluções padrão para curva de calibração: inicialmente, foi preparada uma solução intermediária de $20 \text{ } \mu\text{mol L}^{-1}$, pela diluição de 1 mL da solução estoque em balão volumétrico de 100 mL, completando-se o volume com água destilada. A partir dessa solução, foram preparadas diluições para obtenção das concentrações de 0,4; 1,0; 2,0 e $5,0 \text{ } \mu\text{mol L}^{-1}$, além de uma solução branco contendo apenas água destilada.

c) Reagentes colorimétricos:

- Solução de sulfanilamida: preparada pela dissolução de 0,5 g de sulfanilamida em aproximadamente 30 mL de água destilada, seguida da adição lenta de 5 mL de ácido clorídrico (HCl). Após resfriamento, o volume foi

completado para 50 mL com água destilada.

- Solução de N-(1-naftil)etilenodiamina: preparada pela dissolução de 0,1 g de N-(1-naftil)etilenodiamina di-hidrocloreto em 100 mL de água destilada.

✓ Procedimento analítico

Para cada amostra, incluindo as soluções padrão e o branco, alíquotas de 5 mL foram transferidas para tubos de ensaio, sendo realizadas análises em triplicata. Inicialmente, adicionaram-se 0,1 mL da solução de sulfanilamida, com posterior homogeneização e tempo de reação entre 2 e 10 minutos.

Em seguida, foram adicionados 0,1 mL da solução de N-(1-naftil)etilenodiamina, promovendo nova homogeneização. As amostras foram mantidas em repouso por um período de 20 a 30 minutos para o desenvolvimento da coloração.

A absorbância foi determinada em espectrofotômetro, no comprimento de onda de 540 nm, utilizando-se o branco analítico como referência.

✓ Curva de Titulação

A determinação da concentração de nitrito foi realizada por método colorimétrico, baseado na formação de um composto azoadado resultante da reação com reagentes específicos, cuja intensidade de cor é proporcional à concentração de nitrito presente na amostra. Para a quantificação, foi construída uma curva analítica utilizando soluções padrão com concentrações conhecidas, estabelecendo-se a relação entre absorbância e concentração por meio de regressão linear. A equação obtida foi utilizada para determinar as concentrações de nitrito nas amostras analisadas, a partir das leituras espectrofotométricas realizadas (Figura 7).

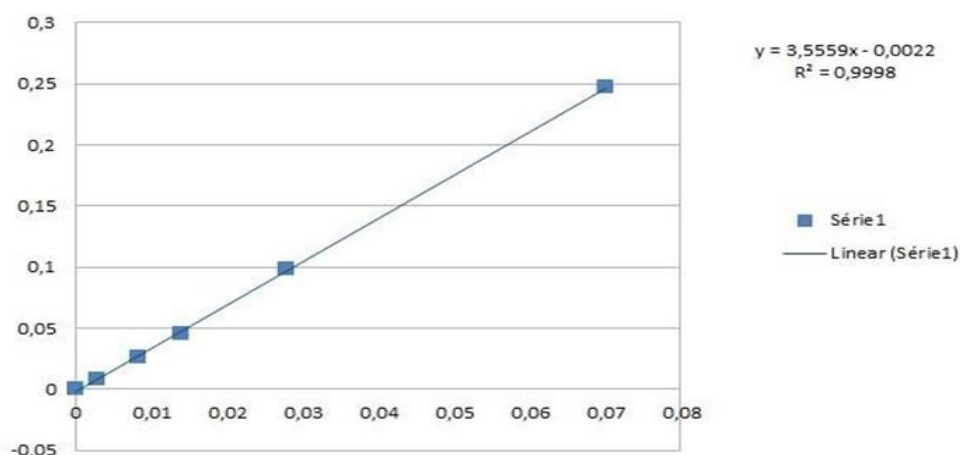


Figura 7. Curva de titulação. Fonte: Dados da pesquisa.

