

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MINAS GERAIS

ECOLIZAR:

Monitorando a Qualidade da Água Através de uma Plataforma Integrada

Ibirité, MG

2025



Isabela Carolina Dias Rocha

Rafael Kaiky Soares Batista

Edilson Ebert Epfânio da Silva

Flávia Moreira Gomes

ECOLIZAR:

Monitorando a Qualidade da Água Através de uma Plataforma Integrada

Relatório apresentado à 9ª FEMIC - Feira Mineira de Iniciação Científica.

Orientação do Prof. Flávia Gomes e coorientação de Edilson Ebert.

Ibirité, MG

2025



RESUMO

A crescente demanda por água potável, aliada à intensificação de atividades potencialmente poluidoras, tem contribuído para a redução da disponibilidade desse recurso fundamental. Esse cenário exige que o monitoramento da qualidade dos cursos d'água, principais fontes de água doce potável, seja eficaz, preciso, prático, de baixo custo e capaz de promover a sustentabilidade deste recurso a longo prazo. Um método comumente utilizado é o Índice de Qualidade da Água (IQA), que fornece uma visão geral da qualidade da água; porém, calculá-lo manualmente torna o processo impreciso, demorado e trabalhoso. Tendo isso em vista, o presente projeto desenvolveu um dispositivo autônomo, utilizando a plataforma Arduino e os princípios da Internet das Coisas (IoT), capaz de coletar dados sobre os parâmetros físico-químicos da água e calcular o IQA de nascentes, rios ou corpos d'água. A metodologia incluiu também a elaboração e aplicação de drones, equipados com os mesmos sensores do dispositivo, permitindo a coleta de dados em áreas de difícil acesso. Todos os dados obtidos são transmitidos em tempo real para um banco de dados, possibilitando a tabulação dos resultados e a emissão de relatórios de forma ágil. O dispositivo IoT Ecolizar demonstrou alta eficiência, rapidez e confiabilidade na análise da qualidade da água, apresentando redução significativa no tempo de análise e menor consumo de recursos laboratoriais em comparação aos métodos tradicionais, como o Kit Alfa Kit. Atendeu a todos os parâmetros regulamentares do CONAMA e da ANVISA, podendo ser utilizado como procedimento padrão de monitoramento ambiental no Brasil. A combinação de dispositivos fixos e drones ampliou a cobertura, garantindo coleta de dados segura e abrangente, fortalecendo a gestão das nascentes e cursos d'água urbanos e contribuindo para a preservação dos recursos hídricos e a promoção da sustentabilidade.

Palavras-chave: Gestão Ambiental. Monitoramento. Tecnologia Aplicada



SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	5
2 JUSTIFICATIVA	6
3 OBJETIVO GERAL	7
4 METODOLOGIA	8
5 RESULTADOS OBTIDOS	9
6 CONCLUSÕES OU CONSIDERAÇÕES FINAIS	10
REFERÊNCIAS	11



1 INTRODUÇÃO

A água influencia diretamente os ciclos biogeoquímicos, estando presentes em todos os aspectos da vida, tendo uma grande importância no desenvolvimento de toda a biodiversidade. Sendo essencial e indispensável em processos fisiológicos, na sobrevivência e manutenção de todos os organismos vivos. Porém, apesar de ser encontrada em abundância nos oceanos, menos de 3% da água do planeta pode ser consumida e a maior parte está em estado sólido nas geleiras. Por este motivo, tornam-se necessários meios que auxiliem na mitigação de fatores que impactam de maneira negativa em todo o ecossistema fluvial. (Spadotto, 2016; Souza et al., 2022)

Primeiramente, torna-se necessário compreender o ciclo hidrológico: em suma, é o movimento contínuo da água e a troca de seus estados físicos entre a superfície terrestre e a atmosfera. Este ciclo é regido pela radiação solar, que possibilita a evaporação de grandes quantidades de água do oceano, esse vapor desloca-se pelas correntes atmosféricas e, graças a gravidade, toda a água condensada cai, formando as precipitações. No momento que encontra a superfície, existem dois caminhos que as águas pluviais traçam, o escoamento superficial e escoamento subterrâneo. No escoamento superficial, ela circula pela terra e se reúne em rios até atingir o oceano, já no subterrâneo, a água se infiltra nos solos, entre raízes e rochas, consequentemente sendo purificada, e alimenta o lençol freático, se acumulando acima de uma camada impermeável. (Calheiros et al., 2009; Souza et al., 2016)

