

SISTEMA DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DO AR: UMA ABORDAGEM DE BAIXO CUSTO PARA LOCAIS COM ALTA CIRCULAÇÃO DE PESSOAS E VEÍCULOS

Raquel S. Cassiano¹; Amanda N. G. S. Silva¹; Maria J. S. Lopes¹; Laura G. da Silva¹; Ana C. A. D. da Silva¹; Nicanor T. B. Antunes¹

1 Escola SESI Dra. Emina Barbosa Mustafa, Av. Cosme Ferreira, 3295 - Aleixo, Manaus - AM

Palavras-Chave: Poluição do ar; saúde; arduíno.

Introdução

A poluição do ar é um problema de saúde ambiental que afeta a todos em países de baixa, média e alta renda. Estima-se que a poluição do ar ambiente (ao ar livre) nas cidades e áreas rurais cause 4,2 milhões de mortes prematuras em todo o mundo por ano em 2019; essa mortalidade se deve à exposição ao material particulado fino, causador de doenças cardiovasculares, respiratórias e cânceres (OMS, 2022).

No Amazonas, a principal fonte da poluição do ar vem das queimadas sazonais, que acontecem principalmente entre os meses de setembro a novembro (VIANA, 2023). Em Manaus, fora do período de queimadas, a qualidade do ar é afetada pelas características locais, como por exemplo, na região sul da cidade, possivelmente devido a presença de indústrias e o alto fluxo de veículos automotores, há uma redução da qualidade do ar (PURPLEAIR, 2024). Manaus conta com 17 pontos de monitoramento de qualidade do ar da PurpleAir de acesso público, colocados principalmente em escolas e instituições. No entanto, pontos com alto fluxo de pessoas e veículos automotores, como os terminais de mobilidade urbana não cobertos por esses sensores.

A cidade possui uma frota de 1.166 ônibus do transporte coletivo, que convergem em 34 pequenos terminais de bairro e cinco terminais de integração, que movimentam cerca de 500 mil passagens diárias (MOBILIDADE ESTADÃO, 2023). Em regiões com alto fluxo de veículos, é comum verificar medidas de poluentes que excedem os padrões mínimos aceitáveis pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), em especial, as medidas de materiais particulados (MP), ozônio (O₃) que tem como precursores os hidrocarbonetos (HC), óxidos de enxofre (SO_x), monóxido de carbono (CO), dióxido de Carbono (CO₂) e óxidos de nitrogênio (NO_x) (VIEIRA, 2009). Desse forma, o objetivo desta pesquisa é desenvolver e avaliar a viabilidade de um sistema de monitoramento da qualidade do ar em pontos estratégicos de Manaus, utilizando a plataforma Arduino e sensores de baixo custo.

Material e Métodos

Os protótipos foram construídos nas dependências do Clube de Ciências da Escola SESI Dra. Emina Barbosa Mustafa, localizada em Manaus, Amazonas. O sistema foi desenvolvido com base no Kit circuito de estação meteorológico IOT, comercializado pelo Blog da Robótica, e adaptado para o monitoramento da qualidade do ar em locais expostos ao clima.

O sistema foi elaborado com a utilização de um módulo microcontrolador ESP8266 NodeMcu, para gerenciar as informações dos sensores e a saída de dados via Wi-Fi. Para monitorar a temperatura e umidade local, foi utilizado de um sensor DHT11; para avaliar a pressão atmosférica o sensor BMP280; e para verificar a qualidade do ar, foi utilizado o sensor MQ-135, conforme a figura 1. O sensor MQ-135 foi escolhido por ser um sensor de gás amplamente utilizado em aplicações de monitoramento da qualidade do ar. Ele é projetado para detectar uma variedade de gases nocivos e poluentes, como amônia (NH₃), óxidos de nitrogênio (NO_x), álcool, benzeno, fumaça e dióxido de carbono (CO₂).