3.11. Coliformes

A análise microbiológica para detecção de coliformes totais e termotolerantes foi realizada pelo método dos tubos múltiplos, utilizando caldo lactosado como meio de cultura.

Para a análise, amostras de 100 mL de água foram coletadas em recipientes previamente esterilizados, sendo posteriormente inoculadas em séries de tubos contendo caldo lactosado, conforme protocolo padrão. As amostras foram incubadas em estufa bacteriológica à temperatura de 35–37 °C por um período de 24 horas.

Após o período de incubação, os tubos foram avaliados quanto à ocorrência de fermentação da lactose, indicada pela formação de gás e, ou, alteração de coloração do meio para tonalidade amarelada. A presença dessas características foi interpretada como resultado positivo para coliformes totais.

Os resultados foram expressos de forma qualitativa, como presença ou ausência de coliformes totais e de *Escherichia coli*, conforme os critérios estabelecidos para análise microbiológica da água.

4. Resultados e Discussão

A avaliação dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos das amostras analisadas permite compreender a qualidade da água nos diferentes

pontos de coleta, bem como identificar possíveis influências ambientais e antrópicas sobre esses sistemas.

Nesse sentido, a Tabela 2 apresenta os resultados obtidos nas análises laboratoriais realizadas nas amostras provenientes do bebedouro do Ifes Campus de Alegre e do poço artesiano localizado na comunidade de Chácara Portão, possibilitando uma comparação direta entre os valores observados e subsidiando a interpretação quanto à conformidade com os padrões de qualidade estabelecidos pela legislação vigente.

Tabela 2. Resultados apresentados nas análises

Parâmetro	Bebedouro (IFES)	Poço artesiano
Temperatura (°C)	23,2	26,3
pH	7,5	6,2
Dureza total (mg L ⁻¹)	16,6	10,6
Alcalinidade (mg L ⁻¹)	15,3	14,0
Condutividade (µS cm ⁻¹)	79,3	167,4
Turbidez (NTU)	0,02	1,08
Matéria orgânica (mg O ₂ L ⁻¹)	4,38	0,79
Ortofosfato (mg L ⁻¹ P)	0,0344	0,000
Amônia (mg L ⁻¹)	0,000	0,5067
Nitrito (mg L ⁻¹ N)	0,000	0,000
Coliformes	Ausência	Ausência

Fonte: Elaborado pelos autores, 2006.

Com base nos resultados apresentados na Tabela 2, torna-se necessária a comparação sistemática desses dados com os valores de referência estabelecidos pela legislação vigente e por literatura técnica especializada. Essa

etapa é fundamental para avaliar a conformidade das amostras quanto aos padrões de qualidade da água e identificar possíveis desvios que possam indicar riscos à saúde humana ou impactos ambientais.

Nesse contexto, a Tabela 3 apresenta a análise comparativa dos parâmetros avaliados, permitindo uma interpretação mais criteriosa dos resultados obtidos e subsidiando a discussão acerca da potabilidade e das possíveis influências antrópicas sobre os recursos hídricos analisados.