Contudo, as áreas hídricas urbanas têm enfrentado um crescente estresse devido a urbanização exacerbada e as atividades antrópicas inadequadas, que impactam de forma negativa todo o ecossistema fluvial (Sobocinski et al., 2022). Segundo Roth (2011), o ser humano possui a característica de se aglomerar em núcleos urbanos de modo organizado, normalmente, em locais planos próximos a cursos d'água, criando as famigeradas cidades. Todavia, em excesso, este fato torna-se extremamente prejudicial em razão destes locais, originalmente rurais, passarem por modificações antropogênicas severas, capazes de causar



danos ao ecossistema e dizimar os recursos naturais presentes de maneira drástica ao longo das décadas. (Souza, 2008)

Quando a expansão urbana no entorno de áreas hídricas se mostra presente, diversos problemas são gerados ao ecossistema, podendo ser observados de forma direta e/ou indireta, entretanto, os principais fatores evidenciados são o aumento da demanda por água e a impermeabilização do solo. O primeiro fator advém do crescimento da densidade demográfica, o que, por consequência, amplia a necessidade da utilização desses recursos hídricos, seja para consumo humano, irrigação, geração de energia, entre outros, impulsionando, assim, a exploração da água de rios, lagos e aquíferos. Essa situação compromete a qualidade e o fluxo da água, afetando a sustentabilidade do manancial e a biodiversidade do ecossistema circundante. Já o segundo fator, a impermeabilização do solo, ocorre devido a ocupação urbana desordenada, o que reduz drasticamente a capacidade de infiltração do solo, impedindo a recarga natural dos aquíferos e aumentando o escoamento superficial (Fellipe e Júnior, 2012; Mendonça e Leitão, 2008).

Por sua vez, o escoamento superficial intensificado desencadeia uma série de consequências para o meio ambiente, como, por exemplo, a erosão do solo e o assoreamento dos rios. A erosão do solo apresenta uma complexa reversão, podendo transmutar rios permanentes à intermitentes, ou até mesmo extingui-los, além de aumentar o risco de desastres naturais, como deslizamentos de terra (Almeida, 2016). Segundo Barbosa, Pinto e Castro (2014), o assoreamento está diretamente interligado com os processos erosivos, isso se deve por ser um fenômeno formado pelo acúmulo excessivo de sedimentos no leito dos rios, gerando a redução da profundidade dos cursos d'água e o risco de inundações.

Ademais, a poluição gerada em abundância pela urbanização, sejam resíduos sólidos ou líquidos, contaminam os lençóis freáticos, os cursos d'água e o solo, comprometendo significativamente a qualidade e funcionalidade ecológica da água e ainda representando riscos à saúde humana devido à presença de metais pesados e de microrganismos patogênicos. (Garcia, 2018; Kamboj, 2020; Liu e Fan, 2023)



Uma das principais ferramentas utilizadas para avaliar a qualidade de recursos hídricos é o Índice de Qualidade da Água (IQA). Segundo o Programa Nacional de Avaliação da Qualidade das Águas (PNQA, 2019), este indicador foi implementado em 1975 pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), e consolidou-se como referência nacional para avaliação da qualidade da água. Esta ferramenta é utilizada para classificar a qualidade dos cursos d'água através de uma única grandeza, levando em consideração diversos parâmetros. Desta forma, empregá-lo auxilia no monitoramento ambiental, servindo como instrumento crucial na avaliação dos resultados e na tomada de decisões relacionadas aos recursos hídricos analisados. (Menezes et al., 2010).

O método utiliza uma escala numérica intuitiva, de 0 a 100, o que facilita a compreensão de diversos públicos, desde os técnicos à comunidade, além disso, o IQA permite identificar tendências ao possibilitar a monitoração da qualidade da água ao longo do tempo, auxiliando na gestão dos recursos hídricos. Porém, para efetuar o cálculo do IQA, é necessário que um indivíduo colete uma porção da água para ser analisada em laboratório, tal análise pode demorar algumas horas para ser feita. Seguindo o conceito da Internet das Coisas (*Internet of Things, IoT*), que, em suma, é um ambiente onde os objetos físicos são conectados com a internet, é possível facilitar esse processo e acelerar na análise e gestão de nascentes e águas lânticas e lóticas.

Compreende-se que o primeiro passo para revitalizar e preservar essas áreas tão importantes é identificá-las, especialmente no meio urbano, onde em sua maioria, servem de destino inadequado do esgoto para diversos bairros, muitas vezes, sem que a população tenha o conhecimento da presença de corpos hídricos na região. Com este motivo, surge o seguinte questionamento: Como a integração de plataformas digitais e dispositivos IoT podem melhorar o monitoramento da qualidade da água em nascentes e cursos hídricos urbanos, tornando-o mais eficiente e preciso, e apoiando a gestão sustentável dos mananciais e metas ambientais?



