

## Evolução das concentrações de PM10 no Estado do Rio de Janeiro entre 1998-2018.

Jorge Edson Lima da Silveira<sup>1</sup> (IC), Vanessa Silveira Barreto Carvalho (PQ)<sup>1</sup><sup>1</sup>Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI)**Palavras-chave:** Material particulado. Qualidade do ar. Poluição atmosférica. Tendência temporal. Conama 506/2024.**Introdução**

A poluição atmosférica está diretamente correlacionada à morbidade e mortalidade humana, ocasionando o agravamento e/ou desenvolvimento de doenças cardiovasculares e respiratórias (Braga et al., 2001). Os poluentes atmosféricos são provenientes fontes naturais, no caso de erupções vulcânicas, quanto de fontes antropogênicas, como as emissões associadas aos veículos e processos industriais (Dapper, Spohr e Zanini, 2016).

Nesse contexto, para mitigar os impactos causados pela poluição, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2024) estabelece padrões máximos da concentração de determinados poluentes. Dentre estes, destaca-se o material particulado com diâmetro inferior a 10  $\mu\text{m}$  (PM<sub>10</sub>). O PM<sub>10</sub> é composto por partículas e gases condensados suspensos no ar podendo facilmente ser inalados (Santos et al., 2016).

No estado do Rio de Janeiro, diversas estações de monitoramento de qualidade do ar monitoram diariamente as concentrações de material particulado nas estações semiautomáticas, uma vez a cada seis dias, e, de hora em hora, nas estações automáticas. Altas concentrações de material particulado são comumente registradas no estado, o que torna necessário estudar o comportamento temporal desse poluente (Santos et al., 2016).

Nesse contexto, o presente estudo tem como objetivo analisar a evolução e o comportamento das concentrações de PM<sub>10</sub> no estado do Rio de Janeiro ao longo do tempo, buscando compará-los com os padrões de qualidade do ar da resolução CONAMA 506/2024.

**Metodologia**

Foram utilizados dados de concentração de material particulado (PM<sub>10</sub>) provenientes da base de dados do Instituto Estadual do Ambiente (INEA), abrangendo o período de 1998 a 2018. As estações de monitoramento da qualidade do ar selecionadas foram tanto semiautomáticas quanto automáticas e somam um total de 70 estações.

Em seguida, os dados obtidos foram analisados,

por meio da composição de mapas, gráficos e regressões estatísticas.

Os dados brutos foram então organizados por estação e ano como parte do processo de tratamento preliminar dos dados. Posteriormente, os outliers foram identificados, por meio da análise Z-Score, e eliminados da base de dados. Além disso, foram desconsideradas para análise médias anuais as estações de monitoramento que apresentaram menos de 75% de atividade de registros em um ano foram desconsideradas para análise, conforme critério de validação de dados utilizado por diversas agências ambientais, tais como EPA (Agência de Proteção Ambiental), EEA (Agência Europeia do Ambiente) e o próprio INEA.

Após o tratamento, os dados de PM<sub>10</sub> foram consolidados, calculando-se as médias diárias e anuais de concentração para cada estação, que serviram como base para as comparações com os padrões de qualidade do ar estabelecidos pela resolução CONAMA 506/2024, que são expressos na Tabela I.

<b>Padrões Limites Para Dados Diários</b>	
Padrão Intermediário I (PI-1)	120( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).
Padrão Intermediário II (PI-2)	100( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).
Padrão Intermediário III (PI-3)	75( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).
Padrão Intermediário IV (PI-4)	50( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).
Padrão Final I (PF)	45( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
<b>Padrões Limites Para Médias Anuais</b>	
Padrão Intermediário I (PI-1)	40( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).
Padrão Intermediário II (PI-2)	35( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).
Padrão Intermediário III (PI-3)	30( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).
Padrão Intermediário IV (PI-4)	25( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).
Padrão Final I (PF)	15( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

Tabela I: Padrões Máximos de Emissões de PM<sub>10</sub>  
Fonte: CONAMA 506/2024

O objetivo na etapa de comparação foi verificar a frequência das vezes em que as concentrações médias anuais e diárias de PM<sub>10</sub> ultrapassaram os limites permitidos em cada uma das fases de implementação.

Ademais, foi objetivado no presente estudo avaliar a tendência temporal das concentrações de



número significativo de estações excedeu os limites estabelecidos. Com a redução progressiva a partir das fases intermediárias, percebe-se que as concentrações, na grande maioria das estações, não conseguem cumprir as normas previstas na resolução. Destaca-se que das 70 estações, 67 não cumprem com os limites previstos no PF da resolução CONAMA 506/2024, o que indica a necessidade de ações para o controle das fontes de emissão de poluentes ainda serão necessárias.