Tabela 3. Resultados das análises comparados aos valores de referência

Parâmetro	Bebedouro (IFES)	Valor de referência ¹	Poço artesiano	Valor de referência ²
Temperatura (°C)	23,2	Não possui valor fixo; deve manter condições naturais do corpo hídrico	26,3	Não deve haver alteração significativa em relação às condições naturais
pH	7,5	6,0 – 9,0	6,2	6,0 – 9,0
Dureza total (mg L ⁻¹)	16,6	Não estabelecido pelo CONAMA (branda < 50; moderada 50–150; dura > 150)	10,6	Não estabelecido pelo CONAMA
Alcalinidade (mg L ⁻¹)	15,3	Não estabelecida; relacionada à capacidade tampão	14,0	Não estabelecida
Condutividade (μS cm ⁻¹)	79,3	Não estabelecida (valores > 100 podem indicar impacto)	167,4	Não estabelecida (valores elevados indicam impacto)
Turbidez (NTU)	0,02	Até 100 NTU	1,08	Deve manter condições naturais, com mínima alteração
Matéria orgânica (mg O ₂ L ⁻¹)	4,38	Até 5 mg O ₂ L ⁻¹	0,79	Até 3 mg O ₂ L ⁻¹
Ortofosfato (mg L ⁻¹ P)	0,0344	Lêntico: até 0,03; intermediário: até 0,05; lóxico: até 0,10	0,000	Não estabelecido; manter níveis naturais
Amônia (mg L ⁻¹ N)	0,000	pH ≤ 7,5: até 3,7; pH 7,5–8,0: até 2,0; pH 8,0–8,5: até 1,0; pH > 8,5: até 0,5	0,5067	Não estabelecido; esperado próximo de zero
Nitrito (mg L ⁻¹ N)	0,000	Até 1,0 mg L ⁻¹ N	0,000	Não estabelecido; esperado próximo de zero
Coliformes	Ausência	Até 1.000 NMP/100 mL (água potável: ausência total – Portaria GM/MS nº 888/2021)	Ausência	Esperado: ausência ou níveis muito baixos

¹ Classe 2 de água doce do CONAMA 357/2005

² Classe especial de água doce do CONAMA 357/2005

Fonte: Elaborado pelos autores, 2006.

A Tabela 3 apresenta os resultados obtidos nas análises laboratoriais, bem como sua comparação com os valores de referência estabelecidos pela legislação vigente. Para os parâmetros não contemplados diretamente pela Resolução CONAMA nº 357/2005, como dureza total, alcalinidade e condutividade elétrica, foram adotados critérios interpretativos com base em literatura técnica especializada, incluindo o *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA) e relatórios da CETESB.

Para águas classificadas como Classe Especial, a Resolução CONAMA nº 357/2005 não estabelece limites numéricos para diversos parâmetros, priorizando a manutenção das condições naturais do corpo hídrico e a ausência de alterações decorrentes de atividades antrópicas. Nesse contexto, a interpretação dos resultados deve ir além dos valores absolutos, considerando também possíveis indícios de interferência ambiental (Figura 8).



Figura 8. Classes de enquadramento da qualidade da água, conforme critérios estabelecidos pela legislação ambiental brasileira. Fonte: elaborada por Maurício Novaes (2026), com auxílio de IA (NotebookLM).

Os valores de pH obtidos (7,5 para o bebedouro e 6,2 para o poço) encontram-se dentro da faixa estabelecida pela legislação (6,0–9,0), indicando conformidade quanto a esse parâmetro. A alcalinidade, embora não possua limite legal definido, apresentou valores baixos em ambas as amostras,

sugerindo reduzida capacidade tampão da água e, conseqüentemente, maior suscetibilidade a variações de pH (Parron *et al.*, 2011).

A dureza total, com valores de 16,6 mg L⁻¹ e 10,6 mg L⁻¹, caracteriza ambas as amostras como águas brandas. Embora esse parâmetro não represente risco direto à saúde, pode influenciar características organolépticas e processos industriais, além de estar associado à presença de íons cálcio e magnésio.

A condutividade elétrica apresentou valores distintos entre as amostras, sendo de 79,3 µS cm⁻¹ para o bebedouro e 167,4 µS cm⁻¹ para o poço artesiano. Embora não haja limite estabelecido pela legislação, valores superiores a 100 µS cm⁻¹ são frequentemente associados a ambientes com maior carga de sólidos dissolvidos. Dessa forma, o valor elevado observado no poço sugere possível influência de processos de lixiviação, aporte de sais minerais ou contaminação por fontes antrópicas. Contudo, é importante destacar que a condutividade, isoladamente, não torna a água imprópria para consumo, devendo ser analisada em conjunto com outros parâmetros.