2 JUSTIFICATIVA

O monitoramento efetivo da qualidade de água é crucial para a preservação dos mananciais e para garantir o abastecimento correto à sociedade. Entretanto, os métodos convencionais de análise, embora consolidados, mostram grandes limitações, como o custo elevado de coletas, a dependência de mão de obra especializada e a demora na computação dos resultados. Esses déficits comprometem a efetividade do controle ambiental, principalmente em trabalhos e localidades com recursos reduzidos. (Serraglio et al., 2021; ANA, 2023)

Baseado nesse cenário, torna-se alarmante e necessário o desenvolvimento de tecnologias que viabilizem a otimização e automação do monitoramento e da identificação dos parâmetros da qualidade de água, reduzindo o tempo e os custos operacionais das análises. O uso de sensores integrados a plataformas de Internet das Coisas, demonstra uma alternativa de baixo custo e ainda não explorada para a coleta e transmissão de dados em tempo real, possibilitando elevada precisão na avaliação de parâmetros físico-químicos da água. (Li et al., 2023; Zhao et al., 2022)

Ademais, a automatização do cálculo do IQA permite a padronização de resultados e reduz os equívocos. A aplicação dessa abordagem está diretamente ligada com o cumprimento dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), fortalecendo políticas públicas voltadas à gestão dos recursos hídricos. (ONU, 2024)

Deste modo, o presente projeto se justifica pela necessidade de otimizar os processos de qualificação da água, tornando-os mais acessíveis, eficientes e padronizados, além de fornecer contribuições técnicas para embasar e viabilizar as tomadas de decisões da gestão dos recursos hídricos.

3 OBJETIVOS

Os objetivos deste trabalho definem as metas a serem alcançadas, orientando as ações e permitindo avaliar os resultados obtidos, evidenciando a relevância e o impacto do estudo.



3.1 Objetivo geral

Otimizar a avaliação dos Índices de Qualidade de Água (IQA), através da criação de mecanismos tecnológicos capazes de realizar tais medidas de forma autônoma, com isso, facilitar a qualificação dos parâmetros em áreas de baixa conectividade.

3.2 Objetivos específicos

- Avaliar a qualidade da água de nascentes e cursos hídricos urbanos medindo automaticamente pelo menos cinco parâmetros físico-químicos (pH, turbidez, temperatura, condutividade e oxigênio dissolvido) em tempo real, reduzindo em 50% o tempo de coleta e análise em comparação aos métodos manuais tradicionais e gerando relatórios automáticos diários para identificar rapidamente áreas fora dos padrões estabelecidos.
- Comparar a precisão dos dados obtidos pelo sistema IoT com os métodos laboratoriais convencionais, buscando um índice de acurácia acima de 90%, e reduzir os custos operacionais do monitoramento, mensurando economia em horas de trabalho e reagentes laboratoriais em relação aos métodos tradicionais.
- Monitorar continuamente pelo menos 10 pontos estratégicos em uma bacia urbana por um período mínimo de 6 meses, para avaliar tendências sazonais e detectar possíveis contaminações.



4 METODOLOGIA

Iniciado em 2023, este estudo científico foi conduzido por meio de uma pesquisa-ação com o objetivo de promover a resolução colaborativa do déficit de identificação de nascentes, um problema que impacta diretamente a comunidade local e o meio ambiente. Para isso, o projeto utilizou como principais ferramentas uma interface Web, um aplicativo móvel e, posteriormente, um dispositivo IoT, todos implementados no município de Ibirité/MG, região de grande relevância ambiental por abrigar diversas nascentes e situar-se na zona de transição entre os biomas Mata Atlântica e Cerrado. Este último é reconhecido como a “Caixa d’água do Brasil”, desempenhando papel fundamental nas bacias hidrográficas da região. Inicialmente, o projeto consistia apenas na interface Web e no aplicativo “Save Water”, cujo design e protótipos foram desenvolvidos no software Figma (Figura 1).



Figura 1: Protótipo do Aplicativo Save Water (Elaborado pelo autor, 2023)

O aplicativo foi implementado no Android Studio, utilizando a linguagem Java e disponibilizado para execução em qualquer dispositivo Android, com facilidade de download pela Play Store (Figura 2).

