

**MONITORAMENTO EM TEMPO REAL DE NASCENTES COM SENSORES  
ACESSÍVEIS E TECNOLOGIA OPEN SOURCE****REAL-TIME MONITORING OF SPRINGS WITH ACCESSIBLE SENSORS AND  
OPEN SOURCE TECHNOLOGY****MONITOREO DE MUELLES EN TIEMPO REAL CON SENSORES ACCESIBLES  
Y TECNOLOGÍA DE CÓDIGO ABIERTO**<https://doi.org/10.56238/ERR01v10n5-010>**Jonas de Sousa Correa**

Doutor em Tecnologias Ambientais

Instituição: Centro Universitário Estácio Campo Grande

E-mail: [jonas.scorrea@professores.estacio.br](mailto:jonas.scorrea@professores.estacio.br)**Denise Caroline Luiz Soares Basilio**

Doutora em Ciências Farmacêuticas

Instituição: Centro Universitário Estácio Campo Grande

E-mail: [denise.carolineluiz@hotmail.com](mailto:denise.carolineluiz@hotmail.com)**Cristiano Pereira da Silva**

Doutor em Sistema de Produção Vegetal

Instituição: UAB do Instituto Federal de Mato Grosso do Sul (IFMS)

E-mail: [cpsilva.cetec@gmail.com](mailto:cpsilva.cetec@gmail.com)**RESUMO**

A gestão dos recursos hídricos exige o monitoramento contínuo dos corpos d'água, especialmente no contexto legal brasileiro, que impõe sanções a não conformidades qualitativas e quantitativas. O presente trabalho buscou monitorar os aspectos qualitativos de uma nascente, a partir de sensores ambientais acessíveis e tecnologias de aquisição e disponibilização de dados em tempo real. O monitoramento foi realizado em uma nascente urbana situada em Campo Grande / MS, a partir de uma embarcação adaptada contendo sensores de Temperatura da Água, Sólidos Totais Dissolvidos e Turbidez. Para a aquisição e transmissão dos dados, empregou-se o microcontrolador conectado à rede Wi-Fi, com armazenamento e visualização em tempo real em plataformas de livre acesso. Durante as 8 horas de operação, os dados foram coletados automaticamente a cada 15 minutos e a transmissão ocorreu sem interrupções. A comparação entre as medições dos sensores e análises laboratoriais não apresentou diferenças estatisticamente significativas ( $p < 0,05$ ), embora a inclusão da curva de calibração no código de programação seja sugerida para otimizar a precisão. Os valores de Turbidez permaneceram baixos ( $< 5,0$  NTU), condizentes com a classificação de Classe Especial da nascente. Contudo, observou-se um aumento gradual na Temperatura da água (máximo de  $21$  °C), atribuído à ausência de sombreamento vegetal no local de instalação. A concentração de Sólidos Dissolvidos Totais (SDT) apresentou um decréscimo significativo de 32 para 16  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  entre 10h00 e 14h00, indicando a influência da dinâmica do fluxo de água subterrânea e da insolação. O sistema de monitoramento baseado em IoT demonstrou ser uma ferramenta eficaz, justificando seu uso pela

capacidade de capturar a dinâmica diária e a sensibilidade da qualidade da água que seria imperceptível em coletas manuais pontuais. A variação da Temperatura e a queda nos SDT sugerem uma influência direta dos processos hidrológicos e da insolação na água emergente. A tecnologia proposta fornece subsídios técnicos essenciais para a gestão ambiental e para a implementação de políticas públicas efetivas de recursos hídricos.

**Palavras-chave:** Internet das Coisas (IoT). Qualidade de Água. Mananciais.

### ABSTRACT

Water resource management requires continuous monitoring of water bodies, especially within the Brazilian legal framework, which imposes penalties for qualitative and quantitative non-compliance. This study sought to monitor the qualitative aspects of a spring using accessible environmental sensors and real-time data acquisition and transmission technologies. Monitoring was conducted at an urban spring located in Campo Grande, Mato Grosso do Sul, using a modified vessel containing water temperature, total dissolved solids, and turbidity sensors. A microcontroller connected to a Wi-Fi network was used for data acquisition and transmission, with real-time storage and display on open-access platforms. During the 8 hours of operation, data were collected automatically every 15 minutes, and transmission occurred without interruption. Comparisons between sensor measurements and laboratory analyses showed no statistically significant differences ( $p < 0.05$ ), although the inclusion of a calibration curve in the programming code is recommended to optimize accuracy. Turbidity values remained low ( $< 5.0$  NTU), consistent with the spring's Special Class classification. However, a gradual increase in water temperature (maximum  $21^{\circ}\text{C}$ ) was observed, attributed to the lack of vegetation shading at the installation site. Total Dissolved Solids (TDS) concentration showed a significant decrease from 32 to 16  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  between 10:00 AM and 2:00 PM, indicating the influence of groundwater flow dynamics and sunlight. The IoT-based monitoring system proved to be an effective tool, justifying its use by its ability to capture daily dynamics and water quality sensitivity that would be imperceptible with spot manual collections. The temperature variation and the decrease in TDS suggest a direct influence of hydrological processes and sunlight on the emerging water. The proposed technology provides essential technical support for environmental management and the implementation of effective public water resource policies.

