



ESTUDO DA POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA REFERENTE AO DIÓXIDO DE NITROGÊNIO (NO₂) NA CIDADE DE ITAJAÍ-SC

AUTORES

Cássio Aurélio Suski, Betina Giusti Boff, Bruna Bolda Jasper, Matheus Quintino da Silva, Ana Júlia Prudencio Barboza, Eduardo Gabriel Dias Vinagre, Cássio Aurélio Suski, Roddy Alexander Romero Antayhua, Sergio Augusto Bitencourt Petrovic.

RESUMO

O projeto analisou a poluição atmosférica por Dióxido de Nitrogênio (NO₂) em Itajaí-SC entre 2008 e 2024, com base nas diretrizes da OMS. Foram utilizados dados do satélite Aura/OMI e desenvolvida uma estação de monitoramento de baixo custo com sensor NO₂-B43F e ESP32. Os resultados mostram maiores concentrações no inverno e tendência de leve redução ao longo dos anos, indicando influência climática e avanços tecnológicos.

PALAVRAS-CHAVE

Dióxido de Nitrogênio (NO₂), poluição atmosférica, monitoramento ambiental, Itajaí-SC, sensores de baixo custo.

GRANDE ÁREA

CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA (10000003)

ÁREA

GEOCIÊNCIAS (10700005)

INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

O Dióxido de Nitrogênio (NO₂) é um dos principais poluentes atmosféricos relacionados às atividades humanas, sendo formado principalmente pela queima de combustíveis fósseis e biomassa. Sua presença no ar está associada a diversos impactos negativos, como o agravamento de doenças respiratórias e a formação de poluentes secundários, incluindo o ozônio troposférico. A cidade de Itajaí-SC, por apresentar intensa atividade

portuária, tráfego urbano e industrialização crescente, tem se destacado entre os municípios catarinenses com maiores concentrações de NO_2 , conforme estudos recentes. Nesse contexto, torna-se essencial compreender a distribuição temporal e espacial desse poluente, identificando tendências, padrões sazonais e possíveis fatores que influenciam suas

variações.

O presente projeto teve como objetivo principal analisar a poluição atmosférica referente ao Dióxido de Nitrogênio (NO_2) na cidade de Itajaí-SC, com base nas Diretrizes Globais da Qualidade do Ar da Organização Mundial da Saúde (OMS, 2021). Buscou-se avaliar a tendência de concentração do NO_2 entre 2008 e 2024 por meio de dados do satélite Aura/OMI, desenvolver e implementar uma estação de monitoramento ambiental de baixo custo utilizando o sensor eletroquímico NO_2 -B43F e investigar a sazonalidade do poluente, identificando os períodos do ano com maiores concentrações e possíveis causas meteorológicas e antrópicas associadas.

METODOLOGIA

A pesquisa foi desenvolvida em duas etapas principais: análise de dados de sensoriamento remoto e desenvolvimento de um protótipo de estação de monitoramento de baixo custo. Na primeira etapa, foram utilizados dados do sensor OMI (Ozone Monitoring Instrument), a bordo do satélite Aura da NASA, que mede a coluna troposférica de dióxido de nitrogênio (NO_2). As informações foram obtidas na plataforma GIOVANNI/NASA, abrangendo o período de 2008 a 2024, e referem-se à área geográfica correspondente à cidade de Itajaí-SC. Os dados foram organizados e processados por meio de scripts em linguagem Python, com o objetivo de gerar gráficos, mapas e séries temporais que permitissem observar a variação sazonal e anual do poluente. Na segunda etapa, foi construída uma estação de monitoramento ambiental de baixo custo, equipada com o sensor eletroquímico NO_2 -B43F, o microcontrolador ESP32 e o conversor analógico-digital ADS1115. O conjunto foi instalado em uma caixa com proteção IP65, garantindo resistência à chuva e poeira. A transmissão dos dados ocorreu por meio da rede LoRaWAN, integrando-se ao gateway do IFSC Itajaí e à plataforma Tagolo para visualização em tempo real. Essa etapa contou com a colaboração de estudantes do curso de Engenharia Elétrica, promovendo aprendizado prático e interdisciplinar entre os participantes.