Os valores de turbidez (0,02 NTU para o bebedouro e 1,08 NTU para o poço) encontram-se dentro dos padrões aceitáveis, indicando baixa presença de partículas em suspensão. Ressalta-se que, para água potável, a Portaria GM/MS nº 888/2021 estabelece valores mais restritivos (geralmente ≤ 5 NTU), sendo ambos os resultados considerados satisfatórios.

A concentração de matéria orgânica foi mais elevada na amostra do bebedouro (4,38 mg O₂ L⁻¹), aproximando-se do limite recomendado de 5 mg O₂ L⁻¹. Esse resultado pode indicar a presença de compostos orgânicos dissolvidos, os quais, durante processos de desinfecção, podem originar subprodutos potencialmente nocivos, como os trihalometanos¹⁹. Já a amostra do poço apresentou baixa concentração (0,79 mg O₂ L⁻¹), compatível com águas subterrâneas menos expostas à matéria orgânica.

A concentração de ortofosfato no bebedouro (0,0344 mg L⁻¹ P) está dentro dos limites estabelecidos para ambientes intermediários (até 0,05 mg L⁻¹ P), não indicando, isoladamente, risco imediato. Entretanto, a presença de fósforo,

¹⁹ Subprodutos químicos formados quando o cloro (usado na desinfecção) reage com matéria orgânica natural na água.

mesmo em baixas concentrações, pode contribuir para processos de eutrofização em ambientes aquáticos. A ausência de ortofosfato na amostra do poço sugere menor influência de fontes externas nesse parâmetro.

A presença de amônia na água do poço ($0,5067 \text{ mg L}^{-1}$) merece atenção, uma vez que esse composto, quando presente em águas naturais, pode indicar contaminação recente por matéria orgânica, esgoto doméstico ou fertilizantes agrícolas (Parron *et al.*, 2011). Apesar de não ultrapassar limites estabelecidos para determinadas faixas de pH, sua ocorrência reforça a hipótese de influência antrópica, especialmente considerando a proximidade de fossas sépticas na área de captação.

Por outro lado, a ausência de amônia na amostra do bebedouro indica maior estabilidade e eficiência no tratamento ou distribuição. Os resultados de nitrito foram nulos em ambas as amostras, o que é esperado, uma vez que esse composto geralmente ocorre como intermediário em processos de nitrificação e tende a apresentar baixa persistência em águas naturais.

Em relação à temperatura, as diferenças observadas são coerentes com as características das fontes analisadas, sendo a água do bebedouro submetida a resfriamento artificial, enquanto a água do poço reflete as condições térmicas do subsolo.

As análises microbiológicas indicaram ausência de coliformes totais e termotolerantes nas duas amostras, atendendo aos padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria GM/MS nº 888/2021. No entanto, o histórico de contaminação da água do poço sugere a necessidade de monitoramento contínuo, uma vez que a presença intermitente de coliformes pode indicar vulnerabilidade do sistema a contaminações pontuais.

De modo geral, os resultados evidenciam que, embora a maioria dos parâmetros esteja em conformidade com os padrões estabelecidos, a água do poço apresenta indícios de influência antrópica, especialmente em relação à condutividade elétrica e à presença de amônia. Esses achados reforçam a importância do monitoramento contínuo da qualidade da água, sobretudo em áreas rurais, onde práticas de saneamento inadequadas podem comprometer a segurança hídrica. A adoção de medidas preventivas e de gestão ambiental

adequada é fundamental para a proteção dos recursos hídricos e da saúde pública.

📌 Contextualização da qualidade da água na bacia do rio Itapemirim

A análise pontual das amostras avaliadas neste estudo ganha maior relevância quando inserida no contexto mais amplo da bacia hidrográfica do Rio Itapemirim, importante sistema hídrico do sul do Espírito Santo, que abastece populações urbanas e rurais e sustenta diversas atividades econômicas. Nesse sentido, dados provenientes do programa QualisRios evidenciam a distribuição espacial dos pontos de monitoramento da qualidade da água ao longo da bacia, permitindo identificar áreas mais suscetíveis à degradação e subsidiar ações de gestão (Pancotto *et al.*, 2025) (Figura 9).



