

**ANÁLISE DA QUALIDADE DO AR EM PRESIDENTE PRUDENTE: Ozônio,
Material Particulado MP10 e MP2.5 em 2025**

**AIR QUALITY ANALYSIS IN PRESIDENTE PRUDENTE: Ozone, Particulate Matter
PM10, and PM2.5 in 2025**

Heitor Dias Sanches

Melina P. Garcia

Resumo

Este trabalho analisa a qualidade do ar em Presidente Prudente (SP) com dados horários da CETESB para 2025. Foram avaliados ozônio (O_3), material particulado inalável (MP10) e material particulado fino (MP2.5). O banco totaliza 8.036 registros de O_3 , 7.393 de MP10 e 7.189 de MP2.5, da estação de código 114. As concentrações médias anuais foram $52,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (O_3), $20,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (MP10) e $8,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (MP2.5). O ozônio atingiu pico em setembro, com padrão diário típico da síntese fotoquímica. Pelo PI-2 da Resolução CONAMA nº 506/2024, foram identificados 5 dias de excedência para MP10 e 1 para MP2.5. Esses episódios podem estar associados à queima de biomassa, a ser validada com dados do INPE. A correlação entre MP10 e MP2.5 foi forte ($r = 0,775$), sugerindo fontes comuns de emissão. Os resultados contribuem para o diagnóstico da qualidade do ar local.

Palavras-chave: qualidade do ar; ozônio troposférico; material particulado; CETESB; Presidente Prudente.

Abstract

This study analyzes air quality in Presidente Prudente (SP) using hourly data from CETESB for 2025. Three pollutants were evaluated: ozone (O_3), inhalable particulate matter (MP10), and fine particulate matter (MP2.5). The dataset comprises 8,036 records of O_3 , 7,393 of MP10, and 7,189 of MP2.5, collected from monitoring station code 114. Annual mean concentrations were $52.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (O_3), $20.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (MP10), and $8.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (MP2.5). Ozone peaked in September, with a daily pattern typical of photochemical synthesis. Based on the Intermediate Standard 2 (IS-2) of CONAMA Resolution No. 506/2024, 5 exceedance days were identified for MP10 and 1 for MP2.5. These episodes may be associated with biomass burning, a hypothesis to be validated with INPE hotspot data. The correlation between MP10 and MP2.5 was strong ($r = 0.775$), suggesting common emission sources. The results contribute to the local air quality diagnosis.

Keywords: air quality; tropospheric ozone; particulate matter; CETESB; Presidente Prudente.

1. INTRODUÇÃO

A poluição atmosférica é reconhecida mundialmente como um dos principais riscos à saúde pública, sendo responsável por milhões de mortes prematuras por ano segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS, 2021). Estimativas recentes indicam que a exposição à poluição do ar causa cerca de 7 milhões de mortes prematuras anualmente em todo o mundo (OMS, 2021; COHEN et al., 2017). No Brasil, o estado de São Paulo concentra a maior parte do monitoramento sistemático da qualidade do ar, realizado pela CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo) por meio de uma rede de estações automáticas distribuídas em diferentes municípios (CETESB, 2025).

Presidente Prudente, localizada no extremo oeste paulista, é o principal polo regional do interior do Pontal do Paranapanema (IBGE, 2025). Com população estimada em cerca de 230 mil habitantes (IBGE, 2025), o município apresenta dinâmica urbana e agroindustrial que pode contribuir para emissões atmosféricas de diferentes naturezas, incluindo veículos automotores, atividades industriais, queima de biomassa e fertilização do solo (CETESB, 2025; SOUZA et al., 2021).

Entre os poluentes de maior relevância para a saúde humana estão o ozônio troposférico (O_3), o material particulado com diâmetro aerodinâmico inferior a $10\ \mu m$ (MP10) e o material particulado fino, com diâmetro inferior a $2,5\ \mu m$ (MP2.5). Enquanto o MP10 e o MP2.5 são emitidos diretamente por fontes como queima de combustíveis e ressuspensão de poeira, o O_3 é um poluente secundário, formado na atmosfera por reações fotoquímicas entre óxidos de nitrogênio (NO_x) e compostos orgânicos voláteis (COVs) na presença de radiação ultravioleta (SEINFELD; PANDIS, 2016).

