

### **III- 694 - AVALIAÇÃO DO RISCO RELATIVO À SAÚDE HUMANA PELA POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA: OS CASOS DE PAULÍNIA (SP) E CANOAS (RS)**

**Daniela Montanari Migliavacca Osório**<sup>(1)</sup>

Química e Mestre em Engenharia Elétrica pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul e Doutora em Ecologia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Pesquisadora Colaboradora da Faculdade de Tecnologia da Universidade Estadual de Campinas (FT/UNICAMP).

**Bianca Cristina dos Reis Pinto**<sup>(1)</sup>

Graduanda de Engenharia Ambiental na Faculdade de Tecnologia da Universidade Estadual de Campinas (FT/UNICAMP).

**Lethicia Nicioli**<sup>(1)</sup>

Graduanda de Tecnologia em Saneamento Ambiental na Faculdade de Tecnologia da Universidade Estadual de Campinas (FT/UNICAMP).

**Danilo Covaes Nogarotto**<sup>(1)</sup>

Estatístico pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), Mestrado em Estatística (Unicamp) e Doutorado em Tecnologia (Unicamp). Pesquisador Colaborador da Faculdade de Tecnologia da Universidade Estadual de Campinas (FT/UNICAMP).

**Simone Andréa Pozza**<sup>(1)</sup>

Engenheira Química pela Universidade Federal do Rio Grande (FURG), Mestrado e Doutorado em Engenharia Química pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Professora Associada MS5.1 na Faculdade de Tecnologia (FT)/Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). Atua nos cursos de Engenharia Ambiental e Tecnologia em Saneamento Ambiental. Credenciada ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologia (PPGT), da FT, área ambiental.

**Endereço**<sup>(1)</sup>: Rua Paschoal Marmo, 1888 - Jardim Nova Itália - Limeira - SP - CEP: 13484-332- Brasil - Tel: (19) 2113-3339 - e-mail: [migliava@unicamp.br](mailto:migliava@unicamp.br)

#### **RESUMO**

A poluição do ar reduz a qualidade de vida da população, e conseqüentemente os anos de vida, estando em sexto lugar no ranking e o primeiro em riscos ambientais, segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS). Um dos principais poluentes atmosféricos que ocasiona a degradação da qualidade do ar é o Material Particulado (MP), com origem proveniente de fontes estacionárias e móveis, como a emissão veicular pela queima de combustíveis e por processos industriais. A fração fina do MP, mais conhecida como MP<sub>2,5</sub>, é apontada como a mais significativa que ocasiona agravos à saúde. Os efeitos deletérios na saúde humana, como câncer de pulmão, doenças cardiovasculares e doenças respiratórias, bem como a intensificação da asma, principalmente em idosos e crianças, podem estar relacionados a presença de MP<sub>2,5</sub> no ar. Portanto, pode-se avaliar os efeitos do MP na população através do estudo do risco relativo (RR), o qual é calculado pela probabilidade entre a incidência da doença na população exposta e a incidência naqueles não expostos. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar os impactos da exposição de MP<sub>2,5</sub>, nas cidades de Paulínia (SP) e Canoas no (RS), em uma população na faixa etária de 30 a 59 anos, para os anos de 2010 e 2020, utilizando o software AirQ+, para calcular o risco relativo (RR) da população exposta a longo prazo de MP<sub>2,5</sub>. As concentrações médias anuais de MP<sub>2,5</sub> para Paulínia e Canoas violaram o valor orientador da OMS (2021), que é de 5 µg m<sup>-3</sup>. O RR apresentou-se elevado nos locais estudados, demonstrando um elevado número de mortes prematuras que poderiam ter sido evitadas em 2010 e 2020. Em Canoas a redução no número de mortes evitadas, para cada 100.000 habitantes na população de 30 a 59 anos, foi de aproximadamente 10 vezes. Em Paulínia a redução foi de aproximadamente 2 vezes, comparando 2010 e 2020. A redução no número de mortes prematuras pode estar relacionada ao decréscimo das concentrações de MP<sub>2,5</sub> de 17,30 µg. m<sup>-3</sup> para 13,34 µg. m<sup>-3</sup> em Paulínia e de 19,99 µg. m<sup>-3</sup> para 10,68 µg. m<sup>-3</sup> em Canoas. Deste modo, a diminuição do RR demonstra que a melhora na qualidade do ar, através de medidas de controle da poluição atmosférica, principalmente no que se diz respeito a partículas inaláveis, podem garantir um avanço na qualidade de vida da população.