**Keywords:** Internet of Things (IoT). Water Quality. Water Sources.

### RESUMEN

La gestión de los recursos hídricos exige el monitoreo continuo de los cuerpos de agua, especialmente dentro del marco legal brasileño, que impone sanciones por incumplimiento cualitativo y cuantitativo. Este estudio buscó monitorear los aspectos cualitativos de un manantial utilizando sensores ambientales accesibles y tecnologías de adquisición y transmisión de datos en tiempo real. El monitoreo se realizó en un manantial urbano ubicado en Campo Grande, Mato Grosso do Sul, utilizando un recipiente modificado que contenía sensores de temperatura del agua, sólidos disueltos totales y turbidez. Se utilizó un microcontrolador conectado a una red Wi-Fi para la adquisición y transmisión de datos, con almacenamiento y visualización en tiempo real en plataformas de acceso abierto. Durante las 8 horas de operación, los datos se recopilaron automáticamente cada 15 minutos y la transmisión se realizó sin interrupción. Las comparaciones entre las mediciones de los sensores y los análisis de laboratorio no mostraron diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ), aunque se recomienda la inclusión de una curva de calibración en el código de programación para optimizar la precisión. Los valores de turbidez se mantuvieron bajos ( $< 5,0$  NTU), en consonancia con la clasificación de Clase Especial del manantial. Sin embargo, se observó un aumento gradual de la temperatura del agua (máximo de  $21^{\circ}\text{C}$ ), atribuido a la falta de vegetación que ofreciera sombra en el sitio de instalación. La concentración de sólidos disueltos totales (SDT) disminuyó significativamente

de 32 a 16 mg·L<sup>-1</sup> entre las 10:00 y las 14:00, lo que indica la influencia de la dinámica del flujo freático y la luz solar. El sistema de monitoreo basado en IoT demostró ser una herramienta eficaz, justificando su uso por su capacidad para capturar la dinámica diaria y la sensibilidad de la calidad del agua, que serían imperceptibles con recolecciones manuales puntuales. La variación de temperatura y la disminución de los SDT sugieren una influencia directa de los procesos hidrológicos y la luz solar en el agua emergente. La tecnología propuesta proporciona un soporte técnico esencial para la gestión ambiental y la implementación de políticas públicas eficaces de recursos hídricos.

**Palabras clave:** Internet de las Cosas (IoT). Calidad del Agua. Fuentes de Agua.

## 1 INTRODUÇÃO

A gestão eficiente dos recursos hídricos é uma prioridade global, impulsionada pela necessidade de proteger os ecossistemas aquáticos e garantir o abastecimento humano e industrial.

No Brasil, de acordo com a Lei Federal nº 9433/97, e a Resolução CONAMA 430/11, qualquer ação de ordem natural e/ou humana que ocorram nos aspectos qualitativos e quantitativos dos seus mananciais e não estejam em conformidade com parâmetros pré-estabelecidos, estão sujeitas a sanções legais. Portanto, utilizar o monitoramento contínuo das águas é crucial para suprir as demandas de informação em tempo hábil (Schussel e Nascimento Neto, 2015).

Atualmente, o monitoramento convencional de corpos hídricos, abrangendo seus aspectos bióticos e abióticos, é majoritariamente realizado por campanhas de amostragem manual, frequentemente vinculadas a ciclos hidrológicos definidos. Este método, apesar de tradicional, é reconhecidamente oneroso, demorado e altamente suscetível a variações climáticas e logísticas.

Tal realidade cria um desafio significativo no processamento, integração e, crucialmente, na divulgação de informações detalhadas em tempo real (Jabbar et al., 2024).

Conseqüentemente, muitos impactos negativos de ordem quali-quantitativa, como a emissão não controlada de efluentes industriais, persistem ou poderiam ser mitigados com maior agilidade, o que exige a adoção de tecnologias mais robustas e capazes de fornecer dados instantâneos (Dantas et al., 2022).

Para superar as limitações do monitoramento tradicional e aprimorar a aquisição de dados, a pesquisa e o setor tecnológico têm convergido para a utilização de dispositivos de sensoriamento avançado. Estes incluem o uso de geotecnologias (Zhao, 2021; Piedade et al., 2024) e uma variedade de sensores eletroquímicos e físicos (como pH, condutividade, temperatura e sólidos totais dissolvidos) (Banna et al., 2014; Shi et al., 2022; Bangira et al., 2023; Vargas et al., 2023).

Dentro deste avanço, plataformas equipadas com sensores ambientais de pequeno porte ganham destaque. Caracterizadas por terem linguagem aberta de processamento de dados, custo acessível e baixo consumo de energia, essas tecnologias estão se tornando práticas recorrentes em pesquisas, companhias de saneamento e empresas de tecnologia ambiental (Simões e Dong, 2018; Jo et al., 2019; Fuentes e Maurício, 2020).

