

DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE MONITORAMENTO DO AR UTILIZANDO ARDUINO

Davi Pereira Bossi (IC), Fábio Nakagomi (PQ)
Universidade Federal de Itajubá - UNIFEI

Palavras-chave: Arduino. Impressão 3D. Meio ambiente. Qualidade do ar. Sistema eletrônico.

Introdução

A essência da pesquisa científica é a exploração do desconhecido e a descoberta de algo novo. Novas tecnologias de fabricação distribuída de baixo custo e a ampla disseminação de protocolos e designs de hardware pela internet significam que o poder de realizar pesquisas científicas não precisa mais ficar restrito a laboratórios de pesquisa caros.

Tanto o software livre e de código aberto, *Free Open Source Software* (FOSS), quanto a fabricação digital distribuída de hardware livre e de código aberto, *Free Open Source Hardware* (FOSH), têm mostrado um grande potencial entre cientistas para o desenvolvimento de ferramentas científicas personalizadas. Pesquisas iniciais encontraram economias substanciais com essas tecnologias, mas à medida que o paradigma de design de código aberto cresceu significativamente, é possível que as economias observadas nos primeiros trabalhos estivessem limitadas a casos especiais. Hoje, existem exemplos de tecnologia de código aberto para ciência na grande maioria das disciplinas, e vários recursos dedicados especificamente à publicação delas [1].

Nos últimos anos, diversos projetos de pesquisa têm investigado o uso de dispositivos de baixo custo para monitoramento da poluição do ar. Como resultado dessas atividades, foram desenvolvidos diversos sistemas de monitoramento da qualidade do ar, seguindo abordagens e métodos diversos. No entanto, geralmente, esses sistemas de monitoramento carecem de flexibilidade, extensibilidade e abertura [2].

As partículas em suspensão, *particulate matter* (PM), têm sido associadas a efeitos adversos na saúde respiratória e cardiovascular. Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), em 2012 [3], a poluição do ar em ambientes domésticos causou mais de 4 milhões de mortes prematuras em crianças e adultos. Entre os

documentos de referência mais relevantes e amplamente considerados, a OMS publicou diretrizes específicas de qualidade do ar para a proteção da saúde pública contra os riscos relacionados à exposição a poluentes selecionados comuns em ambientes fechados, como partículas (PM_{2,5} e PM₁₀), ozônio (O₃), dióxido de nitrogênio (NO₂), dióxido de enxofre (SO₂), monóxido de carbono (CO). Portanto, é evidente a necessidade de monitorar a qualidade do ar em ambientes internos e externos em tempo real, detectando esses poluentes e, assim, evitando o desenvolvimento de efeitos adversos à saúde por sua inalação.

Convencionalmente, as metodologias adotadas para medir poluentes do ar são baseadas em: (i) amostragem passiva, que requer longos períodos de amostragem (geralmente algumas semanas) seguidos de análises laboratoriais posteriores; e/ou (ii) amostragem contínua, que geralmente é volumosa e cara, gerando ruído e vibração, o que impede sua implantação em muitos locais ao mesmo tempo, levando a uma cobertura espaço-temporal limitada.

Portanto, metodologias alternativas têm sido buscadas e estudadas devido a várias limitações encontradas na caracterização da qualidade do ar. Como tal, tecnologias de monitoramento de baixo custo da poluição do ar surgem como um avanço revolucionário promissor no monitoramento da qualidade do ar, fornecendo respostas a perguntas científicas ou aplicações para os usuários finais por meio do aumento massivo na resolução espacial e temporal dos dados.

Para realizar tal tarefa utilizamos um sistema eletrônico composto por um Arduino [5], um sensor de temperatura e um sensor de partículas. Com esse equipamento em mãos realizamos medições em diferentes lugares do município de Itabira, armazenamos os dados em uma tabela e discutimos as implicações dos resultados.

Metodologia

No processo de concepção do protótipo em questão, foram empregados três componentes primordiais. Primeiramente, utilizou-se um Arduino UNO, que desempenha a função de microcontrolador, sendo responsável por todas as etapas relacionadas à interpretação e exibição dos dados coletados.

Em seguida, incorporou-se um sensor DS18B20, incumbido da medição de temperatura, e um sensor PMS 7003, encarregado de avaliar a concentração de partículas no ar. Para a apresentação dos resultados, empregou-se um display LCD.