**PALAVRAS-CHAVE:** Material Particulado Inalável, Qualidade de Vida, Agravos à Saúde, Mortalidade Cardiorpulmonar, Mortes Evitadas.

## INTRODUÇÃO

Os níveis crescentes de poluição do ar estão atrelados ao avanço das atividades industriais no mundo, o que gera diversos riscos à saúde pública e condições desfavoráveis ao meio ambiente (ANSARIA; EHRAMPOUSHB, 2019). A poluição atmosférica é responsável pela redução dos anos de vida, posicionado em sexto lugar no ranking e o primeiro em riscos ambientais (OMS, 2021).

O material particulado (MP) é denominado como propulsor da degradação da qualidade do ar que se origina a partir de fontes estacionárias e móveis, como a emissão veicular pela queima de combustíveis e por processos industriais. O MP é uma mistura de partículas sólidas e líquidas suspensas no ar como forma de poeira, aerossol ou fumaça que variam devido ao seu tamanho, definido pelo diâmetro aerodinâmico (da):  $da \leq 10 \mu\text{m}$  (MP<sub>10</sub>) ou  $da \leq 2,5 \mu\text{m}$  (MP<sub>2,5</sub>) (CETESB, 2021). O MP<sub>2,5</sub>, por apresentar partículas menores, possui maior facilidade em penetrar as vias respiratórias, a qual pode atingir diretamente os alvéolos pulmonares (CETESB, 2021). Assim, o MP<sub>2,5</sub> aponta danos mais significativos à saúde, quando comparado ao MP<sub>10</sub> ou até mesmo a outros parâmetros que afetam a qualidade do ar.

Os efeitos deletérios que o MP pode causar à saúde humana está relacionado com câncer de pulmão, doenças cardiovasculares e doenças respiratórias, bem como a intensificação da asma, principalmente em idosos e crianças. Estudos realizados pela Global Burden of Disease (GBD) explicitam que a mortalidade é de aproximadamente 4 milhões de mortes anuais no mundo, incluindo países subdesenvolvidos (HADEI et al., 2020).

Dessa forma, pode-se medir os efeitos dos poluentes atmosféricos na população por meio do estudo do risco relativo (RR), o qual é calculado pela probabilidade entre a incidência da doença na pessoa exposta e a incidência naqueles não expostos. Esse estudo para maior eficiência do processo, pode ser realizado pelo software desenvolvido pela Organização Mundial da Saúde (OMS) denominado AirQ+, o qual aplica metodologias para avaliar os efeitos dos poluentes atmosféricos na saúde humana (OSTRO, 2004).

Determinar o risco relativo é de extrema importância para quantificar a proporcionalidade que o risco pode causar e medir a mortalidade da população exposta ao risco dos poluentes atmosféricos. Assim, o este trabalho teve como objetivo avaliar os impactos da exposição de MP<sub>2,5</sub>, de Paulínia (SP) e Canoas no (RS), para a população na faixa etária de 30 a 59 anos, no ano de 2010 e 2020, utilizando o software AirQ+, a fim de estimar a mortalidade cardiopulmonar e o risco relativo (RR) para a exposição a longo prazo de MP<sub>2,5</sub>.

## MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo representa os municípios de Paulínia e Canoas, em São Paulo e Rio Grande do Sul, respectivamente. Paulínia está localizada na região sudeste do Brasil, a 119 km da capital São Paulo. É considerado o maior município da região metropolitana de Campinas, com área territorial de 138 km<sup>2</sup>, com um total de habitantes de 112.003, até 2020. Possui o maior polo petroquímico da América Latina, com a Refinaria Planalto de Paulínia (Replan), que é uma importante fonte de emissão de poluentes atmosféricos de Paulínia. As fontes móveis (76.832 mil) são influenciadas principalmente pela urbanização de Campinas (IBGE, 2022). Canoas está localizada na Região Metropolitana de Porto Alegre (RMPA), a 20 km da capital do Rio Grande do Sul, com uma população estimada em 349.728 habitantes e uma área territorial de 131 km<sup>2</sup>. Possui frota veicular de 206.250 mil veículos e 11.658 empresas atuantes no município (IBGE, 2022).

O período do estudo contempla os anos de 2010 e 2020. A metodologia utilizada para aquisição dos dados de qualidade do ar do município de Paulínia foi do QUALAR, da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB). Já para Canoas foram utilizados dados da Rede de Monitoramento da Qualidade do Ar da Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luís Roessler (FEPAM).