A chave para o monitoramento instantâneo reside na utilização da Internet das Coisas (IoT). Esta tecnologia de comunicação sem fio permite a conexão e troca de dados entre os dispositivos de sensoriamento e a internet (Wang et al., 2019), possibilitando a aquisição de dados em tempo real e a sua disponibilização remota.

No contexto brasileiro, o desenvolvimento e o uso estratégico de tecnologias de Inteligência Artificial (IA) e IoT são vistos como indispensáveis para atender, em curto prazo, às diversas demandas

nas áreas de pesquisa, desenvolvimento e, especialmente, nos serviços de universalização e transparência de informações ambientais (André et al., 2023).

Portanto, o objetivo deste presente trabalho, foi monitorar os aspectos qualitativos de um corpo hídrico a partir de sensores ambientais dotados de tecnologias acessíveis de aquisição e disponibilização de dados em tempo real.

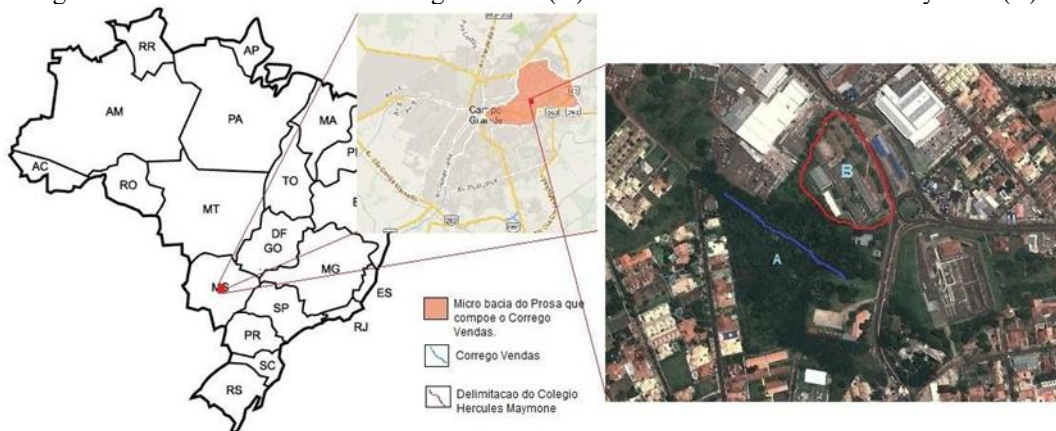
## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 ÁREA DE ESTUDO

A nascente investigada, denominada Córrego Vendas, está inserida na bacia do Córrego Prosa, localizada no bairro Itanhangá, em Campo Grande–MS. A Bacia Hidrográfica do Córrego Prosa ocupa uma área de 32 km<sup>2</sup> (SEMADUR).

O local está incluído no programa de gestão de recursos hídricos "Córrego Limpo", que realiza análises qualitativas trimestrais. A área da nascente possui vegetação remanescente e faz divisa com a Escola Estadual Hércules Maymone (Figura 1).

Figura 1 - Área da Nascente do Córrego Vendas (A) e Escola Estadual Hércules Maymone (B).



Fonte: Google Maps (2025), modificado pelos autores.

### 2.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Os sensores utilizados no monitoramento da nascente, bem como metodologias de calibração e validação estão descritos na Tabela 01.

Tabela 01. Sensores e metodologias utilizadas na embarcação contendo os sensores

Parâmetro	Metodologia Adaptada	Metodologia
Temperatura Água (°C)	Jabbar <i>et al.</i> , 2023	APHA, 2017 - 2550 B
Turbidez	Jabbar <i>et al.</i> , 2022 / Correa <i>et al.</i> , 2024	2130 B
Condutividade Elétrica	Fonseca <i>et al.</i> , 2022	APHA, 2017 - 2510 B

Fonte: Autores.

A instalação da embarcação com os sensores foi executada em um local seguro, dentro da propriedade que é fechada e monitorada 24 horas por dia por vigias. Seguindo uma sugestão da equipe de vigilância, o equipamento foi içado em um ponto de ampla visibilidade, posicionado a jusante de um pilar de concreto. Esse posicionamento estratégico visa evitar danos causados por materiais suspensos durante períodos de chuva intensa (precipitação pluviométrica).

A calibração dos sensores, foi realizada no Laboratório de Química 1, do Centro Universitário Estácio Campo Grande, MS. a partir de soluções-padrão para os sensores, concomitante aos aparelhos de Condutividade Elétrica e PHTEK CD-310 e Turbidez Zd-2a (0~200 NTU). A temperatura foi medida utilizando-se um termômetro de Mercúrio (Hg).

### 2.3 EMBARCAÇÃO COM SENSORES

A embarcação utilizada foi adaptada de um recipiente com tampa, feito de material leve e isolante (uma marmiteira), no qual foram instalados os sensores de Temperatura da Água (DS18B20), Sólidos Totais Dissolvidos (TDS Meter V1.0) e Turbidímetro (DFRobot V1.0) (Figura 02).

