

CRESCIMENTO DA FROTA VEICULAR E QUALIDADE DO AR: UMA ANÁLISE SOCIOAMBIENTAL EM SÃO JOSÉ DOS CAMPOS, SP

ODS 3, ODS 11, ODS 13 e ODS 15

Cristiane Serpa Quilici (Universidade de Taubaté)
Willian José Ferreira (Universidade de Taubaté)

Introdução

O avanço acelerado da urbanização e a intensificação das atividades humanas têm imposto pressões sobre a qualidade do ar em escala global (Seinfeld; Pandis, 2016). Entre os efeitos mais recorrentes, destacam-se as emissões de poluentes primários, como óxidos de nitrogênio (NO_x) e material particulado inalável (PM₁₀). De acordo com a Organização Mundial da Saúde, “a exposição a tais poluentes ultrapassa limites seguros em grande parte das áreas urbanas do planeta” (WHO, 2021, p. 14), configurando um dos maiores desafios ambientais contemporâneos.

Sob condições de intensa radiação solar e na presença de compostos orgânicos voláteis (COVs), esses elementos desencadeiam a formação de poluentes secundários, em especial o ozônio troposférico (O₃) (Jacob, 1999). Pesquisas recentes demonstram que densidade populacional elevada, crescimento da frota veicular e variabilidade meteorológica atuam como fatores catalisadores desse processo (Andrade et al., 2012; CETESB, 2022; 2023), ampliando episódios críticos de poluição atmosférica e seus impactos sobre a saúde.

No contexto brasileiro, há evidências consistentes da correlação entre níveis elevados de poluição e aumento de internações por doenças respiratórias. Este estudo toma como referência a realidade de São José dos Campos (SP), município que, entre 2015 e 2025, vivenciou rápido crescimento urbano e diversificação da frota veicular. A pesquisa analisa a relação entre mobilidade urbana e variação das concentrações de O₃, PM₁₀ e NO_x, a partir de dados públicos de qualidade do ar, registros veiculares, informações meteorológicas e censitárias. O propósito central consiste em identificar áreas críticas de poluição e propor medidas de mitigação, como gestão de tráfego e arborização em pontos estratégicos, em consonância com recomendações de políticas voltadas à saúde ambiental (WHO, 2021).

Revisão da Literatura

A poluição atmosférica urbana figura entre os maiores desafios ambientais, pela química complexa que articula emissões primárias e formação secundária (Seinfeld; Pandis, 2016). O PM_{10} e os NO_x compõem o núcleo dos poluentes primários, enquanto O_3 troposférico emerge de reações fotoquímicas entre NO_x e COVs sob radiação intensa (JACOB, 1999). Fatores como densidade populacional, incremento da mobilidade e condições meteorológicas específicas intensificam episódios críticos de O_3 e particulados.

A frota veicular exerce papel central nas emissões urbanas, onde composição tecnológica, combustíveis e padrões de dirigibilidade modulam fluxos de NO_x , PM_{10} e precursores de ozônio (Andrade et al., 2012). Corredores de tráfego intenso elevam concentrações próximas às vias, somando fontes difusas como abrasão de freios e pneus (CETESB, 2023). O uso de etanol tende a reduzir certos poluentes, embora persistam incertezas sobre seus efeitos na formação de O_3 sob diferentes regimes fotoquímicos e meteorológicos (Andrade et al., 2012).

A morfologia urbana condiciona dispersão e acúmulo de contaminantes: densidade construtiva, altura de edifícios e conectividade viária redefinem padrões de ventilação e escoamento atmosférico (Seinfeld; Pandis, 2016). Impermeabilização e supressão vegetal intensificam ilhas de calor, favorecendo estagnação e picos locais de poluição em setores densamente urbanizados (CETESB, 2023). Em contextos de expansão recente, alterações no microclima urbano amplificam a persistência de plumas e elevam a exposição populacional (Andrade et al., 2012).

Monitoramento e modelagem espaço-temporal viabilizam diagnósticos granulares e cartografias de risco. Nesse contexto, redes de referência, amostradores passivos e sensores validados sustentam séries comparáveis entre estações e recortes territoriais (WHO, 2021). Em São José dos Campos, na Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte de São Paulo, dados da CETESB registram padrões sazonais e interanuais de PM_{10} , NO_x e O_3 , com contrastes entre períodos seco e chuvoso e entre dias úteis e fins de semana; a configuração de corredores viários e a arborização urbana influenciam diretamente essas distribuições (CETESB, 2023).