A exposição a esses poluentes está associada a doenças respiratórias, cardiovasculares e neurológicas, com efeitos agudos e crônicos que afetam especialmente crianças, idosos e populações com condições de saúde preexistentes (OMS, 2021). Diante desse cenário, o monitoramento contínuo e a análise estatística dos dados de qualidade do ar constituem ferramentas fundamentais para o diagnóstico ambiental e a formulação de políticas públicas (CETESB, 2025).

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Analisar as concentrações horárias de ozônio (O_3), material particulado inalável (MP10) e material particulado fino (MP2.5) em Presidente Prudente durante o ano de 2025, identificando padrões temporais e avaliando a conformidade com os padrões legais brasileiros.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Descrever estatisticamente as séries temporais de O_3 , MP10 e MP2.5 registradas pela estação CETESB em Presidente Prudente;
- Identificar o ciclo diário e a sazonalidade mensal de cada poluente;
- Verificar a ocorrência de excedências dos padrões de qualidade do ar estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 506/2024;
- Analisar as correlações entre os três poluentes;
- Discutir os possíveis fatores que influenciam as concentrações observadas no contexto local.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Ozônio Troposférico (O₃)

O ozônio é um gás altamente oxidante composto por três átomos de oxigênio. Na estratosfera, exerce papel protetor ao absorver a radiação ultravioleta. Na troposfera, entretanto, atua como poluente secundário prejudicial à saúde humana e aos ecossistemas (SEINFELD; PANDIS, 2016; FINLAYSON-PITTS; PITTS JR., 2000).

Sua formação se dá por reações fotoquímicas complexas que envolvem NO_x (NO e NO₂) e compostos orgânicos voláteis (COVs) na presença de luz solar:
 $\text{NO}_2 + h\nu \rightarrow \text{NO} + \text{O}^\bullet$ | $\text{O}^\bullet + \text{O}_2 \rightarrow \text{O}_3$ (FINLAYSON-PITTS; PITTS JR., 2000; SEINFELD; PANDIS, 2016).

Essas reações são favorecidas em dias quentes, ensolarados e com baixa velocidade do vento, o que explica os picos observados no período da tarde e nos meses de primavera-verão no interior paulista (SOUZA et al., 2021; CETESB, 2025).

A exposição ao O₃ está associada à irritação das vias aéreas, redução da função pulmonar, agravamento de asma e bronquite, além de efeitos cardiovasculares (OMS, 2021; JERRETT et al., 2009).

A OMS estabelece como diretriz uma concentração máxima de 100 µg/m³ em média de 8 horas (OMS, 2021). A Resolução CONAMA nº 506/2024 estabelece o Padrão Final (PF) de 100 µg/m³ e o Padrão Intermediário 2 (PI-2) de 130 µg/m³, sendo este último o utilizado como referência de curto prazo no presente estudo, uma vez que os dados analisados correspondem ao ano de 2025 (BRASIL, 2024).

2.2 Material Particulado (MP10 e MP2.5)

O material particulado atmosférico é uma mistura complexa de partículas sólidas e líquidas em suspensão no ar, com composição química variável dependendo das fontes de emissão (SEINFELD; PANDIS, 2016). O MP10 compreende partículas com diâmetro aerodinâmico de até 10 µm, enquanto o MP2.5 agrupa as frações mais finas (≤ 2,5 µm), também chamadas de partículas finas ou respiráveis.

As partículas grossas (entre 2,5 e 10 µm) originam-se principalmente de ressuspensão de poeira, erosão do solo e operações de construção (SEINFELD; PANDIS, 2016). Já as partículas finas (MP2.5) provêm predominantemente da queima de combustíveis fósseis, queimadas e de processos de condensação e reação química na atmosfera (FINLAYSON-PITTS; PITTS JR., 2000; SOUZA et al., 2021).