O sensor PMS7003 é um dispositivo usado para medir a concentração de partículas suspensas no ar. Sua operação é baseada na dispersão de luz a laser, permitindo a detecção de partículas com diâmetros de 1,0 μm , 2,5 μm e 10 μm . Essas características são cruciais para avaliar a qualidade do ar, pois diferentes tamanhos de partículas podem ter diferentes impactos na saúde humana.

O sensor PMS7003 fornece leituras em tempo real da concentração de partículas em suspensão, o que é fundamental para monitorar a qualidade do ar em ambientes internos e externos. Além disso, ele pode ser configurado para oferecer informações detalhadas sobre o número de partículas em cada faixa de tamanho, permitindo uma análise mais aprofundada da poluição do ar.

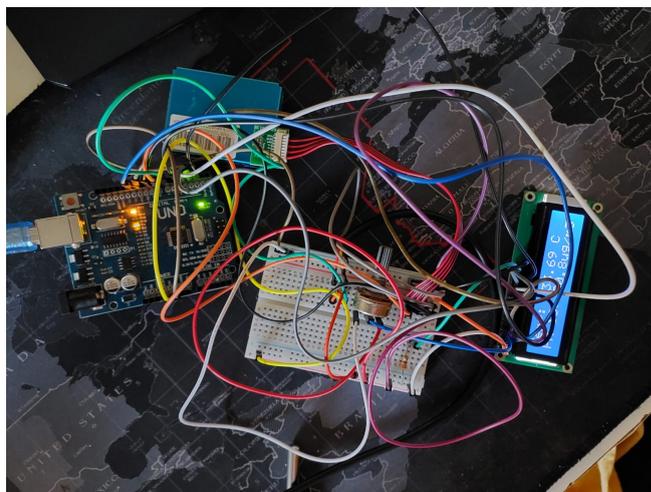
Para integrar o sensor PMS7003 em um projeto, é necessário um microcontrolador ou sistema compatível com sua interface de comunicação serial, geralmente UART (Universal Asynchronous Receiver-Transmitter). Os dados coletados pelo sensor são normalmente expressos em unidades padrão, como microgramas por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), o que torna os resultados fáceis de interpretar.

A conexão no Arduino envolve a ligação dos fios GND e VCC à protoboard para alimentação. O PMS possui dois fios de dados RX e TX, os quais foram conectados às portas 8 e 9 do arduino. Já o sensor de temperatura DS18B20 possui somente um fio de transferência de dados, o qual foi ligado em paralelo com o VCC do sensor através de um resistor de 4,2k Ω . O display LCD possui 6 fios para transmissão de dados, eles foram conectados nas portas 2,3,4,5,11 e 12 do arduino, um desses fios controla a intensidade da luz de fundo do

display, e para que fosse possível a visualização foi necessário conectar também um potenciômetro com o intuito de controlar a quantidade da luz de fundo.

No que tange à programação do dispositivo, foi utilizada a plataforma Arduino IDE, a qual fornece um ambiente para programação na linguagem C/C++.

Para sua programação foram utilizadas bibliotecas nativas da IDE e também bibliotecas de fontes externas. As bibliotecas nativas utilizadas foram a Wire, responsável pela comunicação I2C, e a Liquid Crystal, a qual serve para controlar displays LCD. Já de bibliotecas de fontes externas foram utilizadas a One Wire, serve para controlar dispositivos que seguem o protocolo one wire, o DS18B20 por exemplo, a Dallas Temperature, essa fornece funções adicionais para controlar as leituras de sensores da família Dallas, o DS18B20, a PMS, que serve para ler dados de sensores da família PMS, como o PMS 7003, e a Software Serial, que serve para criar portas adicionais de comunicação UART.



Para a fabricação da caixa que aloja o circuito, recorreu-se a uma impressora 3D Creality Ender 5 Plus, cujo projeto foi elaborado por meio do software Tinkercad.

