ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA DA ÁGUA DE UM RIO URBANO EM ALEGRE, ESPÍRITO SANTO

Eduarda Rodrigues Araujo Alves, Laís Marins Menezes, Carolyna Ruiz Lima Dionizio, Daniela Rolim Zeferino, Maria Eduarda de Assis Viana, Tatiane Sanches Soares.

Universidade Federal do Espírito Santo – UFES, Campus Alegre, Alto Universitário, S/N, Guararema – 29500-000 – Alegre - ES, Brasil, eduardarodriguesaraujoalves5@gmail.com, laismarins28@gmail.com, carolynadionizio@gmail.com, dani.rzeferino@gmail.com, duda.a.viana1@gmail.com, tatiane.s.soares@ufes.br.

Resumo

A qualidade da água é fundamental para a promoção da saúde pública e para a conservação do equilíbrio ambiental, refletindo na qualidade de vida e na sustentabilidade dos ecossistemas. Este estudo teve como objetivo avaliar a qualidade da água do rio que corte no município de Alegre-ES, por meio de análises físico-químicas e microbiológicas, visando identificar possíveis contaminações e compreender sua relação com a preservação dos recursos hídricos locais. Foram analisados parâmetros como pH, turbidez, oxigênio dissolvido e alcalinidade, além da presença de coliformes totais e termotolerantes. Os resultados demonstraram contaminação microbiológica significativa, com a detecção de coliformes termotolerantes em todas as amostras testadas. Além disso, a baixa concentração de oxigênio dissolvido e a turbidez elevada indicam comprometimento da qualidade da água, possivelmente associado ao despejo de esgoto e à erosão da área de entorno. Os achados ressaltam a importância do monitoramento contínuo da qualidade da água e da implementação de medidas para minimizar impactos ambientai.

Palavras-chave: Qualidade da água. Contaminação microbiológica. Parâmetros físico-químicos. Conservação ambiental.

Área do Conhecimento: Ciências Biológica - Ecologia

Introdução

A qualidade da água é um elemento determinante para a saúde humana e a manutenção dos ecossistemas aquáticos. A contaminação dos recursos hídricos pode ocorrer por meio do despejo de esgoto doméstico, resíduos industriais e atividades agropecuárias, afetando sua potabilidade e a biodiversidade local (FORTES *et al.*, 2019). No Brasil, a Resolução CONAMA nº 357/2005 estabelece critérios para a classificação dos corpos d'água, regulando os parâmetros microbiológicos e físico-químicos para garantir sua adequação aos diferentes usos.

Estudos apontam que a degradação ambiental e o uso inadequado do solo influenciam diretamente a qualidade dos cursos d'água, intensificando a turbidez e reduzindo a disponibilidade de oxigênio dissolvido, fatores que afetam a vida aquática e podem indicar poluição por matéria orgânica (GARCIA et al., 2018).

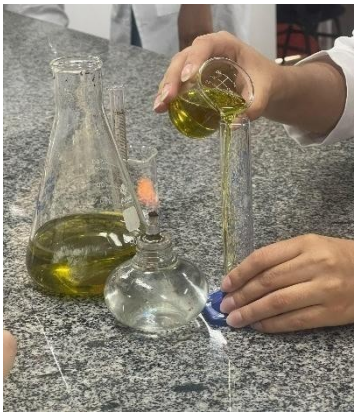
Além disso, a presença de coliformes termotolerantes, como *Escherichia coli*, é um forte indicativo de contaminação fecal, podendo representar risco à saúde pública (FORTES *et al.*, 2019). Neste contexto, este estudo teve como objetivo analisar a qualidade da água de um rio na região de Alegre/ES, avaliando parâmetros físico-químicos e microbiológicos, a fim de compreender a extensão da contaminação e propor medidas para sua mitigação. A pesquisa busca contribuir para o fortalecimento da vigilância da qualidade da água, promovendo a conscientização sobre a preservação dos recursos hídricos e a importância de políticas públicas voltadas para a gestão sustentável da água.

Metodologia

O estudo foi realizado no município de Alegre, Espírito Santo (coordenadas geográficas: 20°45'48" S, 41°31'55" W). A coleta de água foi realizada no dia 14 de fevereiro de 2025 no rio Alegre — escolhido por ser o principal córrego da região —, sendo efetuada poucas horas antes das análises em um único ponto de amostragem localizado no bairro Vila Viana. A amostra foi acondicionada em um frasco estéril e devidamente identificada, garantindo a integridade da amostra.