A fração fina é considerada mais nociva à saúde por sua capacidade de penetrar profundamente no sistema respiratório, atingindo os alvéolos pulmonares e podendo entrar na corrente sanguínea (OMS, 2021; POPE; DOCKERY, 2006). Estudos epidemiológicos associam a exposição crônica ao MP2.5 ao aumento da mortalidade por doenças cardiorrespiratórias, com evidências consistentes de relação dose-resposta mesmo em concentrações abaixo dos padrões legais vigentes (POPE; DOCKERY, 2006; COHEN et al., 2017).

Os padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 506/2024 para o Padrão Intermediário 2 (PI-2) são de 50 µg/m³ para MP10 (média de 24 horas) e 25 µg/m³ para MP2.5 (média de 24 horas) (BRASIL, 2024).

2.3 Monitoramento Atmosférico pela CETESB

A CETESB opera a maior rede de monitoramento automático da qualidade do ar da América do Sul (CETESB, 2025). As estações automáticas coletam dados em tempo real para diferentes poluentes com resolução horária, seguindo protocolos padronizados de amostragem e controle de qualidade (CETESB, 2025; BRASIL, 2024).

A estação 114, localizada em Presidente Prudente, é classificada como Tipo A e opera sob o sistema de Monitoramento CETESB, fornecendo dados de média móvel horária para os poluentes analisados neste estudo (CETESB, 2025). A unidade de medida utilizada é micrograma por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), padrão adotado pela legislação brasileira e internacionalmente reconhecido (BRASIL, 2024; OMS, 2021).

2.4 Legislação Brasileira de Qualidade do Ar

A principal norma vigente no Brasil é a Resolução CONAMA nº 506, de 2024, que adota padrões restritivos para os poluentes atmosféricos (BRASIL, 2024).

A norma mantém a abordagem gradual baseada em padrões intermediários (PI-1, PI-2, PI-3) até atingir os Padrões Finais (PF), que se alinham às diretrizes da OMS (BRASIL, 2024; OMS, 2021). Para dados referentes ao ano de 2025, os critérios de referência são os do Padrão Intermediário 2 (PI-2), apresentados na Tabela 1 a seguir

Tabela 1 – Padrões de qualidade do ar para os poluentes analisados (CONAMA 506/2024, PI-2).

Poluente	Padrão PI-2	Período de Média	Padrão Final (PF)
Ozônio (O_3)	130 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Máximo 8h	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
MP10	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	24 horas	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
MP2.5	25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	24 horas	10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Fonte: Resolução CONAMA nº 506/2024.

3. METODOLOGIA

3.1 Área de Estudo

O município de Presidente Prudente está localizado a aproximadamente 558 km da capital São Paulo, na mesorregião do Pontal do Paranapanema (latitude 22°07'S, longitude 51°23'W). O clima é predominantemente tropical com estação seca definida entre os meses de maio e setembro. A economia local é diversificada, com destaque para o comércio regional, serviços, agropecuária e agroindústria.

3.2 Fonte e Coleta de Dados

Os dados utilizados neste estudo foram obtidos da plataforma pública de monitoramento da CETESB (Sistema QUALAR/CETESB), referentes ao ano de 2025, para a estação automática de código 114 (Presidente Prudente). Foram baixados três arquivos no formato CSV, um para cada poluente: O_3 (ozônio), MP10 e MP2.5. Todos os registros são expressos em média móvel horária, em $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

3.3 Processamento e Análise de Dados

O processamento foi realizado integralmente em linguagem *Python* (versão 3.12), com uso das seguintes bibliotecas: *pandas*: manipulação e análise das séries temporais; *matplotlib* e *seaborn*: visualizações gráficas; *numpy*: cálculos numéricos e estatísticos.

As etapas de tratamento de dados incluíram: leitura dos arquivos CSV com codificação *latin-1* (padrão do sistema CETESB); conversão das colunas de data e hora em formato *datetime*; conversão da coluna de concentração para tipo numérico, com remoção de valores ausentes (*NaN*), mantendo apenas registros válidos no conjunto analisado; indexação temporal e ordenação cronológica. Não foi aplicado nenhum preenchimento ou interpolação de dados faltantes, de modo que todas as médias foram calculadas exclusivamente sobre registros válidos. Para o ozônio, a média móvel de 8 horas consecutivas foi calculada exigindo no mínimo 6 horas válidas no intervalo, conforme critério adotado pela CETESB.

