

MONITORAMENTO DA QUALIDADE DO AR COM O USO DE SENSORES DA SÉRIE MQ COM BASE ARDUINO E ESP8266 NA REGIÃO DE FREDERICO WESTPHALEN/RS

DOI: <http://dx.doi.org/10.55449/congea.16.25.IV-010>

* **Guilherme Faustino Boelter, Mateus Guimarães da Silva, Luciano Marquette, Willian Fernando de Borba, Pedro Daniel da Cunha Kemerich**

* Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, Universidade Federal de Santa Maria do Campus Frederico Westphalen – RS, Grupo de Pesquisa em Monitoramento e Planejamento Ambiental @gpmopa – boelterguilherme@gmail.com

RESUMO

O projeto desenvolvido em Frederico Westphalen (RS) propõe a implementação de um sistema remoto de monitoramento da qualidade do ar baseado em sensores da série MQ integrados a microcontroladores Arduino e ESP8266. O objetivo principal é gerar dados confiáveis sobre gases poluentes como CO, CO₂, CH₄ e COVs, além de parâmetros ambientais como temperatura e umidade, obtidos por meio do sensor DHT22, permitindo análises mais precisas e contextualizadas. Os módulos de sensoriamento, encapsulados em carcaças de PVC para proteção contra intempéries e vandalismos, serão instalados em três áreas estratégicas do município: urbana, rodoviária e no campus universitário afastado do centro.

O sistema realiza leituras periódicas ao longo do dia, enviando os dados para a plataforma ThingSpeak, que alimenta posteriormente um site público hospedado na Netlify, permitindo visualização, comparação histórica e interpretação dos resultados por meio de gráficos interativos. Espera-se identificar padrões sazonais e horários de maior poluição, possibilitando análises espaciais e temporais dos poluentes, bem como contribuir para o engajamento comunitário e a educação científica. O projeto reforça a viabilidade de redes de sensores de baixo custo, servindo como modelo replicável para monitoramento ambiental em regiões com infraestrutura limitada e promovendo a popularização da ciência e da tecnologia aplicada à gestão da qualidade do ar.

PALAVRAS-CHAVE: Sensoriamento, poluentes atmosféricos, sensores de baixo custo, qualidade do ar, tecnologia inovadora.

INTRODUÇÃO

À medida que a sociedade avança e desenvolve grandes centros urbanos, observa-se uma crescente degradação ambiental, que vai desde a extração intensiva de recursos naturais — causando impactos como desmatamentos — até a contaminação da atmosfera. Esses processos acarretam sérios desafios ambientais contemporâneos, com efeitos diretos sobre a saúde e o bem-estar das populações, tanto em áreas urbanas quanto em rurais. Nesse cenário, o avanço de tecnologias voltadas não apenas à recuperação de ecossistemas degradados, mas também com foco na identificação de áreas com elevados níveis de poluição atmosférica, tem se tornado cada vez mais frequente, promovendo ações mais ágeis e eficazes na gestão ambiental. Projetos voltados ao monitoramento remoto da qualidade do ar em regiões periféricas ou em municípios de pequeno e médio porte apresentam grande potencial, pois além de estimular novas iniciativas em escolas e universidades, acabam por promover a formação científica e a conscientização social. Estudos como o de Collado et al. (2024) reforçam essa importância, ao demonstrar que estações de monitoramento robustas e de baixo custo podem operar de forma confiável em diferentes climas e gerar dados relevantes para a tomada de decisão ambiental.

Desta forma, o presente trabalho tem como foco o município de Frederico Westphalen (RS), localizado na região noroeste do estado, propondo a implementação de um sistema de monitoramento atmosférico remoto e de baixo custo, com transmissão de dados via internet. A proposta consiste no desenvolvimento de módulos compostos por sensores diversos, cujos dados serão inicialmente enviados à plataforma ThingSpeak, na qual cada sensor estará vinculado a um canal específico para geração de gráficos de visualização rápida e monitoramento. Posteriormente, essas informações serão disponibilizadas em um site público hospedado na plataforma Netlify, onde os dados serão organizados de modo a permitir o acompanhamento histórico de cada sensor e a comparação entre diferentes unidades de coleta ao longo do tempo. Além disso, o projeto buscará comunicar à comunidade quais sensores serão utilizados, os locais onde se encontram e vincular sites e plataformas reconhecidas, como o ScienceDirect, SciELO e Periódicos CAPES, que abrigam estudos acadêmicos desta e de demais áreas da ciência.