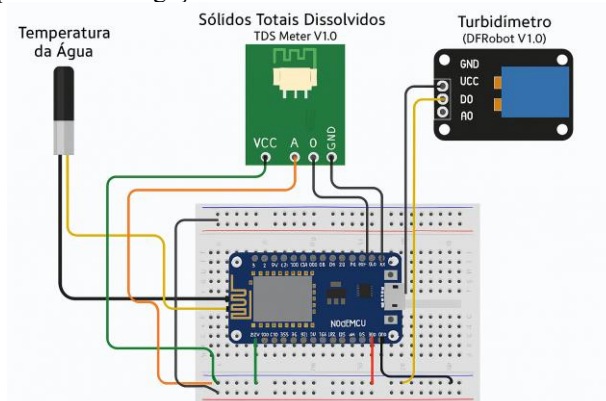
Figura 02. Embarcação com os sensores



Fonte: Autores.

Para a aquisição dos dados, foi empregado o microcontrolador NODEMCU V3.0 com interface USB CH 340, alimentado por uma bateria de Lítio (Li) tipo "power bank" de 5000 mAh (Figura 03).

Figura 03. Esquemático de ligação dos sensores ao microcontrolador NODEMCU 8266



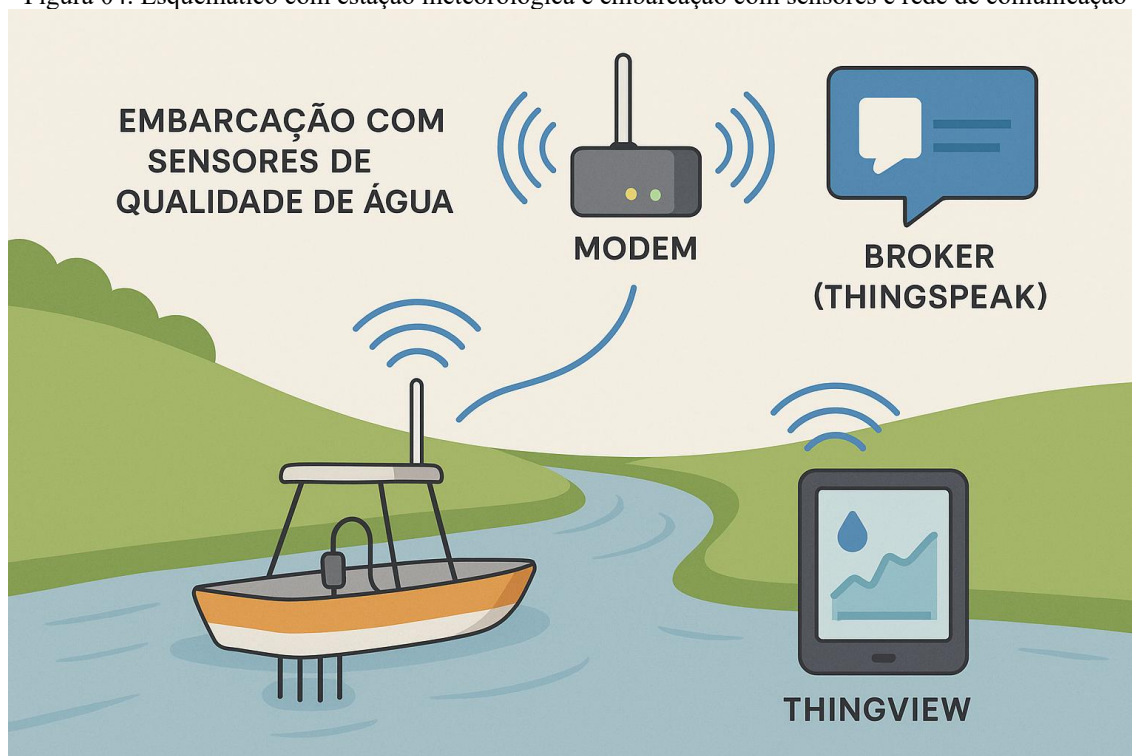
Fonte: Thinkercad, 2025 - modificado pelos autores.

## 2.4 AQUISIÇÃO DE DADOS VIA WIFI

A transmissão dos dados do microcontrolador foi realizada utilizando a rede Wi-Fi de 2,4 GHz. A conexão foi estabelecida por meio do modem fornecido pelo Centro Estadual de Educação Profissional Hércules Maymone, instituição parceira localizada nas proximidades do corpo hídrico (Figura 04).

Para o armazenamento e visualização, a comunicação com a plataforma IoT ThingSpeak© permitiu o registro dos dados ao longo do tempo, e o aplicativo ThingView© foi utilizado para o acompanhamento das informações em tempo real.

Figura 04. Esquemático com estação meteorológica e embarcação com sensores e rede de comunicação



Fonte: Adaptado (MsCopilot, 2025).

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A embarcação permaneceu em operação por 8 horas, iniciando a coleta de dados automáticos às 8h00 no dia 02 de agosto de 2025. As medições dos sensores submersos foram registradas a cada 15 minutos. Adicionalmente, amostras de água foram coletadas a cada 2 horas para posterior análise laboratorial e comparação com os dados gerados pelos sensores.