As análises realizadas compreenderam: estatística descritiva (média, mediana, desvio padrão, mínimo e máximo); série temporal de médias diárias ao longo do ano; ciclo diário médio (média horária por hora do dia); distribuição mensal via *boxplots*; correlação entre os três poluentes (coeficiente de Pearson); contagem de dias com excedência dos padrões CONAMA PI-2.

3.4 Critérios de Excedência

Para o ozônio, calculou-se a média de 8 horas consecutivas e tomou-se o valor máximo diário, verificando excedência acima de $130 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (PI-2 da Resolução CONAMA nº 506/2024). Para MP10 e MP2.5, calculou-se a média das 24 horas do dia, com excedência definida acima de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$, respectivamente, conforme o mesmo PI-2.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Estatística Descritiva

A Tabela 2 apresenta as principais estatísticas descritivas para cada poluente ao longo do período analisado. O ozônio apresentou a maior variabilidade relativa, com desvio padrão de $19,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e concentrações que variaram de 1 a $129 \mu\text{g}/\text{m}^3$. O MP10 e o MP2.5, por sua vez, mantiveram concentrações médias bem abaixo dos respectivos padrões legais (PI-2 da Resolução CONAMA nº 506/2024), indicando, de forma geral, boa qualidade do ar para esse tipo de poluente no município ao longo do ano (BRASIL, 2024).

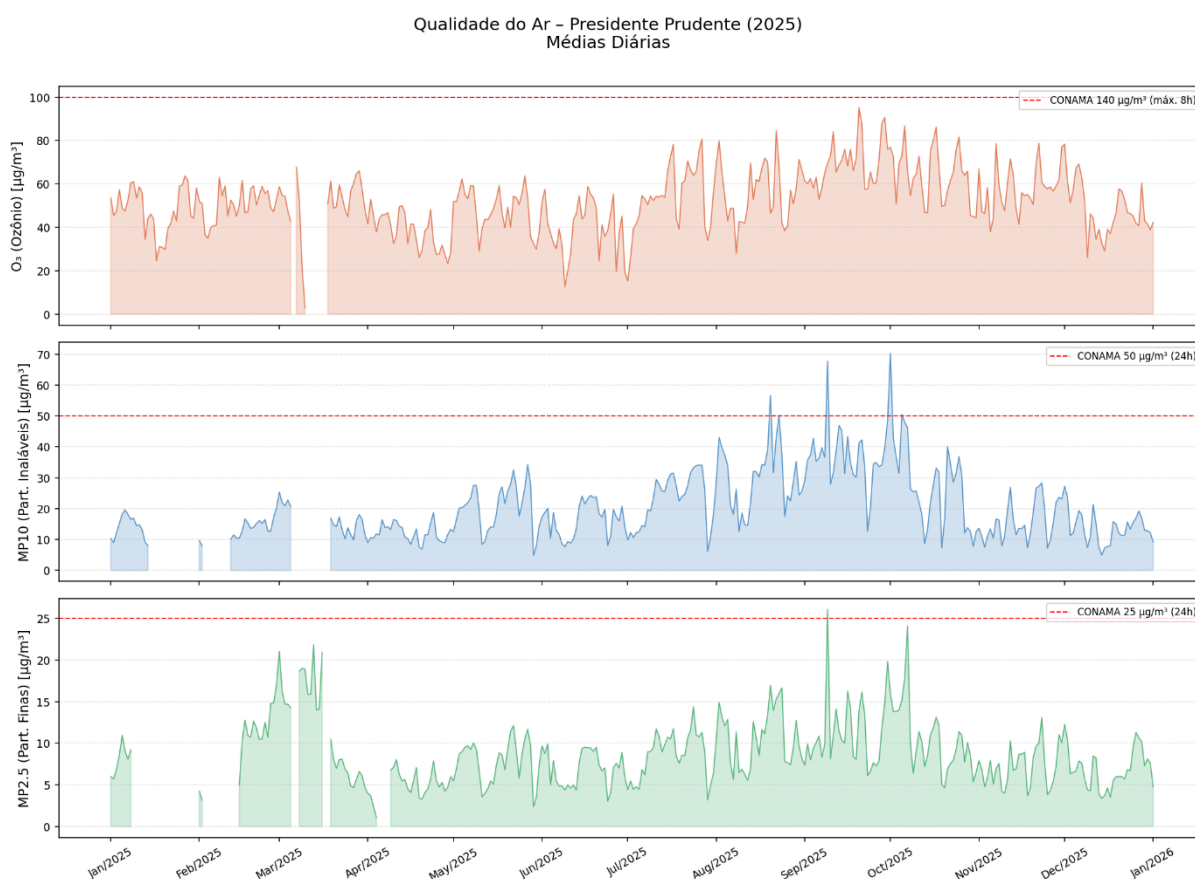
Tabela 2 – Estatística descritiva dos poluentes monitorados em Presidente Prudente, 2025.