Figura 9. Programa QualisRios ES e o monitoramento da bacia do rio Itapemirim. Fonte: elaborada por Maurício Novaes (2026), com auxílio de IA (NotebookLM).

As informações apresentadas indicam que, em parte significativa das estações de monitoramento, houve piora no Índice de Qualidade da Água (IQA), revelando uma tendência preocupante de degradação ambiental (Pancotto *et al.*, 2025) (Figura 10).



Figura 10. IGA: média história versus média de 2024. Fonte: elaboração própria (2026), com auxílio de IA (NotebookLM).

Esse cenário sugere que os impactos observados localmente, como os indícios de influência antrópica verificados na água do poço analisado, não constituem eventos isolados, mas refletem processos mais amplos associados ao uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica.

Adicionalmente, observa-se uma desconexão entre o arcabouço legal existente, que envolve instrumentos como licenciamento ambiental, enquadramento dos corpos hídricos e políticas de saneamento, e a realidade observada em campo. Apesar da existência de normas e mecanismos de controle, muitos cursos d’água continuam recebendo cargas de esgotos domésticos, além de sedimentos provenientes de áreas rurais degradadas, evidenciando fragilidades na implantação e fiscalização dessas políticas (Pancotto *et al.*, 2025) (Figura 11).

De acordo com Souza (2025), a degradação dos recursos hídricos está diretamente associada ao crescimento populacional, à urbanização e às atividades agropecuárias, evidenciando a necessidade de uma gestão integrada que contemple não apenas o uso da água, mas também o controle de fontes de poluição, como o saneamento inadequado. Essa perspectiva torna-se particularmente relevante no contexto da bacia do Rio Itapemirim, onde tais pressões antrópicas se manifestam de forma significativa ao longo do território.

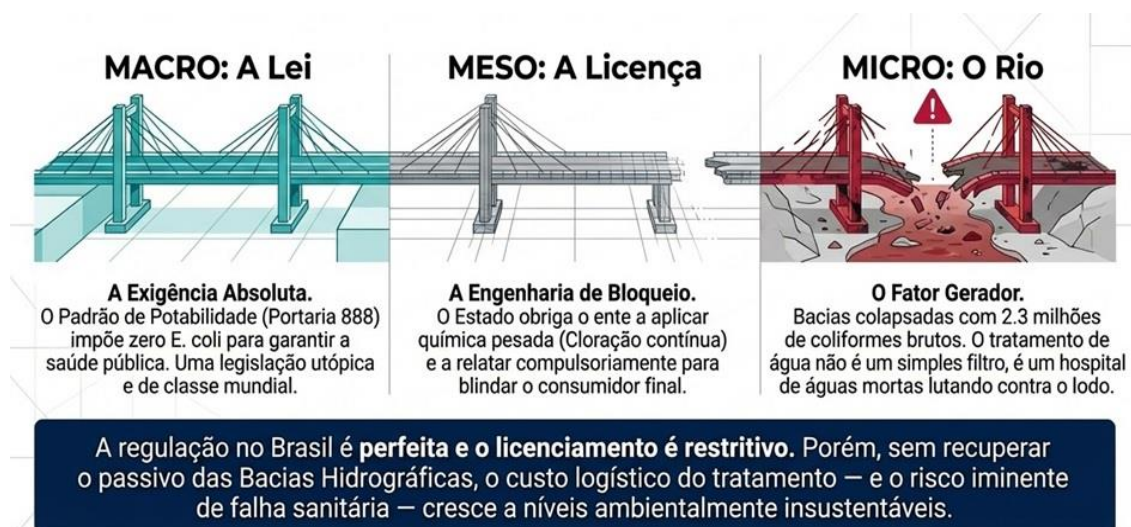


Figura 11. A fossa entre a legislação e a realidade. Fonte: elaborada por Maurício Novaes (2026), com auxílio de IA (NotebookLM).