Soluções baseadas em sensores do tipo MQ integrados a microcontroladores como o ESP32 já demonstraram, em estudos recentes, sua viabilidade técnica e precisão na detecção de gases poluentes como CH₄, CO, H₂ e CO₂, com baixo custo e facilidade de implementação (Easterline et al., 2024). Isso favorece o uso desses dispositivos em contextos com infraestrutura limitada, como regiões periféricas ou interiores. Além disso, experiências com dispositivos abertos, mostram que a integração de sensores ambientais com ESP32 e plataformas na nuvem, como ThingSpeak e Google Cloud, permite o desenvolvimento de sistemas robustos e com forte potencial educacional e comunitário (Pineda-Tobón et al.

(2024). O projeto proposto incorpora essas abordagens e avança ao adaptá-las ao contexto local, a possibilidade de recursos limitados. Além disso, pesquisas como a desenvolvida por Connolly et al. (2022) indicam que redes comunitárias de sensores podem oferecer medições consistentes em ambientes internos e externos por longos períodos, detectando padrões de poluição associados a atividades urbanas e domésticas.

Para complementar o sistema, foi adicionado um sensor digital DHT22, responsável por medir temperatura e umidade, parâmetros ambientais que influenciam diretamente no comportamento dos sensores de gases. Pesquisas que aplicaram tecnologia IoT para avaliação da qualidade do ar demonstraram que esses fatores climáticos devem ser considerados em qualquer sistema de monitoramento preciso e escalável (Wang et al., 2025). O conjunto de sensores será encapsulado e distribuído em pontos estratégicos da cidade. Deste modo, o objetivo principal do projeto se estabelece em gerar dados confiáveis e de fácil interpretação por intermédio dos módulos instalados em três áreas distintas da região do município foco, sendo elas a área urbana, a área de rodovia que circunda o município e a área do campus da universidade mais distante do centro urbano, o que por sua vez, irá contribuir com a pesquisa científica e com o acesso da população a informações ambientais de sua região.

OBJETIVOS

- Desenvolver um sistema de monitoramento da qualidade do ar com sensores de baixo custo.
- Implantar módulos de coleta em diferentes pontos da cidade.
- Criar uma base de dados ambiental local acessível à comunidade.

METODOLOGIA

Para a construção do sistema utilizou-se de componentes de fácil acesso, além dos sensores da série MQ e o sensor Dht22, obtidos por meio de plataformas de marketplace online. A fim de possibilitar o desenvolvimento de um módulo com diversos sensores e baixo custo, optou-se inicialmente por utilizar uma estrutura em acrílico, na qual todos os componentes eletrônicos estejam fixados por parafusos de 2,5mm. Dentre os componentes eletrônicos estão os sensores da série MQ, os sensores MQ-135, MQ-7, MQ-4, os quais detectam os respectivos poluentes: dióxido de carbono (CO₂) entre outros COVs (compostos orgânicos voláteis), monóxido de carbono (CO), metano (CH₄) e gás natural. A fim de manter um controle referente a temperatura e umidade, utilizou-se do sensor digital Dht22. Como módulo de comando utilizou-se em dois dos três módulos o ESP8266 NodeMCU, o qual possui compatibilidade com internet via wi-fi. Para o terceiro módulo fez-se uso da placa Arduino Uno R3, pois não havia a possibilidade de compartilhamento de dados via internet. A base equipada com a placa Arduino possui também um módulo leitor de cartão SD e um módulo RTC os quais executam os comandos respectivamente de armazenamento dos dados mensurados pelos sensores e identificação da contagem precisa do tempo, data e hora.