Poluente	N	Média	Mediana	DP	Mín.	Máx.
O ₃ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	8.036	52,4	51,0	19,7	1,0	129
MP10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	7.393	20,7	18,0	11,2	2,0	80
MP2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	7.189	8,7	8,0	3,9	1,0	29

Fonte: Elaborada pelos autores.

4.2 Série Temporal e Sazonalidade

Figura 1 – Série temporal das médias diárias de O₃, MP10 e MP2.5 em Presidente Prudente, 2025. A linha tracejada vermelha indica o padrão CONAMA PI-2.



Fonte: Elaborada pelos autores.

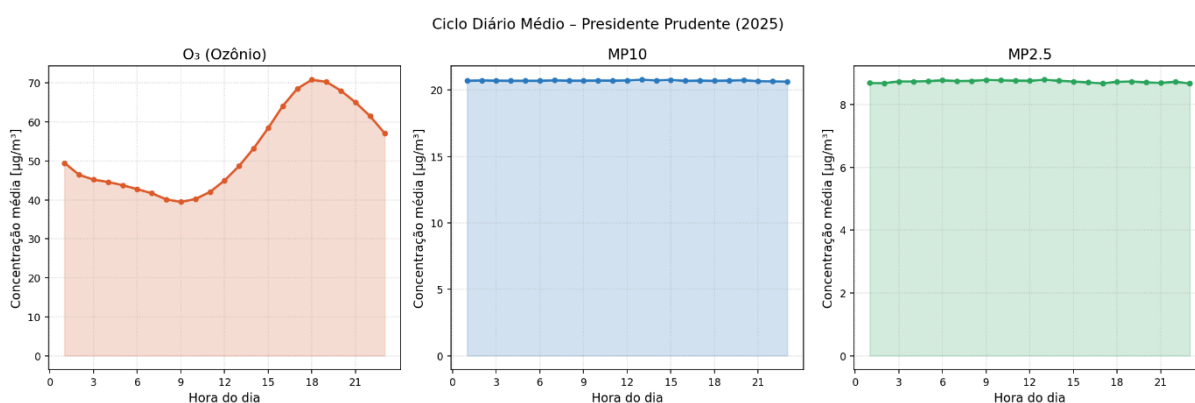
A Figura 1 exibe a evolução diária das concentrações ao longo de 2025. O ozônio apresentou padrão sazonal pronunciado, com pico em setembro e concentrações mais baixas nos meses de inverno. Esse comportamento é esperado para um poluente fotoquímico: temperaturas mais altas, maior incidência solar e menor umidade relativa do ar no período de primavera favorecem sua formação (FINLAYSON-PITTS; PITTS JR., 2000; SEINFELD; PANDIS, 2016).

O MP10 apresentou elevações pontuais ao longo do ano, com pico observado em setembro. Esse comportamento pode estar relacionado a períodos de estiagem que favorecem a ressuspensão de partículas (SEINFELD; PANDIS, 2016) e sugere influência de queimadas na região Centro-Oeste, cujo material particulado é compatível com transporte por ventos para o interior paulista (SOUZA et al., 2021; INPE, 2025).