RESULTADOS

Os resultados obtidos durante o desenvolvimento do projeto permitiram compreender o comportamento do dióxido de nitrogênio (NO_2) na atmosfera de Itajaí-SC entre 2008 e 2024. A análise da série temporal gerada com dados do sensor OMI, do satélite Aura/NASA, mostrou que as concentrações do poluente apresentaram variações sazonais bem definidas, com valores mais elevados durante o inverno (junho, julho e agosto) e menores no verão (dezembro, janeiro e fevereiro). Essa diferença é explicada por fatores meteorológicos, como inversões térmicas, menor dispersão atmosférica e redução da altura da camada limite no inverno, além da presença de queimadas que intensificam a concentração do poluente transportado por ventos vindos do norte. No verão, a maior radiação solar e as chuvas frequentes favorecem a dispersão e a remoção do NO_2 da atmosfera.

A tendência geral ao longo dos 17 anos analisados indica uma leve redução das médias anuais de NO_2 , possivelmente associada à modernização tecnológica dos veículos, ao uso de combustíveis mais limpos e ao fortalecimento de políticas ambientais. Apesar

disso, ainda foram observados picos isolados, provavelmente relacionados a eventos de queimadas ou períodos de maior tráfego urbano. Na etapa experimental, foi desenvolvido com sucesso um protótipo funcional de estação de monitoramento de baixo custo, utilizando o sensor eletroquímico NO₂-B43F, o microcontrolador ESP32 e o conversor ADS1115. O sistema realizou a transmissão dos dados via rede LoRaWAN e a visualização em tempo real na plataforma TagIO, demonstrando viabilidade técnica e potencial de replicação. A construção contou com o apoio de estudantes do curso de Engenharia Elétrica, promovendo integração entre pesquisa e ensino. De forma geral, os resultados alcançados confirmam o padrão sazonal da concentração de NO₂ e validam o uso de tecnologias acessíveis para o monitoramento ambiental, contribuindo para o acompanhamento da qualidade do ar em Itajaí e para a formação acadêmica

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O projeto atingiu seus principais objetivos, permitindo uma análise detalhada da poluição atmosférica por dióxido de nitrogênio (NO₂) na cidade de Itajaí-SC. A avaliação das séries temporais entre 2008 e 2024 revelou um padrão sazonal bem definido, com maiores concentrações no inverno e tendência de leve redução ao longo dos anos, possivelmente relacionada a melhorias tecnológicas e políticas ambientais. O desenvolvimento da estação de monitoramento de baixo custo demonstrou viabilidade técnica e potencial para ampliar a rede de coleta de dados locais, oferecendo uma alternativa acessível para o acompanhamento da qualidade do ar. Além dos resultados científicos, o projeto contribuiu significativamente para a formação acadêmica dos estudantes, estimulando o aprendizado prático, o uso de tecnologias emergentes e a integração entre pesquisa, inovação e sustentabilidade ambiental.

LINK DO VÍDEO

https://www.youtube.com/watch?v=v36ex-Y_QyI

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ali, Sharafat et al. Low cost sensor with IoT LoRaWAN connectivity and machine learning-based calibration for air pollution monitoring. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, v. 70, p. 1-11, 2020.
- Balogun, A. L., Tella, A., Baloo, L., & Adebisi, N. (2021). A review of the inter#correlation of climate change, air pollution and urban sustainability using novel machine learning algorithms and spatial information science. *Urban Climate*, 40. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2021.100989>.
- Boubel, R. W., Fox, D. L., Turner, D. B., & Stern, A. C. (1994). *Fundamentals of Air Pollution* (3 ed.). Academic Press.
- Carslaw, K. S. (2022). *Aerosols and Climate* (1 ed.). Elsevier.
- CETESB (2022). Sistema QUALAR. <https://cetesb.sp.gov.br/ar/qualar/>. Acesso em <27/09/2024>
- Fuller, R., Landrigan, P. J., Balakrishnan, K., Bathan, G., Bose-O'Reilly, S., Brauer,

M., Caravanos, J., Chiles, T., Cohen, A., Corra, L., Cropper, M., Ferraro, G., Hanna, J., Hanrahan, D., Hu, H., Hunter, D., Janata, G., Kupka, R., Lanphear, B., Lichtveld, M., Martin, K., Mustapha, A., Sanchez-Triana, E., Sandilya, K., Schaeffli, L., Shaw, J., Seddon, J., Suk, W., Téllez-Rojo, M. M., & Yan, C. (2022). Pollution and health: a progress update. *Lancet Planet Health*. <https://doi.org/10.1016/S2542-5196>.