Os sensores contarão com calibração prévia em ambiente controlado e serão instalados em diferentes pontos da cidade: zona urbana, área de rodovia e área do campus universitário afastado do centro urbano. Seguindo a proposta de identificar as diferenças entre as áreas que compõem o município foco do projeto, optou-se por estabelecer em cada uma das áreas um dos módulos de sensoriamento remoto. A alimentação será realizada por seis pilhas AA em série, as quais geram um total de 9 volts de tensão, devido a tensão de trabalho dos componentes ser estabelecida em 5 volts, buscou-se realizar um controle de tensão via módulo Step Down LM2596 com auxílio de um multímetro.

A fim de evitar possíveis danos gerados por intempéries e vandalismo, optou-se por condicionar os dispositivos em carcaças cilíndricas de PVC de 100 mm, com aberturas inferiores para ventilação adequada. Posteriormente os módulos encapsulados e protegidos serão fixados a uma altura próxima a 180 cm do solo, buscando a faixa de altura da respiração humana geral. As leituras serão realizadas três vezes ao dia, durante um período aproximado de dez minutos, com uma leitura a cada minuto, totalizando trinta minutos de leituras e trinta medições por dia. Os dados gerados serão encaminhados via internet ou inseridos manualmente aos canais desenvolvidos na plataforma ThingSpeak. Devido a esta plataforma ser de cunho privativo, desenvolveu-se um site na plataforma Netlify, a qual será abastecida pelos dados contidos nos canais presentes no ThingSpeak, por intermédio da conectividade API, e apresentados de maneira clara e dinâmica, possibilitando observar os dados das leituras em gráficos específicos de cada sensor, estabelecer comparações históricas das leituras dos sensores, bem como fomentar o conhecimento científico incluindo sites que servem como base de dados e de artigos científicos.

RESULTADOS

Dentre os possíveis e esperados resultados do projeto, está a obtenção de dados ambientais de forma sazonal, coletados em diferentes pontos do município de Frederico Westphalen. Ao longo de três estações, as quais contemplam os anos de 2025 e 2026, pretende-se realizar análises estatísticas para identificar padrões de acúmulo de contaminantes, especialmente nos horários de maior fluxo de veículos.

Além do mapeamento das concentrações de poluentes, espera-se que o sistema possibilite detectar variações ao longo do dia, permitindo comparações entre áreas com diferentes níveis de atividade humana. Esses registros poderão indicar não apenas momentos críticos de poluição, mas também tendências de redução ou aumento dos gases monitorados em função de fatores climáticos ou de maiores níveis de circulação de veículos nos determinados horários. Além disso, espera-se

desenvolver um banco de dados assim como um histórico sobre a qualidade do ar local, o qual possivelmente poderá no futuro fomentar novos estudos e projetos voltados para monitoramento ambiental. Essa base permitirá o desenvolvimento de gráficos, relatórios e indicadores ambientais que auxiliem na compreensão da realidade atmosférica do município, como uma tecnologia para identificar possíveis aumentos de contaminação em determinados locais, servindo de alerta para que medidas ou análises mais profundas sejam realizadas.

Trabalhos com propostas semelhantes, como as de Easterlinea et al. (2024), demonstram que sistemas baseados em sensores MQ integrados a microcontroladores conectados à nuvem são capazes de fornecer dados confiáveis para análises temporais de poluentes. Da mesma forma, outros projetos, como o proposto por Wang et al. (2025) destacam a importância de incluir variáveis como temperatura e umidade para melhorar a precisão na interpretação dos resultados evitando que medições distorcidas ocorram.