Contudo, a confirmação dessa hipótese exigiria dados externos de focos de incêndio e condições meteorológicas. O MP2.5 seguiu padrão similar, porém com menor amplitude de variação.

4.3 Ciclo Diário

Figura 2 – Ciclo diário médio (concentração média por hora do dia) dos três poluentes. A faixa sombreada representa ± 1 desvio padrão.



Fonte: Elaborada pelos autores.

O ciclo diário do ozônio (Figura 2) é marcadamente fotoquímico: concentrações mínimas nas primeiras horas da manhã (quando o sol ainda não iniciou as reações de síntese) e pico à tarde, por volta das 18h, em razão do acúmulo fotoquímico progressivo ao longo do dia (FINLAYSON-PITTS; PITTS JR., 2000).

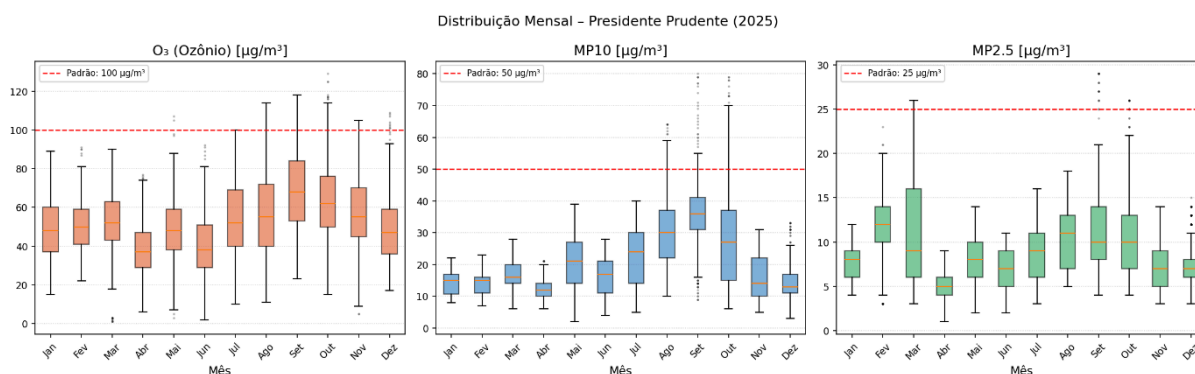
Vale ressaltar que, embora a radiação solar seja mais intensa no período entre 10h e 14h, o pico de O₃ ocorre mais tarde devido ao tempo necessário para que as reações entre precursores (NO_x e COVs) produzam concentrações significativas, além das condições locais de dispersão atmosférica que variam ao longo do dia (SEINFELD; PANDIS, 2016).

Esse padrão é amplamente documentado na literatura e foi claramente identificado nos dados de Presidente Prudente.

O MP10 e o MP2.5 apresentaram padrão diário diferente, com pico ao redor das 13h, o que pode estar associado à intensificação da atividade urbana e às condições de mistura atmosférica ao longo do dia (SOUZA et al., 2021). Valores ligeiramente mais baixos nas madrugadas e nas primeiras horas da manhã refletem a menor atividade antrópica nesses períodos.

4.4 Distribuição Mensal

Figura 3 – Boxplots das concentrações mensais de O₃, MP10 e MP2.5. A linha tracejada indica o padrão CONAMA PI-2.



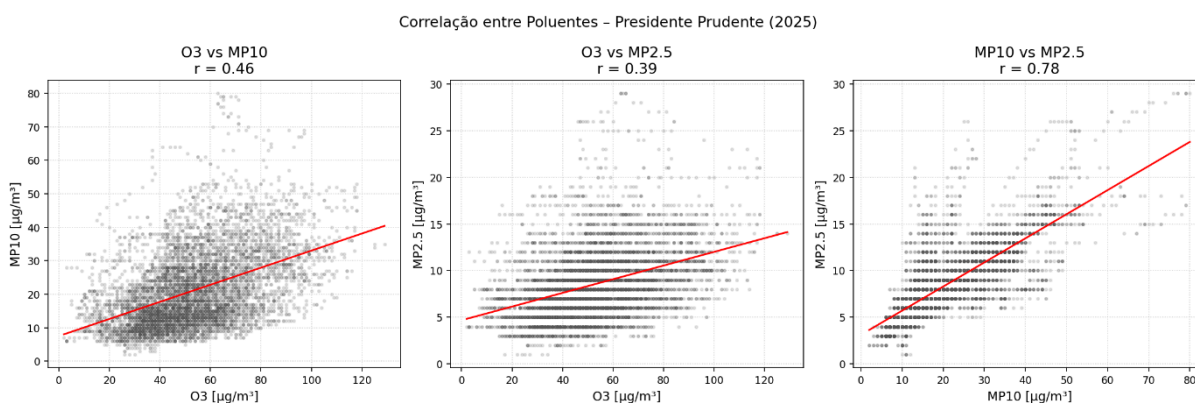
Fonte: Elaborada pelos autores.