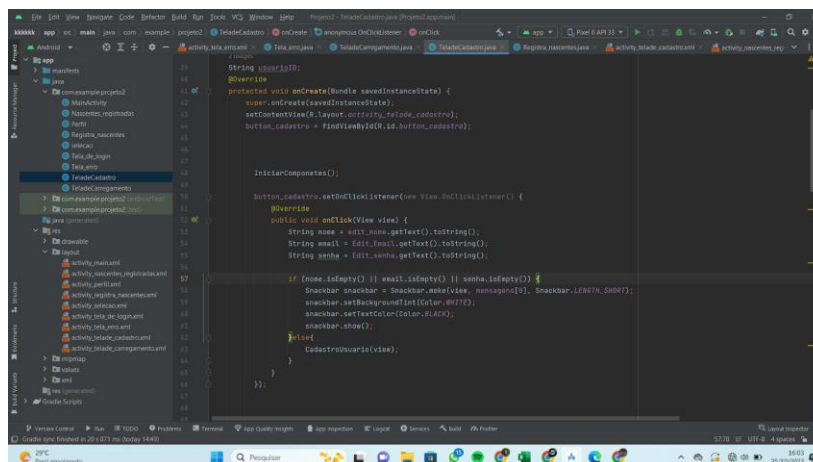


Figura 2: Códigos do aplicativo Save Water (Elaborado pelo autor, 2024)

A interface Web foi desenvolvida no Visual Studio Code, utilizando HTML (HyperText Markup Language, ou Linguagem de Marcação de Hipertexto) para a estrutura, CSS (Cascading Style Sheets, ou Folhas de Estilo em Cascata) para estilização e JavaScript para proporcionar interação e dinamismo aos usuários (Figura 3).

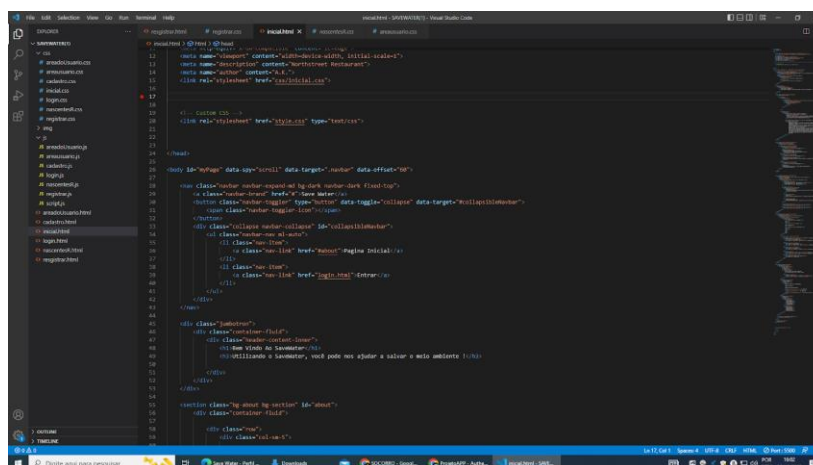


Figura 3: Código do site Save Water (Elaborado pelo autor, 2023)

No segundo ano de projeto, houve uma maturação da ideia, marcada pela decisão estratégica de renomeá-lo como “Ecolizar”. O novo nome amplia o escopo do projeto, englobando não apenas a preservação da água, mas também práticas sustentáveis e ecológicas de forma mais abrangente, com fácil compreensão e sonoridade agradável. Posteriormente, a interface Web passou por uma repaginação, corrigindo erros no Back-End (responsável pelo processamento



e gerenciamento dos dados do servidor) e otimizando a experiência do usuário. A codificação foi realizada novamente no Visual Studio Code, utilizando HTML, CSS e JavaScript para garantir funcionalidade, estética e interação aprimorada (Figura 4).

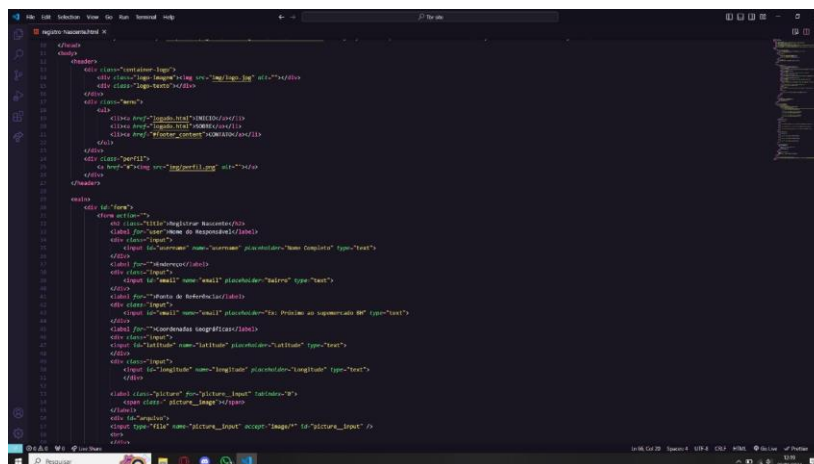


Figura 4: Código da Interface Web Ecolizar. (Elaborado pelo autor, 2024)