Os dados de mortalidade e internações foram obtidos no sistema Departamento de Informática do SUS (DataSus) e foi selecionada a causa de mortalidade cardiopulmonar (faixa etária de 30 a 59 anos). A partir do número de internações, calculou-se a taxa de incidência da população específica de cada município para cada ano, o fator (n) adotado foi de 100.000 habitantes, conforme mostrado na Equação 1.

$$\text{Incidência} = ((\text{Número de Internações})/((\text{População Específica})) \cdot n \quad \text{equação (1)}$$

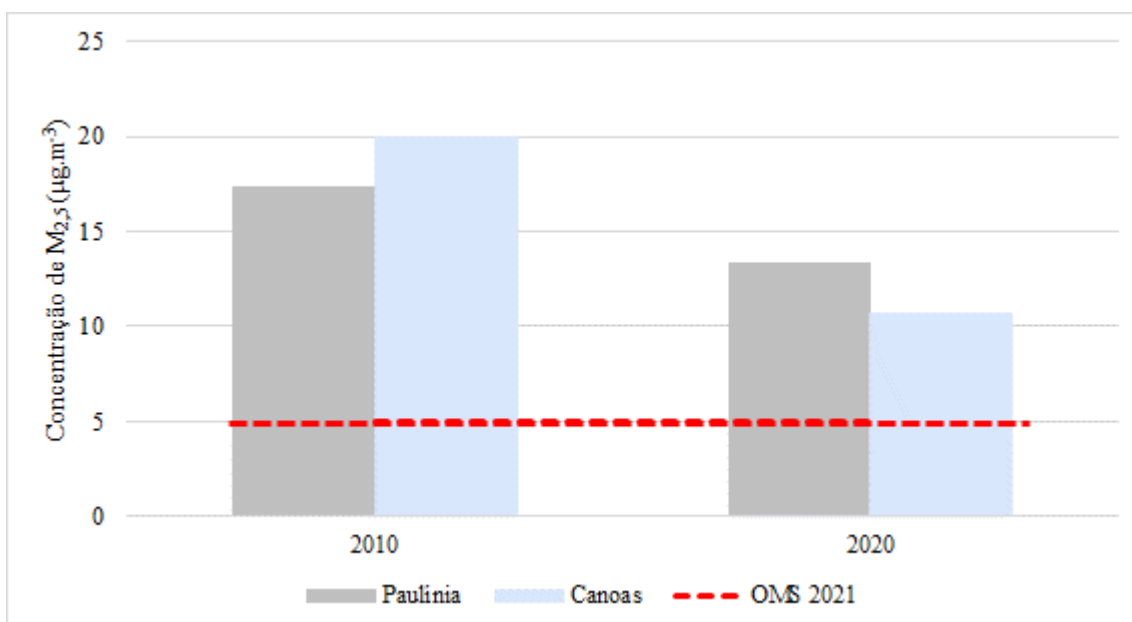
O software AirQ+ foi utilizado para calcular o risco relativo (RR), por meio dos coeficientes de  $\beta$  (OSTRO, 2004), que avalia o impacto de poluentes atmosféricos na saúde humana, juntamente com a mortalidade e expectativas de vida da população. O RR foi calculado a partir da Equação 2, que relaciona os efeitos da concentração de  $MP_{2,5}$  com a saúde da população.

$$RR = \exp[\beta \cdot (X - X_0)] \quad \text{equação (2)}$$

onde X é a concentração média anual de  $MP_{2,5}$  ( $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ ),  $X_0$  é a concentração do valor de referência da OMS de  $MP_{2,5}$  ( $5 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ ) e  $\beta$  é o coeficiente de risco para o  $MP_{2,5}$  ( $\beta = 0,15515$ ), conforme recomendado por Ostro (2004).