Outro fator relevante e esperado é a possibilidade de reforçar a viabilidade de redes de sensores ambientais de baixo custo para uso em ambientes externos urbanos e de transmissão de dados de maneira online. Assim como o estudo apresentado por Collado et al. (2024) no qual o desenvolvimento de uma estação de monitoramento protegida, foi capaz de operar de forma confiável em ambientes tropicais além de realizar medições de múltiplos poluentes, incluindo CO, NO₂ e partículas inaláveis, com transmissão contínua de dados para plataformas online. De forma complementar, Connolly et al. (2022) avaliaram, ao longo do tempo, uma rede comunitária de sensores instalados em ambientes internos e externos, demonstrando que esses dispositivos conseguem identificar padrões de poluição relacionados ao tráfego de veículos, mantendo desempenho consistente durante todo o período de monitoramento.

Desta forma espera-se que, com o correto funcionamento remoto do módulo e a comunicação sem fio estável com as plataformas de armazenamento e visualização, o sistema se valide como ferramenta prática de monitoramento ambiental, além de fomentar o desenvolvimento de futuros projetos semelhantes, e o desenvolvimento científico com recursos limitados.

CONCLUSÕES

Neste sentido, busca-se identificar os níveis de contaminação dos gases estipulados, nos três ambientes da região de Frederico Westphalen, RS, a fim de analisar as principais concentrações e diferenças entre os módulos ao longo do projeto. Com a adoção desta metodologia, espera-se produzir dados que apresentem a possibilidade de analisar as diferenças sazonais de cada ponto de amostragem bem como sua variabilidade espacial.

Espera-se que futuramente o desenvolvimento de tecnologias voltadas ao monitoramento remoto de áreas contaminadas sejam cada vez mais frequentes, desta forma, o projeto busca promover o engajamento comunitário por meio da propagação de dados da área ambiental buscando assim uma popularização da ciência e da eletrônica aplicada ao monitoramento ambiental.

AGRADECIMENTOS

Trabalho apoiado pelo programa CAPES.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

1. COLLADO, Edwin; CALDERÓN, Sallelis; CEDENO, Betzaida; DE LEÓN, Olga; CENTELLA, Miriam; GARCÍA, Antony; SÁEZ, Yessica. **Open-source Internet of Things (IoT)-based air pollution monitoring system with protective case for tropical environments.** *HardwareX*, [S. l.], v. 19, e00560, 2024. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11647870/>. Acesso em: 07 ago. 2025.
2. CONNOLLY, Rachel E.; YU, Qiao; WANG, Zemin; CHEN, Yu-Han; LIU, Jonathan Z.; COLLIER-OXANDALE, Ashley; PAPAPOSTOLOU, Vasileios; POLIDORI, Andrea; ZHU, Yifang. **Long-term evaluation of a low-cost air sensor network for monitoring indoor and outdoor air quality at the community scale.** *Science of the Total Environment*, [S. l.], v. 807, p. 150797, 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969721058757?via%3Dihub>. Acesso em: 07 ago. 2025.
3. EASTERLINEA, Laurent Michelle; PUTRIA, Alyssia Az-Zahra Ravica; ATMAJA, Patricia Sherryn; DEWIA, Adhe Lingga; PRASETYOB, Anang. **Smart air monitoring with IoT-based MQ-2, MQ-7, MQ-8, and MQ-135 sensors using NodeMCU ESP32.** *Procedia Computer Science*, [S. l.], v. 245, p. 815–824, 2024. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050924031168?via%3Dihub>. Acesso em: 6 ago. 2025.
4. PINEDA-TOBÓN, Daniel M.; ESPINOSA-BEDOYA, Albeiro; BRANCH-BEDOYA, John W. **A low-cost, open-source air quality monitoring device leveraging the ESP32 and Google platform.** *HardwareX*, [S. l.], v. 20, e00607, 2024. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2468067224001019>. Acesso em: 7 ago. 2025.
5. WANG, Zhihan; CHEN, Zhi; SHAHID, Imran; ASIF, Zunaira; HAGHIGHAT, Fariborz. **Indoor air quality assessment through IoT sensor technology: A Montreal-Qatar case study.** *Atmosphere*, [S. l.], v. 16, n. 5, p. 574, 2025. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4433/16/5/574>. Acesso em: 7 ago. 2025.