O estudo foi conduzido em três diferentes etapas, iniciando-se com a coleta da água no rio Alegre. Na segunda etapa, iniciaram-se as análises laboratoriais, nas quais as amostras foram submetidas a uma série de testes que começaram com a análise microbiológica. A água do rio foi submetida a uma diluição seriada em caldo lactosado, utilizando quintuplicatas. As diluições testadas foram 1:1, 1:10 e 1:100. O conteúdo foi misturado levemente e adicionado ao tubo de ensaio e ao tubo de Durham. As amostras foram incubadas por um período de 24 a 48 horas e analisadas quanto à formação de gás no tubo de Durham, caracterizando um teste presuntivo para a presença de coliformes totais (Figuras 1 e 2).

Figura 1 - Vertimento do meio de cultura Verde Brilhante Bile a 2%.



Fonte: O autor (2025).

Figura 2 - Inoculação da amostra no meio de cultura utilizando alça de platina.



Fonte: O autor (2025).

Os tubos que apresentaram resultado positivo foram inoculados com o auxílio da alça de platina, previamente flambada e fria, para tubos contendo meio de cultura Verde Brilhante Bile a 2%, sendo esse procedimento chamado de repicagem. O tubo de Durham foi adicionado aos tubos de ensaio e estes foram incubados de 24 a 48 horas a 35 ± 0,5 °C.

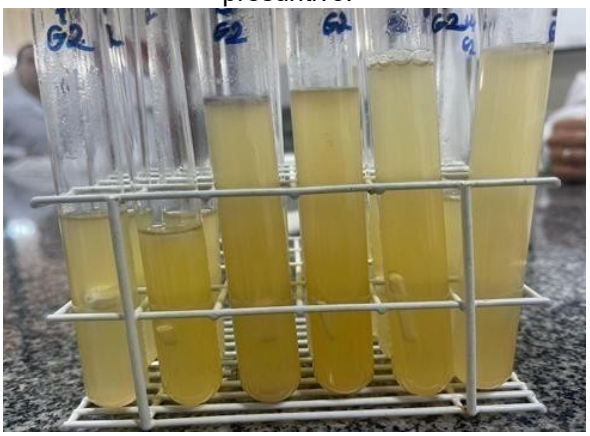
Após inocular o material do teste presuntivo nos tubos para o teste confirmativo, o conteúdo dos 14 tubos de ensaio iniciais foi descartado em recipiente adequado. Para o ensaio de coliformes termotolerantes, utilizaram-se os tubos com resquícios de material, aos quais foram acrescidos meio EC e tubos de Durham; a mistura foi homogeneizada e levada a banho de água durante 30 minutos, sendo posteriormente incubada em banho-maria a 44,5 ± 0,2 °C durante 24 ± 2 horas. Os testes confirmativos e testes para termotolerantes foram realizados simultaneamente e ambos foram considerados positivos se houve a formação de gás nos tubos de Durham. Foram preparadas três placas de Petri para a contagem padrão de bactérias, nas quais verteu-se 1 mL da amostra, sendo o meio homogeneizado com alça de Drigalski e as placas levadas para incubação.

Após a conclusão dos testes de análise microbiológica, iniciou-se a terceira etapa com a análise de testes físico-químicos utilizando pHmetro, turbidímetro, oxímetro, além do método de titulação para determinar a acidez e alcalinidade da água coletada, utilizando H_2SO_4 e NaOH como reagentes.

Resultados

A análise microbiológica que se iniciou com o teste presuntivo obteve resultado positivo para todas as amostras, o que demonstra a presença de coliformes totais e se faz necessária a continuação do exame para o teste confirmativo, conforme a Figura 3.

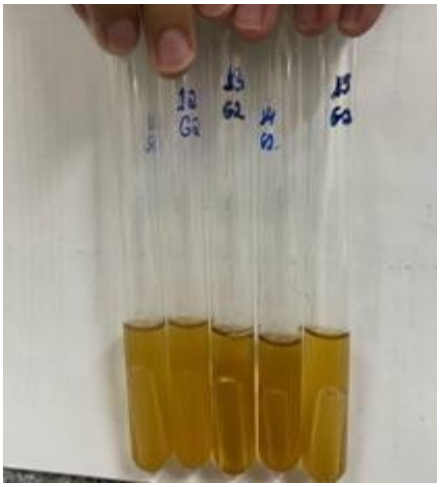
Figura 3 - Formação de gás no tubo de Durham, indicando resultado positivo no teste presuntivo.



Fonte: O autor (2025).