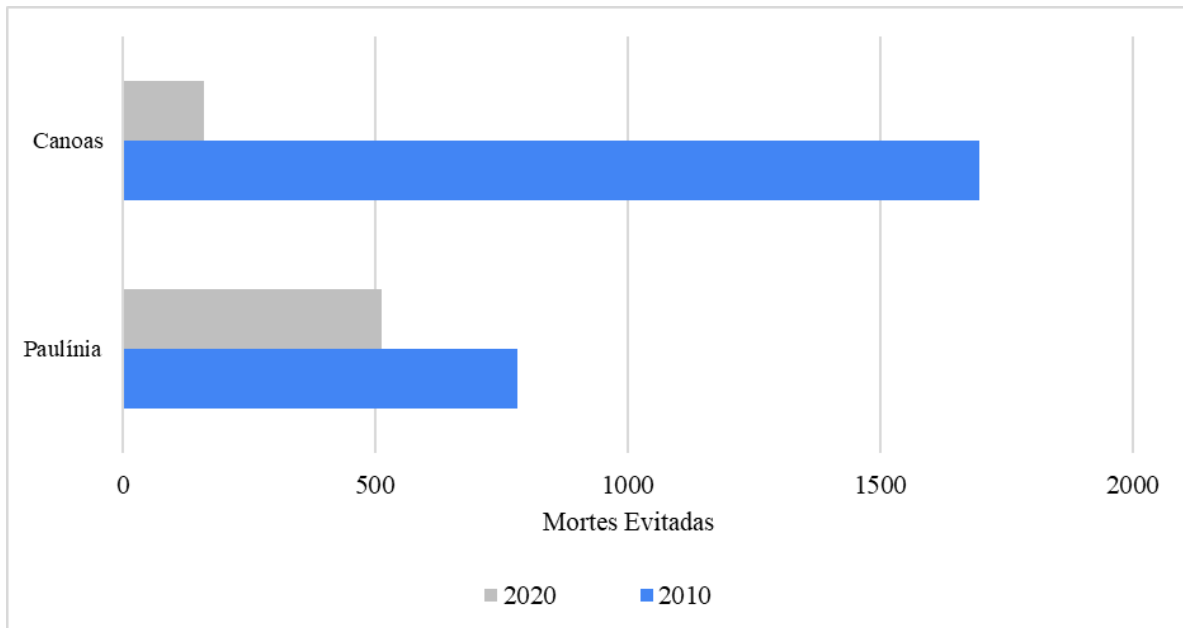
## RESULTADOS

A Figura 1 apresenta a concentração média anual de  $MP_{2,5}$  em Paulínia e Canoas, para 2010 e 2020, comparado com o valor orientador da OMS (2021), que é de  $5 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ . Observa-se uma redução das concentrações média anuais, porém ainda bem acima do valor orientador da OMS (2021).



**Figura 1: Concentração média anual de  $MP_{2,5}$  ( $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ ) para Paulínia e Canoas, anos 2010 e 2020.**

Os resultados do RR calculados para os locais estudados reduziram de 2010 para 2020, porém ainda continuam elevados, com valores acima de 1 (CORÁ et al, 2020). Em Paulínia para o ano de 2010 o RR foi de 6,742, reduzindo para 1,679 em 2020. Em Canoas o RR foi de 10,234 em 2010 e em 2020 foi de 2,416, ambos com uma redução de aproximadamente 76%. O número de mortes evitadas por 100 mil habitantes para mortalidade cardiopulmonar pode ser observado na Figura 2. Se as concentrações de  $MP_{2,5}$  estivessem dentro das recomendações da OMS poderiam ter sido evitadas 1696 mortes em 2010 e 160 mortes em 2020 para Canoas, uma redução de 91% em 10 anos. Já para Paulínia o número de mortes evitadas foi de 782 em 2010 e 512 em 2020, uma redução de apenas 34%.



**Figura 2: Número de mortes evitas para cada 100.000 habitantes, população de 30 a 59 anos exposta a concentrações de MP<sub>2,5</sub>.**

### Análise e Discussão dos Resultados

As concentrações médias anuais de MP<sub>2,5</sub> para Paulínia e Canoas violaram o valor orientador da OMS (2021). Esta constatação, infelizmente, é uma realidade no Brasil, como mostra o estudo divulgado pelo Instituto de Energia e Meio Ambiente e Energia (IEMA, 2022), constatou que a poluição do ar na capital paulista permaneceu acima dos padrões da OMS nos últimos 22 anos.

Comportamento semelhante foi reportado por Carvalho et al. (2015) na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP). Na região Sul, estudo realizado por Lara et al. (2022), em Canoas, identificou a ultrapassagem dos padrões de qualidade do ar do CONAMA 491/2018 para MP. Em Paulínia, Marinho et al. (2022), indicou que o MP10 reduziu consideravelmente, quando comparado com o Decreto Estadual nº 59.113/2013 (SP), podendo estar relacionado a ações e práticas de políticas públicas e pela atuação do órgão ambiental de São Paulo (CETESB).

