

# Estudo da Influência dos Elementos Climáticos em Sistemas de Baixo Custo para Monitoramento da Qualidade do Ar

Daniel Trevisan Tatsch\*  
Mestrado em Computação Aplicada  
Universidade do Vale do Itajaí - Univali  
danielt.tatsch@edu.univali.br

Leonardo Hoinaski  
Engenharia Sanitária e Ambiental  
Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC  
leonardo.hoinaski@ufsc.br

Fernando Campo  
Engenharia Sanitária e Ambiental  
Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC  
fernando.campo@posgrad.ufsc.br

Alejandro Rafael Garcia Ramirez  
Mestrado em Computação Aplicada  
Universidade do Vale do Itajaí - Univali  
ramirez@univali.br

## ABSTRACT

*The atmospheric pollution alerts to the need to promote the development of air quality monitoring systems. Equipment with low implementation cost and energy consumption are highlighted for highly scalable applications. The datasets generated by the sensors feed machine learning algorithms for the weather conditions analysis in urban centers. However, sensor technology used in these systems tends to be less accurate than complex equipment, resulting in a strong correlation between the collected data and the climatic elements variation. This paper studies the influence of temperature and relative humidity in low cost air quality monitoring systems. This knowledge can generate new approaches to the monitored metrics conditioning and increase the robustness of the low cost systems.*

## Palavras-chave

sensores de baixo custo, monitoramento de poluentes atmosféricos, avaliação, sensores eletroquímicos

## 1 Introdução

Os monitores de poluentes atmosféricos eram tradicionalmente caros, complexos, estacionários e com limitações de acesso aos dados coletados. No entanto, a evolução no desenvolvimento de sistemas portáteis, de baixo custo e de fácil interação possibilita o uso destes em aplicações escaláveis e com acesso aos dados próximo do tempo real <sup>[1]</sup>. Equipamentos com esses atributos podem ainda ser utilizados para:

- Integrar atuais redes de monitoramento de poluentes;
- Gerar dados sobre a qualidade do ar em comunidades com altas concentrações de poluentes e em indústrias, para melhorar a qualidade de vida dos trabalhadores;
- Prover informações para dispositivos *wearable* que monitoram a exposição pessoal aos poluentes.

Os sistemas de baixo custo para monitoramento da qualidade do ar são usualmente compostos por controladores sem grandes capacidades de processamento. A redução no custo de produção compromete também a complexidade dos circuitos eletrônicos e a robustez dos *cases* ou compartimentos físicos.

Segundo <sup>[5]</sup>, os equipamentos de baixo custo utilizam, em sua maioria, sensores de gás eletroquímicos ou amperométricos. A preocupação em utilizá-los se encontra na interferência cruzada do poluente que está sendo monitorado com os demais presentes na mesma amostra de ar coletada. Além disso, estes sensores possuem uma sensibilidade alta à variação dos elementos climáticos, como temperatura, umidade relativa do ar, pressão atmosférica e velocidade do vento <sup>[6]</sup>.

Processamentos em *software* buscam melhorar a linearidade dos dados monitorados <sup>[2][3][4]</sup>. No entanto, melhorias no *hardware* ou no pré-processamento dos dados gerados pelos sensores muitas vezes não são consideradas. Soluções nessa linha poderiam oferecer dados mais coerentes para processamentos posteriores, aumentando a acurácia de possíveis algoritmos de *machine learning* para detecção de regiões com altas concentrações de poluentes.

## 2 Trabalhos relacionados

Esta seção apresenta uma breve revisão de projetos que estudam e avaliam os sistemas de monitoramento de poluentes de baixo custo. Uma expressão de busca foi elaborada para filtrar os documentos relacionados com o tema nos repositórios de artigos científicos IEEE, Science Direct, Scopus, CAPES e Sibiun:

“*low cost sensors*” AND (“*air pollution monitoring*” OR “*air quality monitoring*”) AND (“*evaluation*” OR “*review*”) AND (“*electrochemical gas sensors*” OR “*amperometric gas sensors*”) AND (“*weather*” OR “*temperature*” OR “*relative humidity*”) AND “*correlation*”

Focou-se em análises da interferência cruzada nos sensores eletroquímicos e experimentos de correlação entre os dados coletados e a variação da temperatura e da umidade relativa do ar. Os trabalhos selecionados foram publicados a partir de 2010, com as palavras-chave presentes no título ou *abstract*. Os que não estavam disponíveis para *download*, ou que não apresentavam resultados práticos relacionados com a pesquisa foram desconsiderados. Ao todo, 18 trabalhos foram selecionados e registrados em um diretório para acesso remoto<sup>1</sup>. As análises sobre alguns destes estão dispostas na sequência, destacando os resultados práticos alcançados.

<sup>[6]</sup> mostra um estudo da influência da temperatura em um equipamento com sensores eletroquímicos da empresa Alphasense. Uma correlação entre os dados obtidos por um sensor de óxido nítrico (NO) e a variação da temperatura foi observada. Os dados foram comparados com instrumentos de referência para extrair um filtro aplicável em novos dados. Adaptações de *hardware* ou pré-processamento não foram consideradas.

O trabalho conduzido em <sup>[7]</sup> destacou uma interferência cruzada dos gases NO e dióxido de nitrogênio (NO<sub>2</sub>) no sensor de ozônio (O<sub>3</sub>) OX-B421 da empresa Alphasense. Os autores mitigaram o problema com um processo similar ao destacado em <sup>[6]</sup>, em conjunto com a manipulação dos sinais conduzidos nos eletrodos do sensor. Destacou-se uma forte correlação entre os dados obtidos e a variação abrupta da umidade relativa do ar (~20%/min). Testes mostraram que os sensores levaram até 40 minutos para estabilizar após serem submetidos a essas condições.