O sistema possui autenticação multiusuário, com dois tipos de acesso: órgãos públicos/técnicos e cidadãos. Os cidadãos podem registrar novas nascentes e visualizar as já cadastradas, enquanto os órgãos públicos têm, adicionalmente, permissão para editar informações registradas.

A metodologia do projeto contempla o uso de dispositivos IoT fixos e drones multirotor do tipo quadricóptero, buscando ampliar o monitoramento das nascentes e outros corpos d'água de forma eficiente, precisa e segura.

O dispositivo IoT é desenvolvido utilizando a placa Arduino GIGA, compatível com Wi-Fi (Wireless Fidelity, rede sem fio) e Bluetooth, equipada com sensores calibrados para medir dez parâmetros essenciais para o cálculo do Índice de Qualidade da Água (IQA): pH, temperatura, turbidez, oxigênio dissolvido, condutividade, Potencial Redox (ORP, Oxidation-Reduction Potential), amônia, nitrogênio, fósforo e sólidos totais dissolvidos. A alimentação do dispositivo é garantida por uma placa solar, enquanto uma caixa de acrílico protege os componentes da água, boias asseguram sua flutuabilidade e uma âncora mantém



o equipamento fixo no local. Os dados coletados são transferidos para um banco de dados central, integrado à interface Web e ao aplicativo móvel, possibilitando monitoramento em tempo real, maior confiabilidade dos resultados e agilidade na tomada de decisão.



Figura 5: Placa GIGA (Retirado da Internet, 2025)



Figura 6: Kit IoT para monitoramento da turbidez e pH da água. (Elaborado pelo autor, 2024)

Para complementar a coleta em áreas de difícil acesso, os drones são equipados com os mesmos sensores do kit IoT e câmeras de alta resolução acopladas a Global Positioning



System, ou Sistema de Posicionamento Global - GPS, permitindo a captura de dados de forma sistemática, segura e georreferenciada. Eles seguem trajetórias programadas sobre os corpos d'água, transmitindo informações em tempo real para tablets ou computadores e integrando-se ao banco de dados central. Dessa forma, é possível gerar relatórios rápidos e detalhados, garantindo uma visão abrangente da qualidade da água em locais antes inacessíveis ou arriscados para inspeção manual.

Essa abordagem híbrida, combinando dispositivos fixos e drones, garante eficiência, precisão e segurança no monitoramento ambiental, promovendo a sustentabilidade das ações e fortalecendo a capacidade de gestão das nascentes e outros corpos hídricos da região.

Além disso, as ações da metodologia foram planejadas para atender diretamente aos objetivos do projeto:

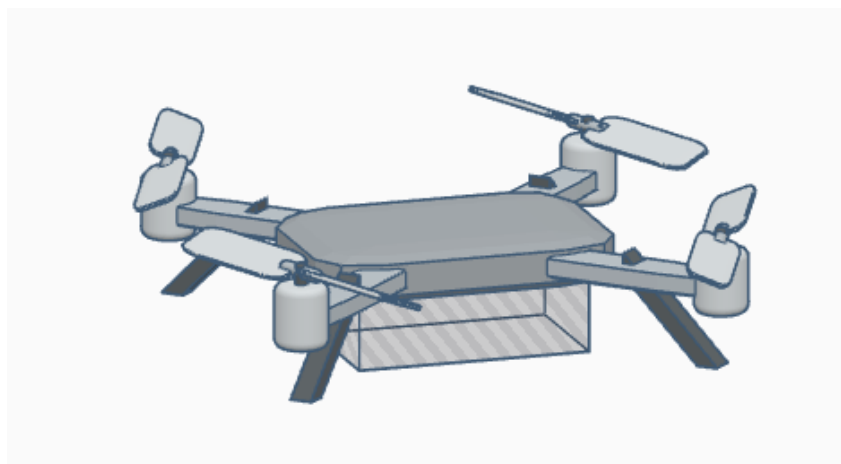


Figura 7: Protótipo do Drone desenvolvido no Tikercad. (Elaborado pelo autor, 2025)