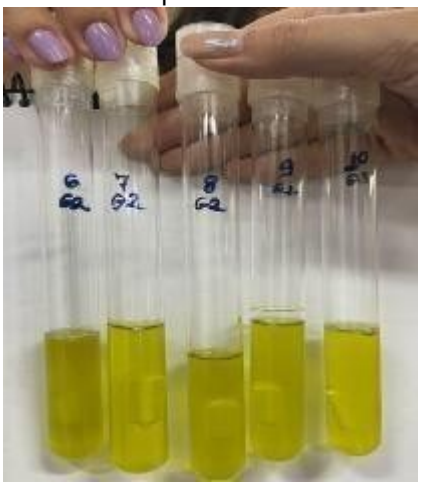
Nos testes confirmativos realizados em meio Verde Brilhante, observou-se resultado negativo apenas no tubo nº 4, enquanto os demais apresentaram crescimento característico, conforme demonstrado na Figura 5. No ensaio para detecção de coliformes termotolerantes em meio EC, verificou-se positividade em 100% das amostras analisadas (Figura 4).

Figura 4 - Teste de coliformes termotolerantes no meio EC, indicando resultado positivo.



Fonte: O autor (2025).

Figura 5 - Exames confirmativos no meio Verde Brilhante Bile a 2%, indicando resultado positivo.



Fonte: O autor (2025).

Quanto aos parâmetros físico-químicos, o pH da água coletada situou-se dentro da faixa estabelecida para corpos d'água naturais, apresentando caráter levemente alcalino, cujos valores detalhados encontram-se na Tabela 1. A temperatura registrada manteve-se entre 20 e 37 °C.

Tabela 1: Resultados dos testes físico-químicos realizados na amostra de água do Rio Alegre.

Testes Físico-químicos	Resultados
pH	8,31
Temperatura	23°C
Turbidez	24 NTU
Oxigênio	15,7%

Fonte: Produção do autor.

As análises de titulação indicaram predominância da alcalinidade sobre a acidez, cujos dados numéricos completos são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Resultados da titulação para determinação da acidez e alcalinidade da água.

Parâmetro	Resultado 1 (mg $CaCO_3$/mol.L)	Resultado 2 (mg $CaCO_3$/mol.L)	Resultado 3 (mg $CaCO_3$/mol.L)	Média (mg $CaCO_3$/mol.L)
Acidez	24	20	32	25,33
Alcalinidade	112	112	72	98,67

Fonte: Produção do autor.

A titulação com H_2SO_4 (cujos aspectos visuais da triplicata constam na Figura 7) possibilitou a determinação da concentração de íons bicarbonato, carbonato e hidróxido, enquanto a titulação com NaOH (ilustrada na Figura 6) foi utilizada para estimar a concentração de dióxido de carbono dissolvido na amostra.

Figura 6 - Titulação com NaOH, indicando resultado positivo.



Fonte: O autor (2025).

Figura 7 - Amostra em triplicata de titulação com H_2SO_4, indicando resultado positivo.



Fonte: O autor (2025).

Discussão

A presença marcante de coliformes totais e termotolerantes nas amostras do Rio Alegre evidencia comprometimento microbiológico, com positividade na etapa presuntiva (Figura 3) e nos testes confirmativos, indicando influência antrópica. Esses achados são compatíveis com Sonobe et al. (2019) e Silva et al. (2022), que associaram coliformes termotolerantes e Escherichia coli à contaminação por

esgoto e efluentes domésticos em ambientes urbanos. O resultado negativo isolado em um dos tubos pode refletir a variabilidade espacial e temporal da qualidade microbiológica, conforme observado por Oliveira et al. (2015), aspecto complementado na Figura 5.

A detecção de coliformes termotolerantes em 100% das amostras (Figura 4) indica condições sanitárias inadequadas e sugere contaminação de origem fecal. Embora a Escherichia coli seja um importante indicador de contaminação fecal por estar associada ao trato gastrointestinal de seres humanos e animais homeotérmicos, a simples detecção de coliformes termotolerantes não permite determinar isoladamente a origem da contaminação. Assim, a ampla ocorrência desses microrganismos na bacia pode estar relacionada à introdução de dejetos humanos e de animais. O crescimento microbiano expressivo nas placas de Petri indica presença de microrganismos cultiváveis, mas não deve ser interpretado sozinho como medida direta da carga orgânica total. A influência de fontes difusas e do escoamento urbano pode contribuir para esse cenário (Mesquita et al., 2020).