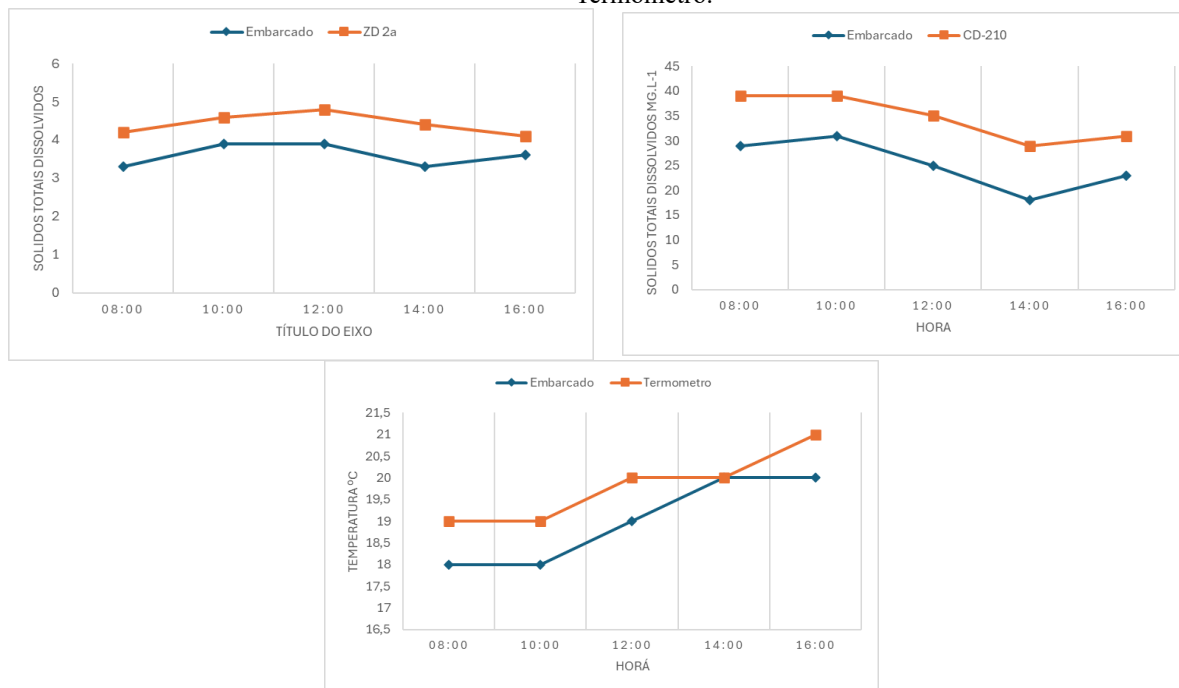
Não foi constada precipitação durante a exposição da embarcação contendo os sensores, e não foi identificado qualquer avarias (após checagem visual). A transmissão dos dados para as plataformas ThingSpeak<sup>®</sup> e ThingView<sup>®</sup> ocorreu sem interrupções e erros.

Apesar de a comparação entre as medições dos sensores e as análises em laboratório (equipamentos de bancada) não ter apontado diferenças estatisticamente significativas ( $p < 0,05$ ) para otimizar a leitura dos parâmetros em tempo real, é essencial incluir a equação da curva de calibração corrigida no código de programação (Figura 05).

Resultados semelhantes foram observados por Jabbar et al. (2024), que também evidenciaram pequenas variações entre os valores para os parâmetros de Turbidez e Sólidos Totais Dissolvidos.

Tais variações estão alinhadas com a literatura. Estudos como Syafrudin et al. (2024) demonstram que sistemas de monitoramento baseados em Internet das Coisas (IoT), embora eficientes para dados em tempo real, apresentam uma margem de erro percentual variável nos sensores de campo para parâmetros físico-químicos, justificando a importância da calibração para otimizar a precisão.

Figura 05. Comparativo entre as medições dos sensores embarcados com os equipamentos a – ZD-2a, b – CD-210 e c – Termômetro.



Fonte: Autores.



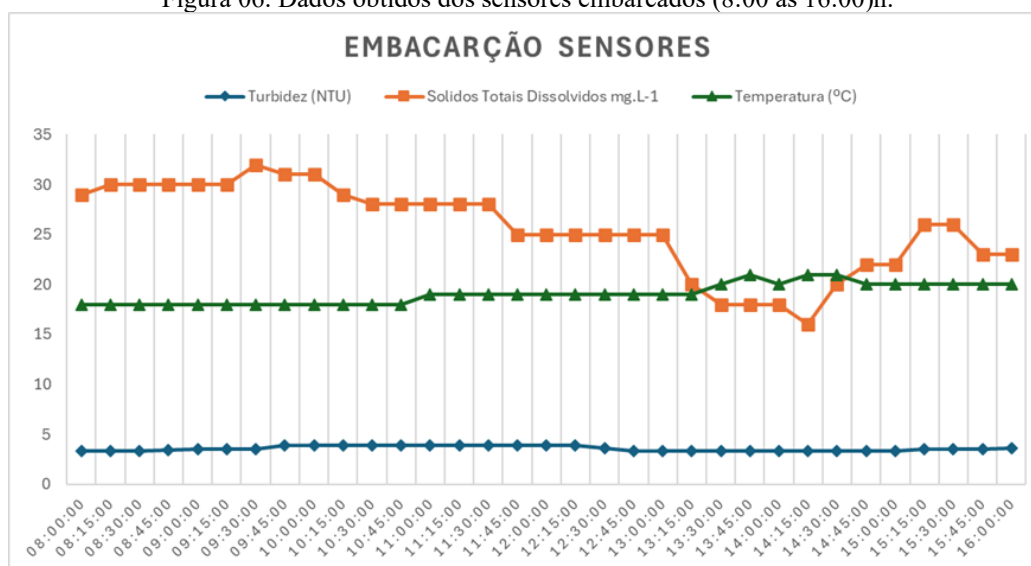
A Deliberação CECA/MS n.º 036/2012 estabelece um padrão de qualidade de água mais rigoroso para as nascentes no estado de Mato Grosso do Sul. Essa deliberação, que substitui e complementa a Resolução CONAMA n.º 357/05 a nível Estadual, classifica as nascentes como Classe Especial.