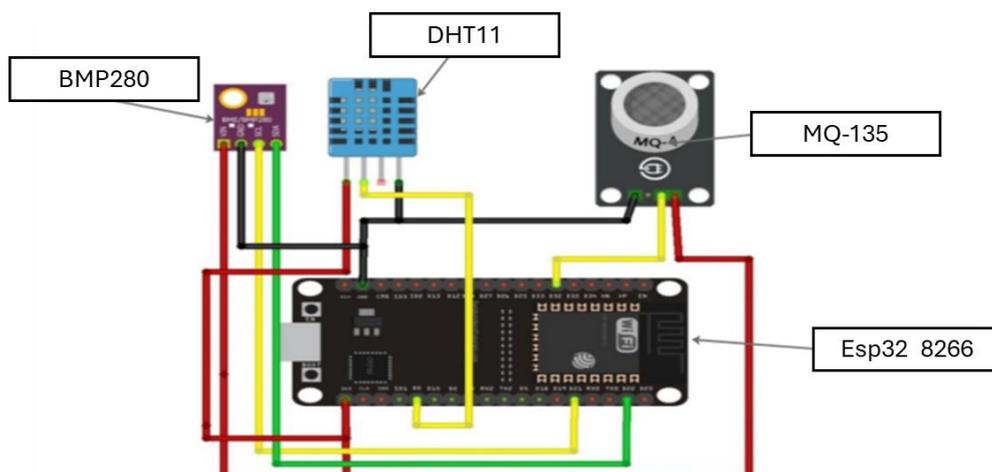


Figura 1. Diagrama do circuito da estação de monitoramento da qualidade do ar.

A carcaça produzida para proteção dos componentes internos foi projetada por meio do Software Autodesk Fusion 360 e os componentes impressos em impressora 3D utilizando de filamento de acrilonitrila butadieno estireno (ABS), que possui ótimas propriedades mecânicas, que conferem firmeza e durabilidade para a carcaça. Além disso, o desenho escolhido foi o que possibilitou o fluxo de gases do ambiente para um melhor contato com os sensores, sem interferir na obtenção de dados.

A programação do sistema foi feita pela plataforma ArduinoIDE versão 2.3.2 e os dados coletados e armazenados na plataforma ThingSpeak. Os testes do sistema foram feitos em laboratório, simulando variações de mudança de temperatura e comparando com sistema de monitoramento da qualidade do ar PurpleAir, que foi disponibilizado pela Universidade Estadual do Amazonas – UEA e instalado na escola.

Resultados e Discussão

Como resultado, foi escolhido para a carcaça do sistema um modelo retangular, simples e com frisos laterais que permitem a passagem dos gases sem afetar a funcionalidade dos sensores (figura 2). A escolha desse modelo se deu pela simplicidade do desenho e facilidade da manufatura aditiva, podendo ser impressa em qualquer tipo de material e com impressoras 3D de menor resolução. Além disso, o modelo tem um custo calculado de impressão de R\$ 15,07.

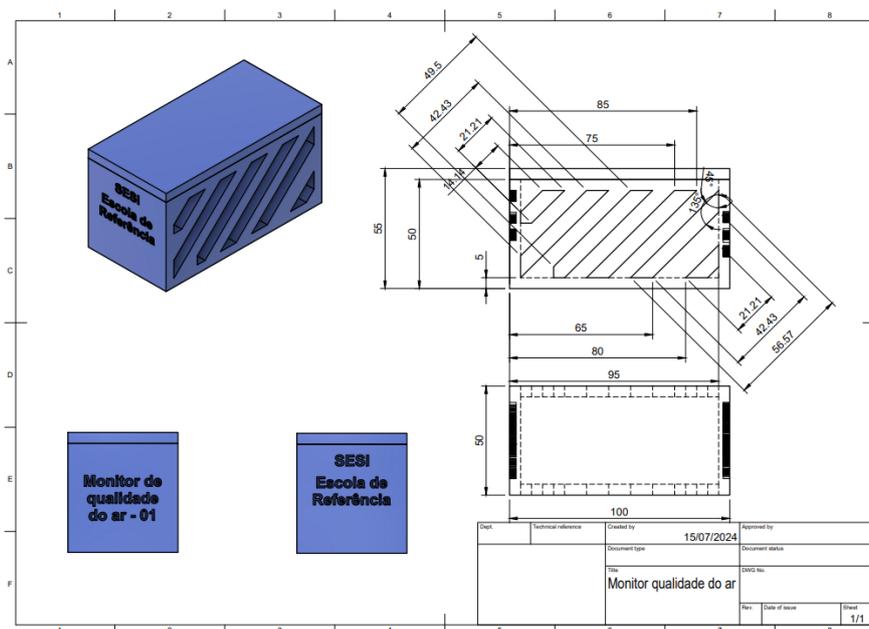


Figura 2. Desenho técnico da estrutura da carcaça do sistema de monitoramento da qualidade do ar em terminais urbanos de Manaus.