Os boxplots mensais (Figura 3) revelam a variabilidade intra e intermensais de cada poluente. Para o ozônio, destaca-se a maior amplitude interquartil nos meses de primavera, confirmando a sazonalidade identificada na série temporal (SOUZA et al., 2021).

Os valores máximos de MP10 e MP2.5 sobressaem em alguns meses específicos, sugerindo episódios pontuais de poluição elevada, possivelmente compatíveis com eventos de queimadas ou outros fatores locais (CETESB, 2025; INPE, 2025).

4.5 Correlação entre Poluentes

Figura 4 – Diagramas de dispersão e linha de tendência para os pares de poluentes, com coeficiente de correlação de Pearson (r).



Fonte: Elaborada pelos autores.

A Figura 4 e a Tabela 3 apresentam as correlações entre os poluentes. A correlação mais forte foi observada entre MP10 e MP2.5 ($r = 0,775$), o que era esperado, pois as partículas finas são um subconjunto das partículas inaláveis e compartilham parcialmente as mesmas fontes de emissão (SEINFELD; PANDIS, 2016).

As correlações entre O_3 e os poluentes particulados foram moderadas ($r = 0,457$ para MP10 e $r = 0,394$ para MP2.5), sugerindo que, embora existam condições meteorológicas que favorecem simultaneamente todos os poluentes, os mecanismos de formação e emissão são distintos (FINLAYSON-PITTS; PITTS JR., 2000).

Tabela 3 – Correlações entre os poluentes monitorados.

Par de poluentes	r de Pearson	Interpretação
$O_3 \times MP10$	0,457	Moderada
$O_3 \times MP2.5$	0,394	Moderada
$MP10 \times MP2.5$	0,775	Forte

Fonte: Elaborada pelos autores.

4.6 Excedências dos Padrões de Qualidade do Ar

Com base nos critérios da Resolução CONAMA nº 506/2024 (PI-2), foram identificadas as seguintes excedências ao longo de 2025 em Presidente Prudente (Tabela 4).

Os resultados evidenciam que o ozônio, apesar de concentrações médias elevadas, não ultrapassou o padrão CONAMA PI-2 de $130 \mu\text{g}/\text{m}^3$ em nenhum dia do ano, embora tenha se aproximado do Padrão Final ($100 \mu\text{g}/\text{m}^3$) em vários momentos, o que representa risco potencial à saúde de grupos vulneráveis, como crianças, idosos e portadores de doenças respiratórias (OMS, 2021; JERRETT et al., 2009; BRASIL, 2024).

O MP10 pode ter excedido o padrão em até 5 dias e o MP2.5 em 1 dia; esses episódios são compatíveis com eventos pontuais de queima de biomassa ou condições meteorológicas adversas à dispersão (SOUZA et al., 2021; INPE, 2025), hipótese que requereria confirmação com dados externos de focos de calor e informações meteorológicas.

Tabela 4 – Número de dias com excedência dos padrões CONAMA PI-2 por poluente, 2025.

Poluente	Padrão CONAMA PI-2	Critério	Dias com excedência
O_3	$130 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Máx. média 8h	0
MP10	$50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Média 24h	5
MP2.5	$25 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Média 24h	1

Fonte: Elaborada pelos autores.