Resultados e discussão

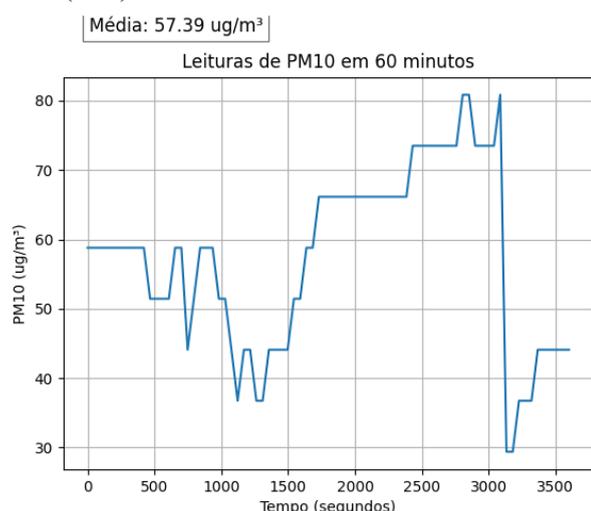
Realizamos as medidas ambientais monitorando as partículas suspensas no ar com diâmetro aerodinâmico de 10 micrômetros ou menos (PM10). Essas partículas podem incluir poeira, fumaça, aerossóis e poluentes atmosféricos. A Organização Mundial da Saúde definiu em 2005 valores guias para o monitoramento da

qualidade do ar. Em sua decisão foi definido um valor de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Nesse contexto, procedeu-se à coleta de dados em distintos locais na cidade de Itabira(MG), durante um intervalo de uma hora. Os pontos de coleta incluíram o campus da universidade (UNIFEI), a Avenida Mauro Ribeiro e a Avenida João Pinheiro. O objetivo dessa coleta foi avaliar as variações quantitativas e identificar diferenças significativas nos níveis de poluição, a fim de determinar a conformidade com os padrões estabelecidos pelas normas ambientais brasileiras. Tendo os resultados das coletas na figura 1.

atmosféricos, com foco especial nas partículas PM10, a fim de proteger a saúde da população e preservar a qualidade do ar na região. A implementação de estratégias de monitoramento contínuo da qualidade do ar e a busca por alternativas ambientalmente sustentáveis são passos importantes na busca por soluções para esse desafio ambiental.

Figura 1 – Apresenta a média de partículas (PM10) no período de uma hora em lugares distintos da cidade de Itabira (MG).



Conclusões

Em suma, as medições das partículas de PM10 realizadas em diferentes áreas da cidade de Itabira evidenciam um cenário de preocupação quanto à qualidade do ar. Os valores observados frequentemente superam os padrões estabelecidos pela Organização Mundial da Saúde (OMS), sugerindo uma concentração elevada de partículas suspensas no ar. Esta situação pode ser atribuída, em parte, à transformação de Itabira em uma cidade mineradora, com a presença significativa de diversos poluentes na atmosfera.

Além disso, é essencial que a cidade de Itabira considere medidas e políticas de gestão ambiental mais rigorosas para controlar e mitigar a emissão de poluentes

Agradecimentos

Gostaria de expressar minha sincera gratidão à Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI) por proporcionar o ambiente propício e os recursos necessários para a realização deste estudo. Também desejo estender meus agradecimentos ao Professor Fábio Nakagomi, o qual foi o orientador deste trabalho, por proporcionar ajuda sempre que preciso. Outra organização à qual sua ajuda foi de suma importância é a FAPEMIG, sem seu apoio financeiro essa pesquisa nunca teria sido possível.

Referências

[1] - PEARCE, Joshua. **Open-Source Lab: How to Build Your Own Hardware and Reduce Research Costs**. Países Baixos: Elsevier Science, 2013.

[2] - ZIKOVA, N.; HOPKE, P. K.; FERRO, A. R. Evaluation of new low-cost particle monitors for PM_{2.5} concentrations measurements. **Journal of Aerosol Science**, [s. l.], v. 105, p. 24-34, Mar. 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jaerosci.2016.11.010>. Acesso em: 16 set. 2023.

[3] - WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO) et al. **Public health, environmental and social determinants of health**, 2014. Geneva. Disponível em: www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/databases/en. Acesso em: 16 set. 2023.

[4] - WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). WHO global air quality guidelines. **Particulate Matter (PM_{2.5} and PM₁₀), Ozone, Nitrogen Dioxide, Sulfur Dioxide and Carbon Monoxide**, 2021. Disponível em: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/345329> . Acesso em: 16 set. 2023.

[5] - ARDUINO. Disponível em: <https://www.arduino.cc/>. Acesso em 16 set. 2023.