

## **DISTRIBUIÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DA CONCENTRAÇÃO DE MATERIAL PARTICULADO 2.5 $\mu$ m NO BRASIL UTILIZANDO DADOS DE SENSORIAMENTO**

### **REMOTO**

Júlia Sousa Gayotto

#### **1. INTRODUÇÃO**

A poluição atmosférica representa um dos principais desafios ambientais e de saúde pública, estando associada a impactos significativos na qualidade de vida e no meio ambiente (XING, 2016). Por isso, realizar o monitoramento da qualidade do ar trata-se de algo de extrema relevância para formulação de políticas públicas, visto que por meio deste é possível subsidiar tomadas de decisões voltadas à mitigação de impactos, entre outras (World Health Organization, 2025).

A qualidade do ar é determinada com base na mensuração e análise de indicadores ambientais, como poluentes atmosféricos (CETESB, 2025). O material particulado 2.5 $\mu$ m (PM2.5), um desses principais indicadores, trata-se de uma mistura complexa de partículas sólidas e/ou líquidas suspensas no ar, presentes na forma de aerossóis, fumaça, poeira, entre outros. Essas partículas possuem diâmetro aerodinâmico igual ou inferior a 2,5 micrômetros ( $\mu$ m) e são originadas por fontes como incêndios florestais, reações químicas naturais na atmosfera, erupções vulcânicas, queima de combustíveis fósseis, biomassa, emissões veiculares e industriais, reações químicas secundárias que as geram a partir de certos gases, entre outros (CETESB, 2025; World Health Organization, 2021).

Com o avanço do sensoriamento remoto, tornou-se possível estimar a concentração de poluentes em grandes áreas, mesmo na ausência de estações de monitoramento (VAN DONKELAAR, 2010). Nesse contexto, realizar análises com esses dados torna-se um grande interesse de órgãos governamentais de saúde e meio ambiente (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2026), visto que torna possível análises e tomadas de decisões em escala nacional, não se limitando apenas a locais com estações.

#### **2. OBJETIVO E QUESTIONAMENTOS**

O objetivo deste estudo trata-se de analisar a distribuição espaço-temporal da concentração de PM2.5 no Brasil, identificando padrões regionais e sua evolução ao longo do tempo, a partir de dados de sensoriamento remoto. Com isso pretende-se ainda responder as seguintes perguntas:

- Como a concentração de material particulado 2.5 $\mu$ m varia espacialmente no Brasil?
- Como essa concentração evoluiu ao longo do tempo?
- Existem padrões sazonais na poluição atmosférica?
- Quais regiões apresentam maior variabilidade nos níveis de poluição?
- Como a população está distribuída em relação às áreas com diferentes níveis de poluição?

### **3. METODOLOGIA**

Para executar estas análises serão utilizados dados de concentração de PM2.5 da base de dados “CAMS global reanalysis (EAC4)”, provenientes do programa Copernicus (ECMWF, 2026). Também serão utilizados as bases cartográficas de unidades territoriais do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) para delimitação espacial, incluindo limites municipais, estaduais e biomas, e dados populacionais, permitindo avaliar assim a distribuição populacional em relação aos níveis de concentração de PM2.5.

Inicialmente, os dados raster de PM2.5 serão processados envolvendo etapas como leitura, organização, reprojeção e alinhamento espacial com as bases vetoriais. A agregação temporal será baseada no cálculo de médias mensais ao longo do período de estudo, possibilitando a construção de séries temporais e a investigação de tendências e variações sazonais. Já a agregação espacial será realizada utilizando unidades territoriais como suporte de análise, onde os valores de PM2.5 serão agregados por município por meio da média dos pixels que intersectam cada polígono.

Além da média, pretende-se também utilizar métricas adicionais como desvio padrão, valores máximos e percentis, para que seja possível avaliar também a variabilidade espacial e picos de concentrações. A utilização dessas outras métricas é feita justamente para suprir limitações associadas ao uso exclusivo da média em áreas de maiores limites territoriais, como biomas e estados.