Nesse cenário, destaca-se que a qualidade da água bruta na referida bacia apresenta um déficit crônico, o que impõe desafios adicionais aos sistemas de tratamento e abastecimento. Esse contexto reforça a necessidade de fortalecer a governança hídrica em múltiplas escalas, integrando monitoramento contínuo, fiscalização efetiva e adoção de práticas sustentáveis no meio rural, como estratégias agroecológicas de conservação do solo e da água. Dessa forma, a articulação entre dados locais e regionais torna-se fundamental para a compreensão dos processos de degradação e para a proposição de soluções mais eficazes e duradouras (Figura 12).



Figura 12. Diagnóstico final da governança hídrica. Fonte: elaborada por Maurício Novaes (2026), com auxílio de IA (NotebookLM).

5. Considerações

A avaliação das propriedades físico-químicas e microbiológicas da água constitui ferramenta essencial para a compreensão do funcionamento dos ecossistemas aquáticos e para a identificação de fatores que podem comprometer a qualidade dos recursos hídricos. Nesse sentido, os resultados obtidos evidenciam que, embora parte dos parâmetros analisados esteja em conformidade com os padrões estabelecidos pela legislação vigente, há indícios de influência antrópica, especialmente na amostra proveniente do poço artesiano, o que reforça a necessidade de monitoramento contínuo e sistemático.

A qualidade da água está diretamente relacionada à promoção da saúde pública e à prevenção de doenças de veiculação hídrica. Assim, garantir o acesso à água potável, livre de contaminantes físicos, químicos e microbiológicos, é condição indispensável para assegurar qualidade de vida, sobretudo em comunidades rurais e em situação de maior vulnerabilidade. Nesse contexto, o monitoramento regular dos parâmetros de qualidade da água contribui não apenas para a redução de riscos à saúde, mas também para o fortalecimento de políticas públicas voltadas ao saneamento básico e à proteção ambiental.

Adicionalmente, a presença de nutrientes, como ortofosfato e compostos nitrogenados, ainda que em concentrações moderadas, pode desencadear processos de eutrofização em corpos hídricos, promovendo o crescimento excessivo de algas e a consequente redução do oxigênio dissolvido, com impactos negativos sobre a biodiversidade aquática. Esses processos estão frequentemente associados ao uso inadequado do solo, lançamento de efluentes e manejo incorreto de resíduos orgânicos.

Nesse cenário, destaca-se o potencial das práticas agroecológicas como estratégias fundamentais para a conservação da qualidade da água. Sistemas produtivos baseados na agroecologia, como o uso de adubação verde, manejo da matéria orgânica, implantação de sistemas agroflorestais e proteção de áreas de preservação permanente, contribuem para a redução da lixiviação de nutrientes, o controle da erosão e o aumento da infiltração de água no solo. Além disso, a substituição ou redução do uso de insumos químicos sintéticos diminui

significativamente os riscos de contaminação dos corpos hídricos superficiais e subterrâneos.

A análise integrada dos parâmetros avaliados permite, portanto, compreender não apenas a potabilidade da água, mas também as relações entre o uso e ocupação do solo e os impactos ambientais associados, especialmente em áreas rurais com presença de fossas sépticas e atividades agrícolas. Dessa forma, torna-se evidente a necessidade de adoção de práticas de manejo sustentável e de planejamento territorial que considerem a proteção dos recursos hídricos como elemento central.

Finalmente, ressalta-se a importância de investimentos em infraestrutura de saneamento, monitoramento ambiental e educação sanitária, aliados à promoção de práticas agroecológicas, como estratégias integradas para assegurar a segurança hídrica e o direito universal ao acesso à água de qualidade. Tais ações são fundamentais para a construção de sistemas produtivos mais sustentáveis e para a preservação dos ecossistemas em longo prazo.