Já, na parte dos circuitos elétricos e dos sensores, foi avaliado que o sensor de pressão do ar BMP280 pode ser opcional, de modo a reduzir os custos. Dessa forma, o valor total de um Kit básico de monitoramento da qualidade do ar fica no valor de R\$ 94,06. Os valores dos componentes elétricos podem ser visualizados na tabela 1.

Tabela 1. Custo estimado da produção do sistema de monitoramento da qualidade do ar.

Componente essenciais	Custo (R\$)
ESP328266	43,00
DHT11	13,99
MQ-135	22,00
Total	78,99
Componentes opcionais	Custo (R\$)
BMP280	16,00
Total	94,99

É importante destacar que em Manaus existe um sistema de monitoramento da qualidade do ar subsidiado pelo governo. No entanto, devido ao porte e à complexidade do funcionamento, essas estações demandam de elevados recursos financeiros e técnicos para seu funcionamento (PATAKI; OLIVEIRA, 2021). Dessa forma, o desenvolvimento de produtos e soluções inovadoras que contribuam para monitorar poluentes atmosféricos com custo reduzido impactará positivamente os esforços para manutenção dos padrões de qualidade do ar em locais específicos da cidade, com alto fluxo de veículos e pessoas (ARAÚJO et al. 2023).

Ao avaliar a funcionalidade do sistema de monitoramento, em termos de programação, foi utilizado das bibliotecas ESP8266WiFi, DHT, Wire, Adafruit Sensor, Adafruit BMP280, MQ135 e ThingSpeak. As configurações utilizadas possibilitaram o envio dos dados para a plataforma ThinkSpeak para visualização e armazenamento. Como variáveis, foram coletados dados de temperatura, umidade, pressão atmosférica e dados de qualidade do ar. Os dados de

qualidade do ar foram obtidos do Sensor MQ-135 foram convertidos em um parâmetro mais compreensível, de fácil interpretação, baseado no índice de US EPA PM2.5 AQI, em que valores de até 50 PPM foi considerado bom, entre 51 e 100 foi considerado moderado, 101 a 150 pobre, 151 a 200 insalubre, 201 a 300 muito insalubre e 300 a 500 perigoso (UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2024).

Em relação aos testes de funcionamento, o parâmetro de qualidade do ar foi avaliado e comparado com os dados do PurpleAir, presente na escola e fornecido e operado pela Universidade Federal do Amazonas - UEA, de modo a validar as informações obtidas pelos sensores (figura 3).

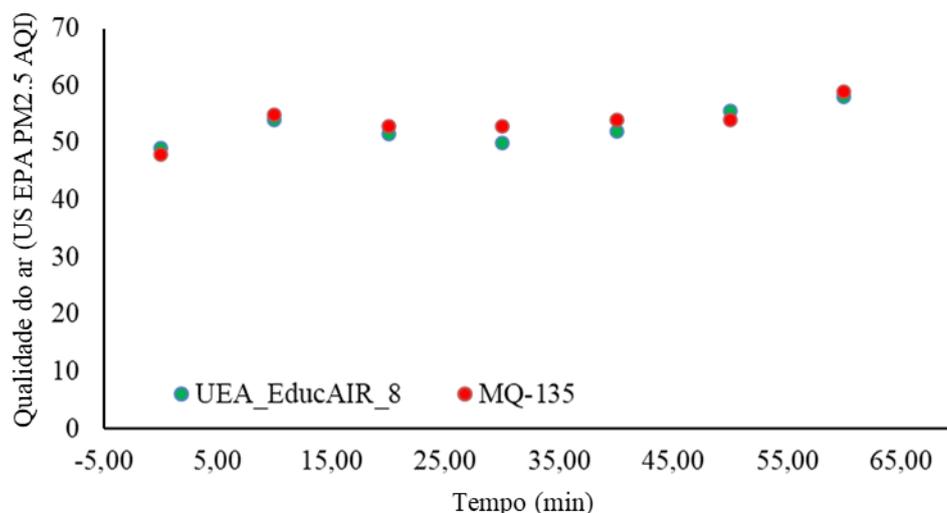


Figura 3. Comparação da qualidade do ar do sensor MQ-135 do sistema monitoramento com o sistema PurpleAir.