Observa-se na Figura 2, que houve uma redução no número de mortes evitadas de adultos às exposições ao MP<sub>2,5</sub>, de 2010 para 2020, para Paulínia e Canoas. Em Canoas a redução foi de aproximadamente 10 vezes. Essas mortes poderiam ter sido evitadas se a concentração de MP<sub>2,5</sub>, nos locais estudados, estivessem no nível recomendado pela OMS (2021). Em 2020, morreram menos pessoas, em decorrência da exposição das concentrações de MP<sub>2,5</sub>, quando comparado a 2010. Isto pode ter ocorrido devido ao decréscimo das concentrações de MP<sub>2,5</sub> de 17,30 µg m<sup>-3</sup> para 13,34 µg m<sup>-3</sup> em Paulínia e de 19,99 µg m<sup>-3</sup> para 10,68 µg m<sup>-3</sup> em Canoas (Figura 1).

A redução das concentrações de MP<sub>2,5</sub> refletem na diminuição na taxa de mortalidade nos locais estudados. Sabe-se que a MP<sub>2,5</sub> é proveniente, principalmente, da queima de combustíveis fósseis e emissões industriais. A principal forma de exposição aos seres humanos é pela inalação das partículas presentes no ar, as quais podem ser relacionadas com doenças cardiorrespiratórias. Além disso, o MP<sub>2,5</sub> está relacionado com o desenvolvimento de câncer de pulmão, doença cerebrovascular, doença cardíaca isquêmica, doença pulmonar obstrutiva crônica e infecções respiratórias (COHEN et al., 2015).

Desta forma, os resultados encontrados no presente estudo corroboram com estudos sobre a influência da exposição da população às concentrações de MP<sub>2,5</sub>, que estejam acima dos valores orientadores da OMS, afetando a saúde da população e elevando o RR em relação à poluição atmosférica (CORÁ et al., 2020).

## CONCLUSÕES

O RR, calculado a partir dos dados de mortalidade de doenças cardiopulmonar em adultos na faixa etária de 30 a 59 anos, em Paulínia (SP) e Canoas (RS), indicaram o comprometimento dos agravos à saúde ocasionado pela exposição de  $MP_{2.5}$ . O RR apresentou-se elevado em ambos os locais estudados, mostrando um elevado número de mortes que poderiam ter sido evitadas, em 2010 e 2020. O comprometimento da qualidade do ar, por concentração de  $MP_{2.5}$ , em Canoas (RS) foi mais significativo que em Paulínia (SP), apesar de ambas apresentarem-se em regiões industrializadas e urbanizadas. Assim, medidas de controle da poluição atmosférica, principalmente no que se diz respeito a partículas inaláveis, devem ser impulsionadas para garantir uma melhor qualidade de vida para a população.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANSARIA, M. et al. Meteorological correlates and AirQ+ health risk assessment of ambient fine particulate matter in Tehran, Iran. *Environmental Research*, Irã, v. 170, 141-150, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2018.11.046>.
2. CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Qualidade do Ar- Poluentes. 2021. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/ar/poluentes/>>.
3. CARVALHO, V. S.B. et al. Air quality status and trends over the Metropolitan Area of São Paulo, Brazil as a result of emission control policies. *Environmental Science & Policy*, v. 47, 68-79, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2014.11.001>.
4. COHEN, A., 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*, 2017. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)30505-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)30505-6).
5. CORÁ, B. et al. Impacto da poluição do ar na saúde pública em municípios de alta industrialização do estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais (Online)*, 55, 498-509, 2020. <https://doi.org/10.5327/Z2176-947820200671>
6. HADEI, M. et al. Burden of mortality attributed to  $PM_{2.5}$  exposure in cities of Iran; contribution of short-term pollution peaks. *Atmospheric Environment*, v. 224, p. 117365, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2020.117365>.
7. IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2022. Cidades. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/>>.
8. IEMA. Instituto de Energia e Meio Ambiente. 2022. Qualidade do Ar. Qualidade do Ar no Município De São Paulo. Disponível: <http://energiaambiente.org.br/produto/qualidade-do-ar-no-municipio-de-sao-paulo>.
9. LARA, E. C. et al. Study of the relation of air quality and meteorological variables in the occurrence of respiratory morbidity. *Ciência e Natura*, [S. l.], v. 44, p. e20, 2022. <https://DOI: 10.5902/2179460X67718>.
10. MARINHO, L. V. et al. Análise de tendência de concentração de material particulado atmosférico e efetividade de políticas públicas. *Holos Environment*, 22(2), 78-93, 2022. <https://doi.org/10.14295/holos.v22i2.12470>
11. OMS. Organização Mundial da Saúde. Padrões de Qualidade do Ar. 2021. Disponível em: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/345329/9789240034228-eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
12. OSTRO, Bart; WORLD HEALTH ORGANIZATION. Occupational and Environmental Health Team. Outdoor air pollution: assessing the environmental burden of disease at national and local levels Bart Ostro. 2004. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/42909>.