Desenvolveu-se em <sup>[8]</sup>, um secador de baixo custo integrado ao equipamento de medição, com o objetivo de diminuir a umidade relativa do ar e manter a temperatura constante dentro da câmara onde os sensores estavam localizados. Os autores observaram os dados produzidos antes e depois da instalação do secador no equipamento. Notou-se uma correlação maior entre os dados produzidos pelo sensor e pelos instrumentos de referência após o acoplamento do dispositivo desenvolvido.

### 3 Solução proposta

Os experimentos deste trabalho aplicam-se ao monitor de poluentes de baixo custo disponibilizado pelo Laboratório de

Controle da Qualidade do Ar (LCQAr) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

Inicialmente, o *hardware* do sistema foi estudado e pontos de melhoria no *layout* das placas de circuito impresso foram levantados. Uma nova placa matriz foi projetada para comportar os componentes, utilizando a versão estudantil do *software* Altium. A posição dos componentes, trilhas e conexões foram reestruturadas para otimizar o espaço útil da placa e diminuir a quantidade de fios e *jumpers*. O projeto desta placa está em estado de revisão. Espera-se que essas modificações reduzam o custo de fabricação da placa e garantam a geração de dados mais estáveis por parte dos sensores, uma vez que estes estarão menos suscetíveis aos ruídos do próprio sistema de medição.

Com a revisão sistemática da literatura, identificou-se também o fluxo de execução dos experimentos que avaliam a robustez dos sistemas de medição e a linearidade dos sensores eletroquímicos. Definiram-se assim, as etapas que este projeto pretende seguir, considerando a proposta de medição em campo.

Primeiramente, os poluentes serão monitorados pelo equipamento do LCQAr e por outros sensores calibrados de referência. Eles serão configurados para monitorar a presença dos poluentes atmosféricos em diferentes condições climáticas.

Em seguida, os dados obtidos pelo sistema de medição serão confrontados com os disponibilizados pelos sensores de referência. O *firmware* desenvolvido também será estudado para avaliar possíveis melhorias na parte final do projeto.

Por fim, as soluções pontuadas na revisão da literatura e as mapeadas nos testes poderão ser adaptadas ao equipamento do LCQAr. Neste contexto, espera-se validar possíveis técnicas de correção ou calibração em nível de *hardware* ou *firmware*, aplicáveis em monitores de poluentes de baixo custo.

### 4 Considerações finais

Este projeto procura investigar o comportamento de monitores de poluentes de baixo custo de acordo com a variação da temperatura e da umidade relativa do ar. Apesar das limitações e instabilidades dos sensores eletroquímicos, estes equipamentos devem ser capazes de produzir dados coerentes e confiáveis, de modo a garantir a eficiência dos processamentos em *software*.

A escalabilidade dos monitores de poluentes está fortemente relacionada aos custos de fabricação e implantação. Sendo assim, é essencial para a validação deste trabalho que os aprimoramentos na robustez e na qualidade das informações providas por estes sistemas não comprometam estes atributos.

<sup>1</sup> <https://drive.google.com/drive/folders/17E1h3Wqqt1TAc8Y3xVIH1ca64c0afmqF?usp=sharing>

**AGRADECIMENTOS**

Agradecemos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) projeto 139/11 e à Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação de Santa Catarina (FAPESC) projeto 2018TR499.

**REFERÊNCIAS**

- [1] SNYDER, E. G. et al. The changing paradigm of air pollution monitoring. *Environmental Science & Technology*, v. 47, n. 20, p. 11369–11377, 2013. PMID: 23980922.
- [2] R. Laura and R. Néstor, "Evaluation of the performance of low-cost sensors as a complement to the Bogotá Air Quality Monitoring Network,". *Congreso Colombiano y Conferencia Internacional de Calidad de Aire y Salud Pública (CASP)*, 2019, pp. 1-5, doi: 10.1109/CASAP48673.2019.9364031.
- [3] Liu, M. et al. (2019). Using low-cost sensors to monitor indoor, outdoor, and personal ozone concentrations in Beijing, China. *Environmental Science: Processes & Impacts*. 22. 10.1039/C9EM00377K.
- [4] Tian, B. et al., "Environment-Adaptive Calibration System for Outdoor Low-Cost Electrochemical Gas Sensors," in *IEEE Access*, vol. 7, pp. 62592-62605, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2916826.
- [5] BARON, R.; SAFFELL, J. Amperometric gas sensors as a low cost emerging technology platform for air quality monitoring applications: A review. *ACS Sensors*, v. 2, n. 11, p. 1553–1566, 2017. PMID: 29025261.
- [6] Mead, I. et al (2013). The use of electrochemical sensors for monitoring urban air quality in low-cost, high-density networks.
- [7] Pang, X. et al (2017). Electrochemical ozone sensors: A miniaturized alternative for ozone measurements in laboratory experiments and air-quality monitoring. *Sensors and actuators. B, Chemical*, 240(C), 829–837.
- [8] Samad A. et al. Effect of Relative Humidity and Air Temperature on the Results Obtained from Low-Cost Gas Sensors for Ambient Air Quality Measurements. *Sensors (Basel)*. 2020 Sep 10;20(18):5175. doi: 10.3390/s20185175. PMID: 32927863; PMCID: PMC7570748.