Método

A pesquisa caracteriza-se como aplicada, quantitativa e observacional, com enfoque espaço-temporal sobre a relação entre crescimento urbano, frota veicular e qualidade do ar em São José dos Campos (2015–2025). O desenho integra variáveis ambientais e socioeconômicas para apreender mecanismos de formação e dispersão de poluentes à luz da química atmosférica (Seinfeld; Pandis, 2016) e da fotoquímica do O₃ na presença de NO_x e COVs sob radiação intensa (Jacob, 1999).

A base empírica reúne séries de PM₁₀, NO_x e O₃ de estações oficiais e diretrizes de qualidade do ar (CETESB, 2022; WHO, 2021), registros da frota por categoria e combustível (CETESB, 2023) e camadas de uso e cobertura do solo para cálculo do Índice de Expansão Urbana (IBGE, 2022). Variáveis meteorológicas, como vento, temperatura, umidade, precipitação e radiação, derivam de estações operacionais e, quando pertinente, de reanálises para consistência temporal.

A análise inicia-se com exploração descritiva de sazonalidades, tendências e episódios de excedência em relação a limites de referência (WHO, 2021; CETESB, 2022; 2023). Em seguida, aplica-se modelo em painel com efeitos fixos para estimar associações entre poluentes e variáveis de mobilidade e uso do solo, com inferência robusta (Greene, 2012). A dimensão espacial incorpora Moran e mapas em SIG, identificando *hotspots* de poluição (CETESB, 2023).

Resultados Esperados

Espera-se a obtenção de séries temporais de PM₁₀, NO_x e O₃ para o período de 2015 a 2025, ajustadas por sazonalidade e dia da semana. Esse tratamento permitirá identificar padrões e variações críticas, elucidando a influência de ciclos sazonais e semanais sobre a concentração de poluentes em São José dos Campos.

O estudo também estimará os efeitos do Índice de Expansão Urbana (IEU) e do Índice de Motorização por Categoria (IMP) sobre os níveis de poluição, gerando coeficientes de regressão e intervalos de confiança (IC95%). Assim, será possível avaliar de forma robusta a contribuição do crescimento urbano e da frota veicular para a deterioração da qualidade do ar.

Com base nas observações, delinear-se-ão estratégias de mitigação voltadas à gestão de tráfego, arborização estratégica e adequações no desenho viário,

orientadas para reduzir impactos da poluição atmosférica e subsidiar políticas públicas de saúde ambiental e planejamento urbano sustentável.

Considerações Finais

O projeto busca avançar na compreensão das relações entre crescimento urbano, expansão da frota veicular e concentrações de O₃, PM₁₀ e NO_x em cidades de médio porte, tendo São José dos Campos como referência. A integração de variáveis socioambientais, meteorológicas e de uso do solo permitirá análises aprofundadas sobre a dinâmica desses poluentes, subsidiando políticas públicas voltadas à mitigação de seus impactos na saúde e no ambiente. Com abordagem longitudinal (2015–2025), pretende-se captar tendências de longo prazo e orientar estratégias que conciliem desenvolvimento urbano e sustentabilidade, reduzindo riscos à saúde coletiva e fortalecendo práticas de ordenamento urbano ambientalmente responsáveis.

Referências

ANDRADE, Maria de Fatima; MIRANDA, Regina Maura de; FORNARO, Adalgiza; Kerr, Americo; OYAMA, Beatriz; ANDRE, Paulo Afonso de; SALDIVA, Paulo. Vehicle emissions and PM_{2.5} mass concentrations in six Brazilian cities. **Air Quality, Atmosphere & Health**, v. 5, n. 1, p. 79-88, 2012.

CETESB – COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Qualidade do ar no Estado de São Paulo: relatório anual 2022**. São Paulo: CETESB, 2023.

CETESB – COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Qualidade do ar no Estado de São Paulo: relatório anual 2023**. São Paulo: CETESB, 2024.

GREENE, W. H. **Econometric Analysis**. 7. ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2012.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cobertura e uso da terra no Brasil 2022**. Rio de Janeiro: IBGE, 2022.

JACOB, D. J. **Introduction to Atmospheric Chemistry**. Princeton, NJ: Princeton University Press, 1999.

SEINFELD, J. H.; PANDIS, S. N. **Atmospheric Chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate Change**. 3. ed. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2016.

WHO – WORLD HEALTH ORGANIZATION. **WHO Global Air Quality Guidelines: Particulate Matter, Ozone, Nitrogen Dioxide, Sulfur Dioxide and Carbon Monoxide**. Geneva: World Health Organization, 2021.