Tal classificação impõe a manutenção das condições naturais do corpo hídrico, vedando o lançamento de qualquer tipo de efluente, mesmo que tratado. Apesar dessa restrição, foi constatada na região a existência de tubulações de lançamento sem identificação da fonte.

Salienta-se que, no momento do experimento, não foram observados lançamentos e os parâmetros de qualidade da água observados se enquadram nos padrões registrados no último Relatório de Qualidade das Águas de Mato Grosso do Sul (publicado em 2025, com dados de 2022 e 2023).

Durante a exposição dos sensores embarcados no corpo hídrico, a temperatura da água apresentou um aumento gradual, atingindo um valor máximo de 21 °C (Figura 06). Esses valores são esperados em medições superficiais devido ao período maior de insolação.

Figura 06. Dados obtidos dos sensores embarcados (8:00 as 16:00)h.



Fonte: Autores.

Em relação as temperaturas dos corpos hídricos na região apresentarem valores nos cursos de água com maior volume e vazão (24°C), naturalmente as nascentes registram temperaturas mais baixas e estáveis, sendo diretamente influenciadas pela temperatura do lençol freático (TUCCI, 2009).

Conforme afirmam Fritzsos et al. (2005), a influência da mata ciliar no sombreamento é fundamental para a estabilidade térmica da água. O regime térmico em nascentes é crucial para não comprometer as condições naturais intrínsecas à microbiota.

A posição da embarcação em um local aberto, com a vegetação suprimida, corrobora o aumento da temperatura registrada, reforçando a importância da preservação da vegetação no entorno das Áreas de Preservação Permanente (APP).

A concentração de Sólidos Dissolvidos Totais (SDT) registrou um decréscimo expressivo durante o teste, variando de 32 para 16 mg·L<sup>-1</sup>. Essa variação é possivelmente explicada pela dinâmica do fluxo de água. Em ambientes de nascentes, o aumento no fluxo de água subterrânea emergente pode alterar a concentração de sólidos.

Freeze e Cherry (1979) destacam que a relação entre a carga ou descarga dos fluxos subterrâneos e o Tempo de Detenção Hidráulica está diretamente ligada à composição química, incorrendo nas variações de concentração dessa variável.

Von Sperling (2007) complementa que a queda na concentração de Sólidos Totais, concomitante ao acréscimo de temperatura, pode ser explicada tanto pela diluição por maior vazão da nascente quanto pela dinâmica de evaporação/concentração de sais neste ambiente.

Os valores baixos de Turbidez (< 5,0 NTU), estão em consonância com a Classe Especial. Sugere que a nascente avaliada encontra-se bem protegida contra o carreamento de sedimentos e erosão no entorno, apesar do local onde foi instalado o sensor embarcado, estar parcialmente sem proteção vegetal. A partir desses valores, indicam que a água clara observada durante o experimento refletem o aspecto comum a nascentes.

## 6.1 EMPREGO DE SENSORES PARA MONITORAMENTO EM TEMPO REAL

Monitorar corpos hídricos em corpos hídricos, principalmente em nascentes, é pilar crucial para gestão ambiental e segurança hídrica. A mensuração dos aspectos qualitativos e quantitativos em sua fonte, permite diagnósticos antecipados concomitante a tomadas de decisão mais estratégicas e mais acertadas por órgãos de controle público

Conforme destacam Pinto e Hanai (2017), as nascentes representam funções ecológicas específicas e intrínsecas ao ecossistema, reforçando a necessidade de monitoramento com planejamento integrado em bacias hidrográficas.

Em regiões com processo de adensamento populacional, os impactos intensificam-se primordialmente com alteração no uso e ocupação do solo, repercutindo nos recursos hídricos diretamente na capacidade de recarga e a qualidade da água que aflora nas nascentes (Garcia et al., 2018).

Por fim, monitorar e disponibilizar os dados em plataformas de domínio público, fornecem os subsídios técnicos essenciais para o enquadramento dos corpos d'água e a implementação de políticas públicas efetivas de recursos hídricos Segundo Luiz Dias et al. (2008).