6. Referências

American Public Health Association. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 23. ed. Washington, D.C., 2017.

ARK, R. M.; HESS, A. F.; BERNSTAM, E. V. Animation and visualization of water quality in distribution systems. **Journal of the American Water Works Association**. n. 84, p. 48-52, 1992.

BARCELLOS, C.; COUTINHO, K.; PINA, M. F.; MAGALHÃES, M. M. A. E.; PAOLA, J. C. M. D.; SANTOS, S. M. Inter-relacionamento de dados ambientais e de saúde: Análise de riscos à saúde aplicada ao abastecimento de água no Rio de Janeiro utilizando sistemas de informações geográficas. **Cadernos de Saúde Pública**, n. 14, p. 597-605, 1998.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021**. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5/GM/MS, 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 da União: seção 1, Brasília, DF, 24 maio 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: 25 mar. 2026.

CARMONA, E. C. *et al.* **Importância da água e suas propriedades para a vida.** Conexão Água, 2016. Disponível em: <<https://conexaoagua.mpf.mp.br/arquivos/artigos-cientificos/2016/09-importancia-da-agua-e-suas-propriedades-para-a-vida-1.pdf>>. Acesso em: 22 jun. 2025.

CETESB. COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Qualidade das águas interiores no estado de São Paulo 2023.** São Paulo: CETESB, 2024. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br>. Acesso em: 30 mar. 2026.

CHEVALIER, J.; GHEERBRANT, A. **Dicionário de símbolos:** mitos, sonhos, costumes, gestos, formas, figuras, cores, números. Rio de Janeiro: José Olympio, 1988. p. 996.

CONAMA. **RESOLUÇÃO n.º 357 DE 17 DE MARÇO DE 2005.** Publicada no DOU nº 053, de 18/03/2005, p. 58-63. Disponível em <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>. Acesso em: 03 dez. 2016.

PANCOTTO, T. A.; MUNIZ, F.; FERRARI, J. L.; AMARAL, A. A. do; SOUZA, M. N. Bacia hidrográfica do rio Castelo, ES: integração entre conhecimento científico e educação para a sustentabilidade. In: SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em gestão ambiental. Vol. IV.** Canoas, RS: Mérida Publishers, 2025. p. 243-271. ISBN: 978-65-84548-36-7. DOI: <https://doi.org/10.69570/mp.978-65-84548-36-7>.

PARRON, L. M.; MUNIZ, D. H. de F.; PEREIRA, C. M. **Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química da água.** Embrapa Florestas. Colombo, PR, 2011.

SILVA, A. A.; UENO, R. M. Padrão físico-químico e microbiológico da água de nascentes e poços rasos de propriedades rurais da região sudoeste do Paraná. **Arquivos do Instituto Biológico, v. 82, 2015.** Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/aib/a/SmrRNS4dMx8VpgpcXWx85SP/>>. Acesso em: 22 jun. 2025.

SILVA, Q. M. A.; MACÊDO, J. V. L. Ocorrência de *Escherichia coli* em água potável e fatores associados: uma revisão integrativa. **Revista Sociedade Científica, v. 8, n. 1, p. 1069-1088, 2025.** Disponível em <https://doi.org/10.61411/rsc202597718>. Acesso em: 22 jun. 2025.

SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em gestão ambiental. Vol. IV.** Canoas, RS: Mérida Publishers, 2025. 346 p. ISBN: 978-65-84548-36-7. DOI: <https://doi.org/10.69570/mp.978-65-84548-36-7>.

SOUZA, M. N.; MAGALHÃES, M. V. D. de; LOPES, L. B.; AMARAL, A. A. do; MUNIZ, F.; PANCOTTO, T. A. Transição sustentável: caminhos para a construção de sistemas produtivos resilientes. In: SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em recuperação de áreas degradadas Vol. X.** Canoas, RS: Mérida Publishers, 2025. p. 68-111. DOI: <https://doi.org/10.69570/mp.978-65-84548-34-3.c2>.