5. CONCLUSÃO

Este estudo analisou as concentrações horárias de ozônio (O_3), material particulado inalável (MP10) e material particulado fino (MP2.5) em Presidente Prudente ao longo de 2025, a partir de dados da estação automática da CETESB. Os principais resultados podem ser sintetizados da seguinte forma:

O ozônio apresentou concentração média de $52,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$, com forte sazonalidade, pico em setembro e ciclo diário fotoquímico característico, com máximo às 18h. Não foram registradas excedências do padrão CONAMA PI-2 ($130 \mu\text{g}/\text{m}^3$) estabelecido pela Resolução CONAMA nº 506/2024. O MP10 registrou concentração média de $20,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e até 5 dias com excedência do padrão de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, com pico em setembro, período compatível com a temporada de queimadas na região, embora essa relação não tenha sido confirmada com dados externos. O MP2.5 apresentou concentração média de $8,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e 1 dia com excedência do padrão de $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$, com forte correlação com o MP10 ($r = 0,775$).

De modo geral, os resultados indicam que as concentrações médias anuais se mantiveram dentro dos limites do PI-2 da Resolução CONAMA nº 506/2024, o que é um indicativo positivo para o diagnóstico ambiental local. Entretanto, os episódios pontuais de excedência identificados para MP10 e MP2.5, bem como as concentrações de ozônio próximas ao Padrão Final ($100 \mu\text{g}/\text{m}^3$), reforçam a necessidade de monitoramento contínuo. Ressalta-se que este estudo contribui para o diagnóstico da qualidade do ar em Presidente Prudente, mas não avalia diretamente efeitos sobre a saúde da população, tarefa que demandaria estudos epidemiológicos específicos.

Em termos de implicações para a saúde pública, recomenda-se atenção especial às concentrações de ozônio nos meses de primavera-verão, especialmente para grupos vulneráveis como crianças, idosos e portadores de doenças respiratórias. A manutenção do monitoramento contínuo pela CETESB é fundamental para a detecção precoce de eventos de poluição.

Como perspectivas futuras, sugere-se a ampliação da análise para incluir outros poluentes monitorados na estação (como CO , NO_2 e SO_2), a integração com dados meteorológicos (temperatura, vento, umidade) para análise de dispersão, e a comparação com outras estações do interior paulista.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 506, de 19 de novembro de 2024. Dispõe sobre padrões de qualidade do ar. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 21 nov. 2018. (Norma substituída pela Resolução CONAMA nº 506/2024.)

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Qualidade do ar no Estado de São Paulo. São Paulo: CETESB, 2025. Disponível em: <https://qualar.cetesb.sp.gov.br>. Acesso em: jan. 2025.

FINLAYSON-PITTS, B. J.; PITTS JR., J. N. Chemistry of the Upper and Lower Atmosphere: Theory, Experiments, and Applications. San Diego: Academic Press, 2000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Cidades: Presidente Prudente. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 2025.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). WHO Global Air Quality Guidelines: Particulate Matter (PM_{2.5} and PM₁₀), Ozone, Nitrogen Dioxide, Sulfur Dioxide and Carbon Monoxide. Geneva: WHO, 2021.

POPE, C. A.; DOCKERY, D. W. Health effects of fine particulate air pollution: lines that connect. *Journal of the Air & Waste Management Association*, v. 56, n. 6, p. 709–742, 2006.

SEINFELD, J. H.; PANDIS, S. N. *Atmospheric Chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate Change*. 3. ed. New York: Wiley, 2016.

SOUZA, P. A. et al. Análise da qualidade do ar no interior paulista: padrões sazonais e correlação com queimadas. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 36, n. 2, p. 245–258, 2021.

COHEN, A. J. et al. Estimates and 25-year trends of the global burden of disease attributable to ambient air pollution: an analysis of data from the Global Burden of Diseases Study 2015. *The Lancet*, v. 389, n. 10082, p. 1907–1918, 2017.

JERRETT, M. et al. Long-term ozone exposure and mortality. *New England Journal of Medicine*, v. 360, n. 11, p. 1085–1095, 2009.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). Programa de Monitoramento de Queimadas. Disponível em: <https://queimadas.dgi.inpe.br>. Acesso em: 2025.