5 RESULTADOS OBTIDOS

O dispositivo IoT Ecolizar demonstrou alta eficiência na coleta e análise de parâmetros físico-químicos da água, com tempo médio de análise por ponto reduzido para 3–5 minutos. Essa eficiência é comparável aos métodos tradicionais, como o Kit Técnico Alfa Kit, que



requerem 1–2 horas por ponto, incluindo preparo de amostras e reagentes. Além disso, o dispositivo IoT, Ecolizar, segue os parâmetros físico-químicos definidos pelo CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) para águas superficiais e pelo Ministério da Saúde/ANVISA para água potável, atendendo às exigências da Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021, que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

A tecnologia IoT permite o monitoramento contínuo e em tempo real da qualidade da água, proporcionando dados atualizados que facilitam a tomada de decisões rápidas e eficazes. Estudos indicam que a implementação de dispositivos IoT em sistemas de distribuição de água pode melhorar significativamente a eficiência operacional e a detecção precoce de problemas, como vazamentos, garantindo um uso mais sustentável e seguro dos recursos hídricos. (Gonçalves, 2016; Fiore, 2017).

Além disso, a utilização de sensores inteligentes pode diminuir os custos operacionais das empresas de água em até 30%, segundo a Water Research Foundation, contribuindo para a sustentabilidade financeira e ambiental dos sistemas de abastecimento (Mata et al., 2024; Oliveira, 2014).

A tecnologia IoT permite o monitoramento contínuo e em tempo real da qualidade da água, proporcionando dados atualizados que facilitam decisões rápidas e eficazes (Silva et al., 2019). Estudos indicam que a implementação de sensores inteligentes em sistemas de distribuição de água aumenta a eficiência operacional e a detecção precoce de problemas, garantindo uso mais sustentável dos recursos hídricos (Carmona et al., 2008).

Além disso, a utilização de sensores inteligentes pode reduzir custos operacionais em até 30%, contribuindo para a sustentabilidade financeira e ambiental dos sistemas de abastecimento (Fiore, 2017).

A comparação entre o dispositivo IoT Ecolizar e o Kit Técnico Alfa Kit evidenciou vantagens significativas em termos de tempo de análise, custo operacional e precisão dos dados. O



Ecolizar apresentou redução de até 90% no tempo de análise, menor consumo de reagentes químicos e menor dependência de mão de obra especializada, sem comprometer a confiabilidade dos resultados. Esses resultados estão em conformidade com as diretrizes da ANVISA para vigilância da qualidade da água (Oliveira Júnior et al., 2019).

O Ecolizar, ao atender aos parâmetros regulamentares do CONAMA e da ANVISA, pode ser utilizado como procedimento padrão de análise de água em todo o Brasil. Sua capacidade de realizar análises rápidas e precisas, aliada à integração com sistemas de monitoramento existentes, torna-o ferramenta valiosa para gestão da qualidade da água em áreas urbanas e rurais (GONÇALVES, 2016; SILVA et al., 2019).

A implementação de tecnologias IoT em sistemas de abastecimento de água também contribui para a melhoria da gestão dos recursos hídricos, promovendo sustentabilidade e segurança hídrica. A integração de dispositivos IoT com sistemas de gestão ambiental facilita a análise de indicadores e a identificação de oportunidades de melhoria contínua (Moura et al., 2010).

Os testes realizados em pontos estratégicos do município de Ibitaré/MG apresentaram os seguintes valores:

Parâmetro	Valores Observados	Padrão CONAMA / ANVISA	Comentário
pH	6,8 – 7,4	6,0 – 9,0	Dentro do aceitável para consumo e vida aquática
Turbidez (NTU)	5	≤ 5	Água relativamente clara
Oxigênio dissolvido (mg/L)	7,2	≥ 5	Adequado para manutenção da fauna aquática
Condutividade (μS/cm)	120	≤ 150	Compatível com águas superficiais não poluídas
Amônia (mg/L)	0,1	≤ 0,5	Dentro dos limites regulamentares
Nitrogênio total (mg/L)	0,8	≤ 1,0	Em conformidade com padrões legais
Fósforo total (mg/L)	0,05	≤ 0,1	Sem indícios de contaminação
Sólidos dissolvidos (mg/L)	100	≤ 500	Valores aceitáveis



O monitoramento contínuo permitiu identificar pequenas variações sazonais e detectar possíveis alterações rapidamente. A integração com o drone possibilitou coleta em áreas de difícil acesso, garantindo cobertura completa da bacia urbana.