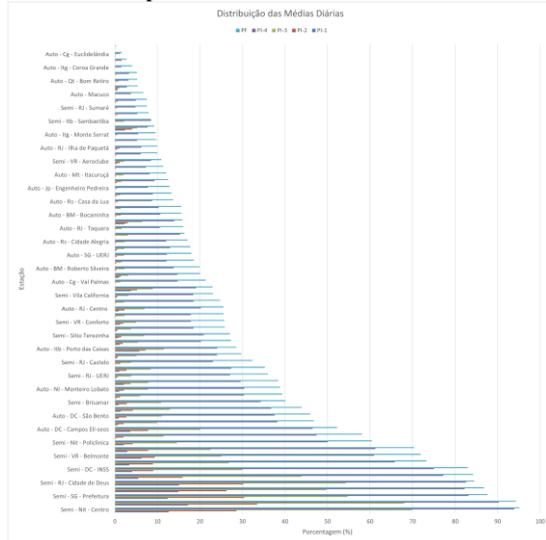


Figura 3 – Porcentagem de Ultrapassagens dos Dados de Média Diária em Relação aos Padrões CONAMA 506/2024  
Fonte: Autor.

decréscimo. Para estas estações, infere-se que os valores da variável  $PM_{10}$  tendem a crescer ao longo do período observado. Ademais, essa tendência positiva, observada tanto nas médias diárias quanto nas anuais, pode estar relacionada a fatores locais específicos que influenciam o comportamento da poluição nessas áreas.

### Conclusões

A análise dos dados de monitoramento de  $PM_{10}$  nas estações da região metropolitana do Rio de Janeiro, abrangendo o período de 1999 a 2018, revelou resultados significativos em relação à qualidade do ar. Observou-se que, das 70 estações monitoradas em relação às médias anuais, 67 delas não atenderam aos limites estabelecidos pelo Padrão Final da Resolução CONAMA 506/2024, onde apenas 3 estações conseguiram manter suas médias dentro do limite permitido. Além disso, a partir das médias diárias, a regressão de Mann-Kendall indicou uma tendência de aumento nas concentrações de  $PM_{10}$  em 16 estações, sugerindo que, em determinadas áreas, os níveis de poluição estão crescendo ao longo do tempo.

A análise dos dados também revelou que, conforme os padrões de emissão se tornaram mais rigorosos, um número crescente de estações excedeu os limites estabelecidos, especialmente nos padrões PI-3 e PF.

### Agradecimentos

À Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI) pela oportunidade de desenvolver este trabalho e pelo suporte acadêmico oferecido durante minha formação.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig) pelo financiamento da minha bolsa de estudos, que foi fundamental para a realização desta pesquisa. Sem o apoio dessa instituição, este trabalho não teria sido possível.

### Referências

BRAGA, Alfesio; PEREIRA, Luiz Alberto Amador; BÖHM, György Miklós; SALDIVA, Paulo. Poluição atmosférica e saúde humana. Revista USP, São Paulo, Brasil, n. 51, p. 58–71, 2001.

Dapper, S. N., Spohr, C., & Zanini, R. R. (2016). Poluição do ar como fator de risco para a saúde: uma revisão sistemática no estado de São Paulo. *Estudos Avançados*, 30(86), 83-97.

SANTOS, T. C.; CARVALHO, V. S. B.; REBOITA, M. S. Avaliação da influência das condições meteorológicas em dias com altas concentrações de material particulado na Região Metropolitana do Rio de Janeiro. *Engenharia sanitária e ambiental*, v. 21, n. 2, p. 307–313, 2016.

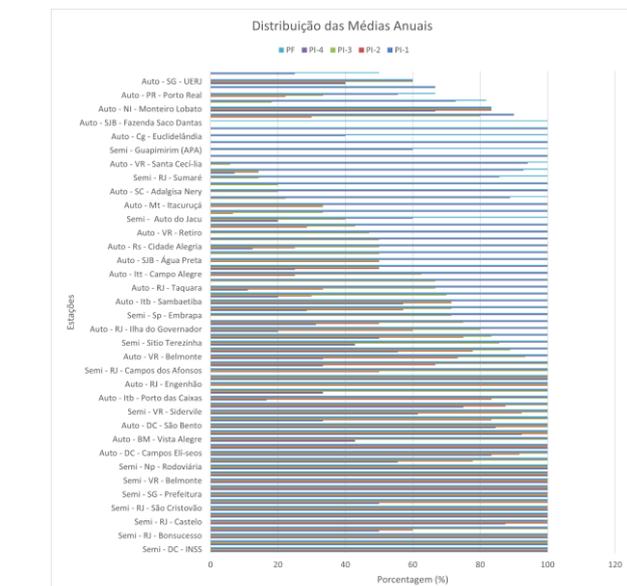


Figura 4 – Porcentagem de Ultrapassagens dos Dados de Média Anual em Relação aos Padrões CONAMA 506/2024  
Fonte: Autor.

A partir da regressão de Mann-Kendall, identificou-se, por meio das médias diárias, que 16 estações apresentaram uma tendência de aumento, enquanto que para as demais foi possível observar um