Apesar da proximidade dos valores obtidos entre os dois sistemas, é importante salientar que os sensores de baixo custo não tem a mesma precisão dos sensores convencionais ou das estações de monitoramento de alto custo. Apesar disso, o desenvolvimento de equipamento para o monitoramento de gases poluentes poderá indicar se a concentração de um poluente está aumentando ou diminuindo na atmosfera, alertando as pessoas da localidade (AVELINO, 2019).

Conclusões

Como conclusão, o sistema se mostrou eficiente para coletar dados do monitoramento de qualidade do ar quando comparado com o sistema PurpleAir, apesar de ser necessário certa descrição em relação a precisão do sensor em diferentes faixas de temperatura. Além disso, o custo é cerca de 10 vezes menor que os sistemas convencionais da PurpleAir. O que possibilita a implementação em um número maior de localidades.

Importante destacar que as próximas etapas do projeto consistem na implantação dos dispositivos nos terminais de transporte urbano de Manaus e no monitoramento da eficiência dos sensores em situações de testes fora de um ambiente controlado. Além disso, novas formas de interação como sinais luminosos indicadores da qualidade do ar poderão ser adicionados para uma melhor visualização por parte dos usuários.



Agradecimentos

Os autores agradecem ao Serviço Social da Indústria – SESI, departamento regional do Amazonas e a Universidade Estadual do Amazonas - UEA, pelo apoio para a realização do projeto.

Referências

ARAÚJO, Alexandre Moreira et al. EQUIPAMENTOS DE BAIXO CUSTO PARA MONITORAMENTO DA QUALIDADE DO AR: UMA REVISÃO. **Revista Maestria**, v. 18, n. 1-135), p. 106-120, 2023.

AVELINO, Tiago Filipe da Silva. **Construção de uma estação portátil de baixo custo para medição das concentrações de O₃ e NO₂**. 2019. 70 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Energia e Ambiente, Universidade de Lisboa, Lisboa, 2019.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. **Ambient (outdoor) air quality and health**. Disponível em: [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health?gad_source=1&gclid=CjwKCAjwqMO0BhA8EiwAFTLgIPkfBsdGwwzpRRvh4r8SpNtVQ4pvzjDl2Le5Ff-fxJI0WHmX_Et5eRoCfykQAvD_BwE](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health?gad_source=1&gclid=CjwKCAjwqMO0BhA8EiwAFTLgIPkfBsdGwwzpRRvh4r8SpNtVQ4pvzjDl2Le5Ff-fxJI0WHmX_Et5eRoCfykQAvD_BwE). Acesso em: 12 jul. 2024.

PATAKI, András Hartmann; OLIVEIRA, Mateus Michels de. Estação de monitoramento da qualidade do ar. **Caderno Progressus**, Curitiba, v. 1, n. 1, p. 5-20, 04 fev. 2021.

PURPLEAIR. **Air Quality Map**. Disponível em: <https://map.purpleair.com/1/maAQI/a10/p604800/cC0#12.01/-3.10668/-60.01921>. Acesso em: 12 jul. 2024.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). **PM NAAQS Air Quality Index Fact Sheet**. Disponível em: <https://www.epa.gov/system/files/documents/2024-02/pm-naaqs-air-quality-index-fact-sheet.pdf>. Acesso em: 12 jul. 2024.

VIANA, Virgílio. **Poluição do ar: saúde e economia da Amazônia**. A Crítica, Manaus, 27 mar. 2022. Disponível em: <https://www.acritica.com/opiniao/artigos/poluic-o-do-ar-saude-e-economia-da-amazonia-1.318630>. Acesso em: 12 jul. 2024.

VIEIRA, Neise Ribeiro. **Poluição do ar: indicadores ambientais**. Editora E-papers, 2009.