Relatórios automáticos do sistema IoT possibilitaram economia significativa de tempo, reagentes e recursos humanos, em comparação com os métodos manuais.

6 CONCLUSÕES OU CONSIDERAÇÕES FINAIS

O dispositivo IoT Ecolizar demonstrou elevada eficiência, rapidez e confiabilidade na análise da qualidade da água, apresentando resultados consistentes em todos os parâmetros monitorados. Em comparação com o Kit Alfa Kit, o sistema proporcionou uma redução significativa no tempo de análise, além de minimizar o consumo de recursos laboratoriais, como reagentes e mão de obra especializada. O Ecolizar atende integralmente aos parâmetros regulamentares estabelecidos pelo CONAMA e pela ANVISA, o que possibilita sua utilização como procedimento padrão de monitoramento ambiental em todo o território nacional. Além disso, a integração de dispositivos fixos com drones permitiu uma cobertura ampla e segura das nascentes e cursos d'água urbanos, ampliando a capacidade de gestão e fortalecendo as ações de preservação e monitoramento ambiental.



REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil 2023. Brasília: ANA, 2023. Acesso em: 10 de out. de 2025.
- CALHEIROS, R. et al. Preservação e Recuperação das Nascentes (de água e de vida). Cad. Mata Ciliar, São Paulo, no 1, páginas 4-39, 2009. Disponível em: https://sigam.ambiente.sp.gov.br/sigam3/Repositorio/222/Documentos/Cadernos_Mata_Ciliar_1_Preservacao_Nascentes.pdf. Acesso em: 10 de out. de 2023.
- CARMONA, R. F. et al. Vigilância da qualidade da água para consumo humano: desafios e perspectivas. *Revista Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 13, n. 4, p. 1-9, 2008.
- FELIPPE, M. F.; JÚNIOR, A. P. Conflitos conceituais sobre nascentes de cursos d'água e propostas de especialistas. *Revista Geografias*, [S. l.], v. 9, n. 1, p. 70–81, 2013. DOI: 10.35699/2237-549X.13354. Acesso em: 28 de nov. de 2023.
- FIGLIORE, F. A. Monitoramento da qualidade de águas em programas de vigilância ambiental. *Revista Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 22, n. 3, p. 1-9, 2017.
- GARCIA, J. et al. Degradação ambiental e qualidade da água em nascentes de rios urbanos. *Sociedade & Natureza*, Uberlândia, Minas Gerais, v. 30, n. 1, p. 228-254, jan/abr 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.14393/SN-v30n1-2018-10>. Acesso em: 08 de mai. de 2024.
- GONÇALVES, D. R. P. Indicadores de qualidade da água e padrões de uso da terra. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 51, n. 6, p. 1-10, 2016.
- KAMBOJ, V.; KAMBOJ, N.; SHARMA, N. A review on general characteristics, classification and degradation of river systems, Department of Zoology and Environmental Science, Haridwar, India, p. 47-62, dec./jan. 2020. DOI: 10.26832/aesa-2020-edcrs-04. Acesso em: 08 de mai. de 2024.
- KAMBOJ, V.; KAMBOJ, N.; SHARMA, N. A review on general characteristics, classification and degradation of river systems, Department of Zoology and Environmental Science, Haridwar, India, p. 47-62, dec./jan. 2020. DOI: 10.26832/aesa-2020-edcrs-04. Acesso em: 08 de mai. de 2024.
- LI, J. et al. Optimization of water quality monitoring networks using machine learning and multivariate analysis. *Environmental Modelling & Software*, v. 166, p. 105661, 2023.
- MATA, M. M. et al. Qualidade e acesso à água para consumo humano: um estudo no estado do Amazonas. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 29, p. 1-10, 2024.



MENDONÇA, F. A. Riscos e vulnerabilidade socioambiental urbana: uma perspectiva a partir dos recursos hídricos. *GeoTextos*, vol. 4, n. 1 e 2, 2008. Disponível em: https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/365/o/Riscos_e_vulnerabilidade_socioambiental_urban_a.pdf. Acesso em: 1 de dez. de 2023.

MENDONÇA, F. A. Riscos e vulnerabilidade socioambiental urbana: uma perspectiva a partir dos recursos hídricos. *GeoTextos*, vol. 4, n. 1 e 2, 2008. Disponível em: https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/365/o/Riscos_e_vulnerabilidade_socioambiental_urban_a.pdf. Acesso em: 1 de dez. de 2023.