O pH levemente alcalino (8,31) situa-se dentro dos limites aceitáveis para corpos de água doce (6,5–8,5) e não desnatura a microbiota fecal a curto prazo, corroborando a ideia de poluição recente e contínua. Em contraste, o baixo oxigênio dissolvido (15,7% de saturação) alerta para poluição orgânica avançada, uma vez que reduções acentuadas nesse parâmetro decorrem do elevado consumo por microrganismos aeróbios decompositores da matéria orgânica, comprometendo a vida aquática e acelerando a eutrofização (Ribeiro et al., 2022).

A turbidez de 24 NTU reflete a presença de sólidos em suspensão e material particulado carreado pelo escoamento superficial e por processos erosivos nas margens. Esse comportamento está alinhado aos achados de Mesquita et al. (2020), que destacaram o papel da drenagem urbana como fonte de aporte de poluentes e sedimentos, impactando a transparência e a qualidade do sistema.

A temperatura observada (23 °C) é compatível com o desenvolvimento metabólico de microrganismos, incluindo potenciais enteropatógenos. A análise da capacidade tamponante revelou predominância da alcalinidade (98,67 mg $CaCO_3$/L) sobre a acidez (25,33 mg $CaCO_3$/L), decorrente da presença de íons bicarbonato (HCO_3^-), carbonato (CO_3^{2-}) e hidróxido (OH^-), que estabilizam o pH frente a variações bruscas (APHA, 2017). Contudo, a coexistência de um sistema bem tamponado com elevada contaminação microbiológica e baixa oxigenação demonstra que o meio, embora quimicamente resiliente, encontra-se sob forte pressão de degradação antrópica, exigindo medidas urgentes de saneamento e gestão ambiental.

Conclusão

Os resultados obtidos demonstram que a água analisada apresenta elevada contaminação microbiológica, com forte evidência de origem fecal recente. A alta carga bacteriana, associada às condições físico-químicas observadas, indica que a água não atende aos padrões de qualidade recomendados para uso seguro, representando potencial risco à saúde pública.

Diante disso, torna-se necessária a implementação de medidas corretivas e de monitoramento, visando mitigar os impactos ambientais.

Referências

ARAÚJO, R. et al. Qualidade das águas do Rio Alegre, Espírito Santo. **Revista Ciência Agronômica**, v. 39, n. 1, p. 155–161, 2008.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 18 mar. 2005. Disponível em: http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf. Acesso em: 13 mar. 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Manual prático de análise de água**. 2. ed. Brasília: Funasa, 2013. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/manual_analise_agua_2ed.pdf. Acesso em: 14 mar. 2025.

FORTES, A. C. C.; BARROCAS, P. R. G.; KLIGERMAN, D. C. A vigilância da qualidade da água e o papel da informação na garantia do acesso. **Saúde em Debate**, Rio de Janeiro, v. 43, n. esp. 3, p. 20-34, dez. 2019. DOI: 10.1590/0103-11042019S302.

GARCIA, J. M. et al. Degradação ambiental e qualidade da água em nascentes de rios urbanos. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 30, n. 1, p. 228-254, jan./abr. 2018. DOI: 10.14393/SN-v30n1-2018-10.

LABCRIS. **Análise físico-química e microbiológica da água**. 2023. Disponível em: https://www.labcris.com.br/blog/categorias/artigos/analise-fisico-quimica-e-microbiologica-da-agua. Acesso em: 14 mar. 2025.

MESQUITA, J. B. F. et al. Modelagem da drenagem urbana e avaliação das cargas de poluentes em bacias hidrográficas. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 25, n. 3, p. 451-460, 2020.

OLIVEIRA, A. P. et al. Diagnóstico temporal e espacial da qualidade das águas superficiais do Córrego Bandeira, Campo Grande, MS. **Revista Agroambiente On-line**, Boa Vista, v. 9, n. 3, p. 227-234, 2015. DOI: 10.18227/1982-8470ragro.v9i3.2455.

RIBEIRO, N. U. F. et al. Qualidade da água e monitoramento microbiológico em ecossistemas fluviais urbanos utilizando *Escherichia coli* como indicador. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 27, n. 2, p. 315-324, 2022.

SILVA, C. O. F. et al. Avaliação da qualidade ambiental de corpos hídricos sob influência antrópica. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 24, n. 4, p. 781-790, 2019.

SILVA, T. S. M. et al. Perfil de sensibilidade aos antimicrobianos das cepas de *Escherichia coli* isoladas de amostras de águas superficiais do Rio Carioca-RJ, Brasil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 27, n. 4, p. 755-764, jul./ago. 2022. DOI: 10.1590/S1413-415220200405.

SONOBE, H. G. et al. Avaliação espacial e temporal de aspectos sanitários de um reservatório utilizado para abastecimento público. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 24, n. 1, p. 115-125, 2019.