Vale ressaltar, como uma das limitações deste estudo, a resolução espacial dos dados, onde com uma resolução aproximada de 75 km, os resultados obtidos devem ser interpretados como representações de padrões regionais. A agregação a nível de município deve ser considerada como uma estratégia de organização dos dados. Essa abordagem é adotada considerando que muitas decisões de saúde são tomadas nessa escala administrativa. No entanto, por utilizar a média dos pixels que intersectam cada polígono, os valores podem ser influenciados por valores de municípios vizinhos. Esse efeito também acontece nos outros tipos de agregações, porém como apresentam maior extensão territorial o efeito tende a ser reduzido. Assim, destaca-se que as conclusões das análises em nível municipal serão baseadas em regiões que englobam múltiplos municípios.

De forma complementar, busca-se realizar uma análise da exposição populacional, relacionando os níveis de concentração de PM2.5 com a quantidade de população exposta. Essa análise permitirá a interpretação dos resultados sob perspectiva de saúde pública.

Para permitir essas comparações entre diferentes períodos e regiões serão elaborados mapas temáticos como mapas raster das médias mensais, mapas das médias mensais de PM2.5 agregadas por unidades territoriais, mapas de variabilidade entre outros.

### **4. RESULTADOS ESPERADOS**

Como resultado, espera-se identificar, por meio dos mapas elaborados, os padrões espaciais, evoluções temporais e a existência de possíveis sazonalidades da concentração de PM2.5. Aguarda-se também, a caracterização da variabilidade espacial nas regiões e avaliação da exposição da população a diferentes níveis de poluição.

### **5. CONCLUSÕES PRÉVIAS**

Este trabalho propõe integrar os conhecimentos adquiridos na disciplina de Geoinformática e outras técnicas de geoprocessamento e para analisar a poluição atmosférica de PM 2.5 ao longo de todo o

território brasileiro. A abordagem considera as limitações dos dados e priorizará interpretações em escalas regionais para realizar as análises almeçadas.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

XING, Y.-F. et al. **The impact of PM2.5 on the human respiratory system.** Journal of Thoracic Disease, v. 8, n. 1, p. 69–74, 2016.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Air quality monitoring for enhanced understanding of health impacts and beyond.** Geneva: World Health Organization; 2025 (Air Quality, Energy and Health, Science and Policy Summaries).

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **WHO global air quality guidelines.** Particulate matter (PM2.5 and PM10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. Geneva: World Health Organization; 2021.

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Relatório de metodologia para avaliação da qualidade do ar.** 1. ed. São Paulo: CETESB, 2025. Disponível em: <<https://www.cetesb.sp.gov.br/dx/api/dam/v1/collections/186909e9-ab59-4641-abba-c5c465793216/items/3adb602d-77ec-4de5-b378-5fa141e80614/renditions/5a0e5f05-41aa-4e9c-9b00-69165ab36963?binary=true>>. Acesso em: 02 abr. 2026.

VAN DONKELAAR, A. et al. **Global estimates of ambient fine particulate matter concentrations from satellite-based aerosol optical depth: development and application.** Environmental Health Perspectives, v. 118, n. 6, p. 847-855, 2010.

Ministério da Saúde. **Vigilância em Saúde de Populações Expostas a Poluentes Atmosféricos (Vigiar).** Disponível em: <<https://www.gov.br/saude/pt-br/composicao/svsa/saude-ambiental/vigiar>>. Acesso em: 21 abr. 2026.

ECMWF. **CAMS global reanalysis (EAC4).** Disponível em: <<https://ads.atmosphere.copernicus.eu/datasets/cams-global-reanalysis-eac4?tab=documentation>>. Acesso em: 19 abr. 2026.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRÁFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Produtos.** Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias/todos-os-produtos-geociencias.html>>. Acesso em: 20 abr. 2026.