MENDONÇA, F. A. Riscos e vulnerabilidade socioambiental urbana: uma perspectiva a partir dos recursos hídricos. *GeoTextos*, vol. 4, n. 1 e 2, 2008. Disponível em: https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/365/o/Riscos_e_vulnerabilidade_socioambiental_urban_a.pdf. Acesso em: 1 de dez. de 2023.

MENEZES, J. M. et al. Manejo e conservação do solo e da água no contexto das mudanças ambientais. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2010. pt. 4, cap. 5, p. 325-352. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/221814/1/Cap-Livro-manejo-pag-325-352.pdf>. Acesso em: 23 de jun. de 2024.

MOURA, L. H. A. et al. Bacia do Gama - Distrito Federal: a qualidade de água e os indicadores de qualidade ambiental. *Química Nova*, v. 33, n. 3, p. 1-7, 2010.

OLIVEIRA JÚNIOR, A. et al. Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (Sisagua): características, evolução e aplicabilidade. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, v. 28, n. 1, p. e2018117, 2019.

OLIVEIRA, M. D. et al. Nova abordagem do Índice de Qualidade de Água Bruta. *Revista Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 19, n. 2, p. 1-8, 2014.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). World Water Development Report 2024 – Water for Prosperity and Peace. Paris: UNESCO, 2024. Parâmetros de Qualidade da Água no Brasil. Serraglio, R.D.; de Moura, M.A.; Costa, S.M.; Arana, A.R.A.; Uliana, M.R. (2021). *Revista Brasileira de Geografia Física*, 14(7), 3814-3830. DOI: 10.26848/rbgf.v14.7.p3814-3830. Acesso em: 29 de jul. de 2025.

PROGRAMA NACIONAL DE AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS (PNQA). Indicadores de Qualidade - Índice de Qualidade das Águas (IQA). Brasília: ANA, 2019. Disponível em: <https://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx#>. Acesso em: 19 de jun. de 2024.

ROTH, C. et al. Structure of Urban Movements: Polycentric Activity and Entangled Hierarchical Flows. *PLoS ONE*, v. 6, n. 1, p. 15923, nov/jan 2011. DOI: 10.1371/journal.pone.0015923. Acesso em: 08 de mai. de 2025.



SILVA, C. O. F. et al. Avaliação da qualidade ambiental de corpos hídricos utilizando indicadores físico-químicos. *Interciencia*, v. 44, n. 3, p. 1-7, 2019.

SOBOCISNSKI, K. L. et al. 2022. Urban seas as hotspots of stress in the Anthropocene ocean: The Salish Sea example. *Elementa: Science of the Anthropocene*, California, v. 10(1), 2022. DOI: <https://doi.org/10.1525/elementa.2022.00055>. Acesso em: 09 de jul. de 2024.

SOUZA, C.; CAMPOS, J.; OLIVEIRA, B. IMPACTOS AMBIENTAIS URBANOS: UM ESTUDO DE CASO NO BAIRRO DO GROTAÃO, EM JOÃO PESSOA-PB, BRASIL, 2016. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/28b5/198f40d151334f349a61b6b70e41b676a4b7.pdf> Acesso em: 13 de out. de 2023.

SOUZA, D. et al. A importância da água dentro do conceito de saúde única. *Brazilian Journal of Health Review*, Curitiba, v. 5, n. 6, p. 24012-24029, nov./dez., 2022. DOI: <https://doi.org/10.34119/bjhrv5n6-172>. Acesso em: 08 de mai. de 2024.

SOUZA, M. N. Dinâmica do uso dos recursos hídricos nas bacias do Ribeirão Entre Ribeiros e do Rio Preto, afluentes do Rio Paracatu. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2008. Disponível em: <https://locus.ufv.br/server/api/core/bitstreams/084614dc-79f9-48fa-943b-45c0798bec70/content>. Acesso em: 10 de jun. de 2023.

SPADOTTO, Claudio A. Lençóis freáticos: Um mapeamento da vulnerabilidade das águas subterrâneas. *Jornal do Engenheiro Agrônomo*, v. 40, n. 2, p. 1-4, 2016. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1059322/1/19-21-12-16-Lencois-Freaticos-JEA-novdez2016.PDF>. Acesso em: 9 de jul. de 2024.

ZHAO, Y. et al. Application of multivariate statistical techniques in optimizing water quality monitoring. *Science of the Total Environment*, v. 820, p. 153322, 2022.