Ghosh, Sushmita et al. Local reference-free in-field calibration of low-cost air pollution monitoring sensors. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, v. 71, p. 1-13, 2022.

Hanada, A. P. M. A poluição atmosférica em Santa Catarina: estudo de 2008 a 2022. Dissertação de Mestrado. IFSC. 2024.

IBGE (2022). Censo Brasileiro de 2022.

IEMA (2022). Plataforma da Qualidade do Ar. Technical report. <<http://energiaeambiente.org.br/qualidadedoar>>. Acesso em <27/09/2024>.

Khomenko, S., Cirach, M., Pereira-Barboza, E., Mueller, N., Barrera-Gómez, J., RojasRueda, D., de Hoogh, K., Hoek, G., & Nieuwenhuijsen, M. (2021). Health impacts of the new WHO air quality guidelines in European cities. *The Lancet Planetary Health*, 5(11), e764. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(21\)00288-6](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S2542-5196(21)00288-6)

Lazaridis, M. (2011). *First Principles of Meteorology and Air Pollution*, volume 19. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-0162-5>.

Lenzi, E. & Favero, L. O. B. (2011). *Química da Atmosfera* (1 ed.). LTC.

Mayer, H. (1999). Air pollution in cities. *Atmospheric Environment*, 33, 4029–4037. [https://doi.org/10.1016/S1352-2310\(99\)00144-2](https://doi.org/10.1016/S1352-2310(99)00144-2).

Oliveira, R. (2022). Sistema de Detecção de Frentes Frias associadas a eventos meteorológicos de médio e alto impacto no Centro Sul da América do Sul. Dissertação de Mestrado - Instituto Federal de Santa Catarina.

Pérez Velasco, R. & Jarosinska, D. (2022). Update of the WHO global air quality guidelines: Systematic reviews – An introduction. *Environment International*, 170, 107556. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envint.2022.107556>.

Ryu, Heejeong et al. Electrochemical sensors for nitrogen species: A review. *Sensors and Actuators Reports*, v. 2, n. 1, p. 100022, 2020.

Seinfeld, J. H. & Pandis, S. N. (2006). *Atmospheric chemistry and physics: from air pollution to climate change* (2 ed.). J. Wiley.

Simoni, W. F. D., Sant'Anna, A., Alencar, A., Pinheiro, B., Araújo, C., Vormittag, E., Wicher, H., Borges, K., Faria, M., de Fátima Andrade, M., Porto, P., Artaxo, P., Rocha, R., & Esturba, T. (2021). O Estado da Qualidade do Ar no Brasil. <https://www.wribrasil.org.br/publicacoes/o-estado-da-qualidade-do-ar-no-brasil>.

Tan, X., Han, L., Zhang, X., Zhou, W., Li, W., & Qian, Y. (2021). A review of current air

quality indexes and improvements under the multi-contaminant air pollution exposure. *Journal of Environmental Management*, 279. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111681>.
Theodore, L. (2008). *Air Pollution Control Equipment Calculations* (1 ed.). Wiley.
WHO (2021). *WHO Global Air Quality Guidelines - Update 2021*. WHO Regional Office for Europe (2021).
Yin, Z., Zhang, L., Roradeh, H., Baaghideh, M., Yang, Z., Hu, K., Liu, L., Zhang, Y., Mayvaneh, F., & Zhang, Y. (2022). Reduction in daily ambient PM_{2.5} pollution and potential life gain by attaining WHO air quality guidelines in Tehran. *Environmental Research*, 209, 112787. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.112787>

AGRADECIMENTOS

A equipe do projeto agradece ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina – IFSC, pelo apoio recebido, viabilizando a execução das atividades do projeto de pesquisa.