## 7 CONCLUSÃO

Os dados demonstram que a qualidade da água é dinâmica e sensível, justificando o uso do sistema de monitoramento IoT. A obtenção dos valores em intervalos de 15 minutos revelaram uma dinâmica diária na qualidade da água da nascente que seria imperceptível em coletas manuais pontuais.

Embora a Turbidez tenha permanecido em níveis consistentemente baixos (máximo de 3,9 NTU), indicando proteção contra erosão, a variação da Temperatura e, principalmente, a queda significativa na concentração de Sólidos Totais Dissolvidos entre 10:00 e 14:00 sugere uma influência direta dos processos hidrológicos e da insolação na emergência da água subterrânea.

**REFERÊNCIAS**

ANDRÉ, A. C. L.; DE AMORIM, M. C. C.; DA SILVA, K. C. D. Mapeamento Tecnológico de sensores e sistemas IoT para monitoramento da qualidade de água e efluentes no setor de saneamento: Análise de patentes. *Revista Tecnologia e Sociedade*, v. 19, n. 57, p. 114-124, 2023. <http://dx.doi.org/10.3895/rts.v19n57.15701>

APHA, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater – SMEWW. American Public Health Association – APHA, 24th ed., Washington – USA, 2017.

BANGIRA, T. et al. Remote sensing-based water quality monitoring in African reservoirs, potential and limitations of sensors and algorithms: A systematic review. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2023.103536>

BANNA, M. H. et al. Online drinking water quality monitoring: review on available and emerging technologies. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, v. 44, n. 12, p. 1370-1421, 2014. <https://doi.org/10.1080/10643389.2013.781936>

BRASIL. Lei nº 9433, de 08 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. *Diário Oficial da União*, Brasília, 9 jan. 1997. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9433.htm). Acesso em: 3 maio 2025.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução CONAMA n.º 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, n. 53, p. 58-63, 18 mar. 2005.

[https://conama.mma.gov.br/?id=450&option=com\\_sisconama&task=arquivo.download](https://conama.mma.gov.br/?id=450&option=com_sisconama&task=arquivo.download)  
Acesso em 03 de outubro de 2025.

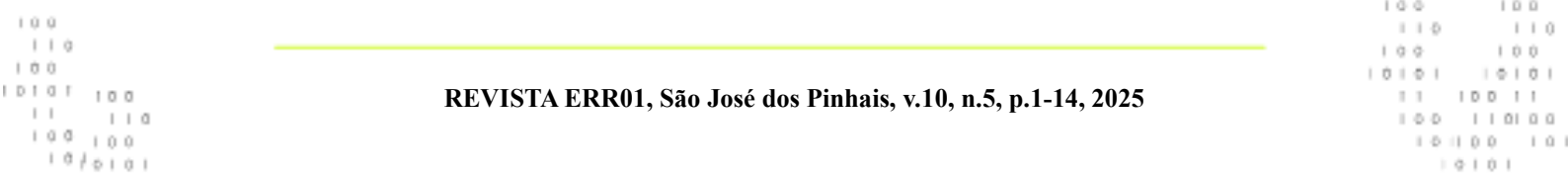
BRASIL. 2011. Resolução CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente no. 430, de 13 de maio de 2011. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília. Brasília, DF. Acesso em 18 ago. 2024.

CORREA, Jonas de Sousa et al. CONCENTRATION OF SUSPENDED SOLIDS BY SPECTROPHOTOMETRY. *Cientific@-Multidisciplinary Journal*, v. 11, n. 1, p. 1-8, 2024. [HTTP://DOI: 10.37951/2358-260X.2024v11i1.7184](http://DOI: 10.37951/2358-260X.2024v11i1.7184)

CORREA, Jonas de Sousa et al. Uso de Resposta Espectral em comprimentos de onda (230~290) nm como parâmetro indireto quantitativo de COD e DQO. *Revista DAE*, ISSN: 0101-6040, Vol: 68, Issue: 225, Page: 51-62. 2020. Endereço: <http://doi.org/10.36659/dae.2020.052>

FONSECA, J.C. et al. Multiparametric System for Measuring Physicochemical Variables Associated to Water Quality Based on the Arduino Platform. *IEEE*, v. 10, p. 69700- 69713, 2022. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3187422>

Freeze, R. Allan, & Cherry, John A. (1979). *Groundwater*. Prentice-Hall, Inc.



FRITZSONS, Elenice et al. A influência da floresta ciliar sobre a temperatura das águas do rio Capivari, região cárstica curitibana. *Floresta*, v. 35, n. 3, 2005. <https://doi.org/10.5380/rf.v35i3.5195>

FUENTES, H.; MAURICIO, D. Smart water consumption measurement system for houses using IoT and cloud computing. *Environmental Monitoring Assessment*, 2020. DOI: 10.1007/s10661-020-08535-4.

Garcia, Joice Machado et al. Degradação ambiental e qualidade da água em nascentes de rios urbanos. *Soc. Nat, Uberlândia, MG*, | v.30, | n.1, p228-254, | jan./abr. 2018. <http://dx.doi.org/10.14393/SN-v30n1-2018-10>

JABBAR, W.A. et al. Development of LoRaWAN-based IoT system for water quality monitoring in rurais áreas. *Expert Systems with Applications*, Volume 242, 2024, 122862, ISSN 0957-4174, <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2023.122862>.

JO, W. et al. A low-cost and small USV platform for water quality monitoring. *HardwareX*, v. 6, p. e00076, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.ohx.2019.e00076>

LUÍZ DIAS, C. et al. A importância do monitoramento das águas subterrâneas na gestão dos recursos hídricos. *Águas Subterrâneas*, São Paulo, v. 22, n. 1, p. 11-18, 2008. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/23294/15387>. Acesso em 28 de Setembro de 2025.

MATO GROSSO DO SUL. Conselho Estadual de Controle Ambiental (CECA). Resolução CECA/MS n.º 036, de 22 de novembro de 2012. Dispõe sobre o enquadramento dos corpos d'água superficiais de domínio do Estado de Mato Grosso do Sul, na bacia hidrográfica do Rio Paraguai. *Diário Oficial do Estado de Mato Grosso do Sul*, Campo Grande, MS, n. 8.318, p. 33-35, 26 nov. 2012. Disponível em: <https://www.imasul.ms.gov.br/enquadramento-dos-corpos-daguas/> Acesso em 03 de outubro de 2025.

PINTO, M. J. R.; HANAI, F. Y. Estudo e avaliação de condições de nascentes de água: proposição de uma ferramenta para subsidiar o planejamento e a gestão integrada de bacias hidrográficas. *Águas Subterrâneas*, São Paulo, v. 31, n. 5, p. 574-585, 2017. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/28991> Acesso em 28 de Setembro de 2025.

SANTOS, Michael Dydean de Araújo. Utilizando Internet das Coisas (IoT) para controle de equipamentos de ar-condicionado. *Soluções e desafios tecnológicos*. 2021. Endereço Eletrônico: <https://releia.ifsertaope.edu.br/jspui/handle/123456789/680> Acessado em 25 de Setembro de 2025.

SCHUSSEL, Z; NASCIMENTO NETO, P. Gestão por bacias hidrográficas: do debate teórico à gestão municipal. *Ambiente & Sociedade*, v. 18, p. 137-152, 2015. <https://doi.org/10.1590/1809-4422ASOC838V1832015>

SHI, Z. et al. Applications of online UV-vis spectrophotometer for drinking water quality monitoring and process control: a review. *Sensors*, vol. 22, n. 8, 2022. DOI: 10.3390/s22082987

SILVA, Danilo Stehling Ferreira; DE LIMA, Luis Eduardo Martins. Simulação da supervisão remota e inteligente via “Internet of Things (IoT)” de um sistema para abastecimento de água em edificações civis com uso de motobombas elevatórias. *Revista Ifes Ciência*, v. 10, n. 1, p. 01-18, 2024. <https://doi.org/10.36524/ric.v10i1.2837>

SIMÕES, João; DONG, Tao. Continuous and real-time detection of drinking-water pathogens with a low-cost fluorescent optofluidic sensor. *Sensors*, v. 18, n. 7, p. 2210, 2018. <https://doi.org/10.3390/s18072210>

SYAFRUDIN, S. et al. Water Quality Monitoring System for Temperature, pH, Turbidity, DO, BOD, and COD Parameters Based on Internet of Things in the Garang Watershed. *Ecological Engineering & Environmental Technology*, [S.l.], v. 25, n. 2, p., 2024. DOI:10.12912/27197050/174412;

TUCCI, Carlos E. M. (Org.). *Hidrologia: Ciência e Aplicação*. 4. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS / ABRH, 2009.

VARGAS, S. M. et al. Monitoring multiple parameters in complex water scenarios using a low-cost open-source data acquisition platform. *HardwareX*, v. 16, p. e00492, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.ohx.2023.e00492> .

Von Sperling, Marcos. (2007). *Estudos e Modelagem da Qualidade da Água de Rios*. DESA/UFMG. (Volume 7 da série 'Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias'). Endereço eletrônico: [https://biblioteca.ana.gov.br/sophia\\_web/Acervo/Detalhe/6346?returnUrl=/sophia\\_web/Home/Index&guid=1646265601494](https://biblioteca.ana.gov.br/sophia_web/Acervo/Detalhe/6346?returnUrl=/sophia_web/Home/Index&guid=1646265601494) Acessado em 20 de Setembro de 2025.

WANG, G.; NIXON, M.; BOUDREAUX, M. "Toward Cloud-Assisted Industrial IoT Platform for Large-Scale Continuous Condition Monitoring," in *Proceedings of the IEEE*, vol. 107, no. 6, pp. 1193-1205, June 2019. <https://doi.org/10.1109/JPROC.2019.2914021>

ZHAO, Z. et al. Eutrophication and lakes dynamic conditions control the endogenous and terrestrial POC observed by remote sensing: Modeling and application. *Ecological Indicators*, v. 129, p. 107907, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107907>

