



TENDÊNCIAS E ANÁLISES DE POLUENTES ATMOSFÉRICOS EM REGIÕES SATURADAS

Lucas V. Camargo, Danilo C. Nogarotto, Simone A. Pozza

1. INTRODUÇÃO

O ozônio é um oxidante fotoquímico formado por reações entre compostos orgânicos voláteis e óxidos de nitrogênio, na presença de luz solar. Além de danos à saúde, o ozônio troposférico também afeta negativamente a vegetação (BAIRD, 2011). Material particulado inalável (MP_{10}), encontra-se num grupo formado por poeiras, fumaça e todo tipo de material sólido ou líquido que estão em suspensão na atmosfera devido sua dimensão pequena. Estão associados diretamente a danos ao sistema respiratório, podendo alcançar os alvéolos pulmonares, além de doenças cardiovasculares (SEINFELD e PANDIS, 2006).

Algumas regiões do Estado de São Paulo sofrem com altas concentrações de destes poluentes. Santa Gertrudes, importante polo cerâmico (AZZI et al., 2016), e Cubatão, destacado polo industrial (VIEIRA-FILHO, LEHMANN e FORNARO, 2015), apresentam períodos com alta concentração do MP_{10} . Já o polo petroquímico de Paulínia, tem episódios de alta concentração de O_3 (CETESB, 2020a).

2. OBJETIVO

O objetivo principal deste trabalho foi analisar os parâmetros atmosféricos amostrados pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB, tendo enfoque em regiões saturadas de O_3 e MP_{10} , bem como analisar suas tendências estatísticas com relação aos poluentes estudados, por meio do pacote *Openair*, do software R.

3. METODOLOGIA

Os dados foram coletados acessando a plataforma Qualar (CETESB, 2020b). As variáveis analisadas foram “direção do vento (graus°)”, “velocidade do vento (m/s)”, “ozônio ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)” e “material particulado ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)”, para cada uma das três cidades, desde a primeira medição feita após a instalação da estação de monitoramento, até Dezembro de 2018. Na base do Qualar, os dados disponibilizados são horários.

O *Openair* possui diversas funções, onde podemos destacar: *TheilSen*, *timeVariation* e *polarPlot* (CARSLAW e ROPKINS, 2012). A função *TheilSen* apresenta a tendência anual por estação do ano sobre o crescimento ou diminuição da concentração de poluentes ao longo do tempo. Já a função *timeVariation*, analisa, no caso deste presente trabalho, as concentrações médias do período antes de janeiro de 2007 e depois de janeiro de 2007. A divisão destes períodos, corresponde a data quando entrou em vigor a Resolução nº 382/2006 (BRASIL, 2007), que estabelece limites máximos para emissões de fontes fixas. Assim, foi possível melhor análise sobre a efetividade da medida sobre a qualidade do ar. A função do *polarPlot* apresenta a relação existente entre direção e velocidade do vento e os poluentes.



4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. CUBATÃO

A Figura 1 apresenta, com a ferramenta *TheilSen*, a estimativa da tendência da concentração de MP_{10} divididas por estação do ano, onde pode-se observar a linha de tendência.

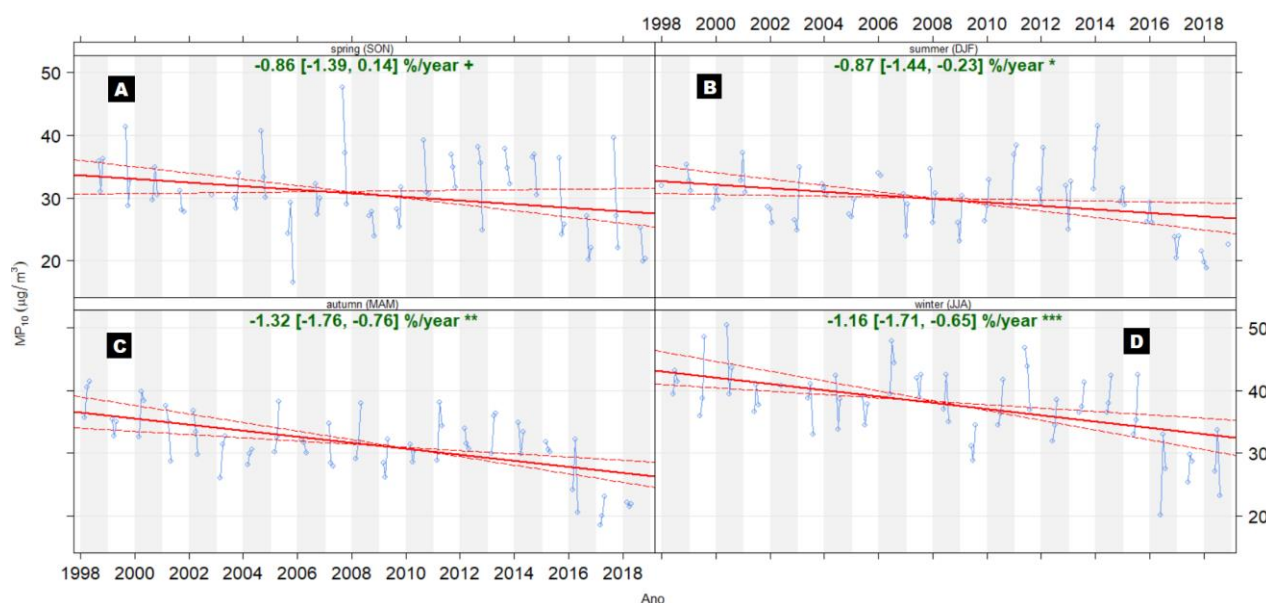


Figura 1 – Tendência da concentração de MP_{10} em Cubatão de 1998 – 2018, nas estações da Primavera (A), Verão (B), Outono (C) e Inverno (D)

Nota-se que em todas as estações há redução do poluente, sendo esta considerada significativa para todas as estações, ao longo dessas 2 décadas, sendo que foi de aproximadamente $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ no outono e inverno (épocas mais frias e secas), e $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na primavera e verão (épocas mais quentes e úmidas) (Figura 1). Pode parecer um número pequeno, porém a concentração de MP_{10} na cidade de Cubatão reduziu em aproximadamente 23% no inverno, 26% no outono e tanto na primavera como no verão a redução foi de 17%.

Além disso, é possível perceber que o período de inverno apresenta concentrações maiores que as demais estações. Isso se deve pela condição climática da estação, que apresenta menor umidade, fazendo com que o material particulado permaneça suspenso (PIRAS et al., 2019).

A Figura 2 mostra a concentração horária nos períodos antes e depois de 2007, usando a função *timeVariation*. A data em questão é 01/01/2007.

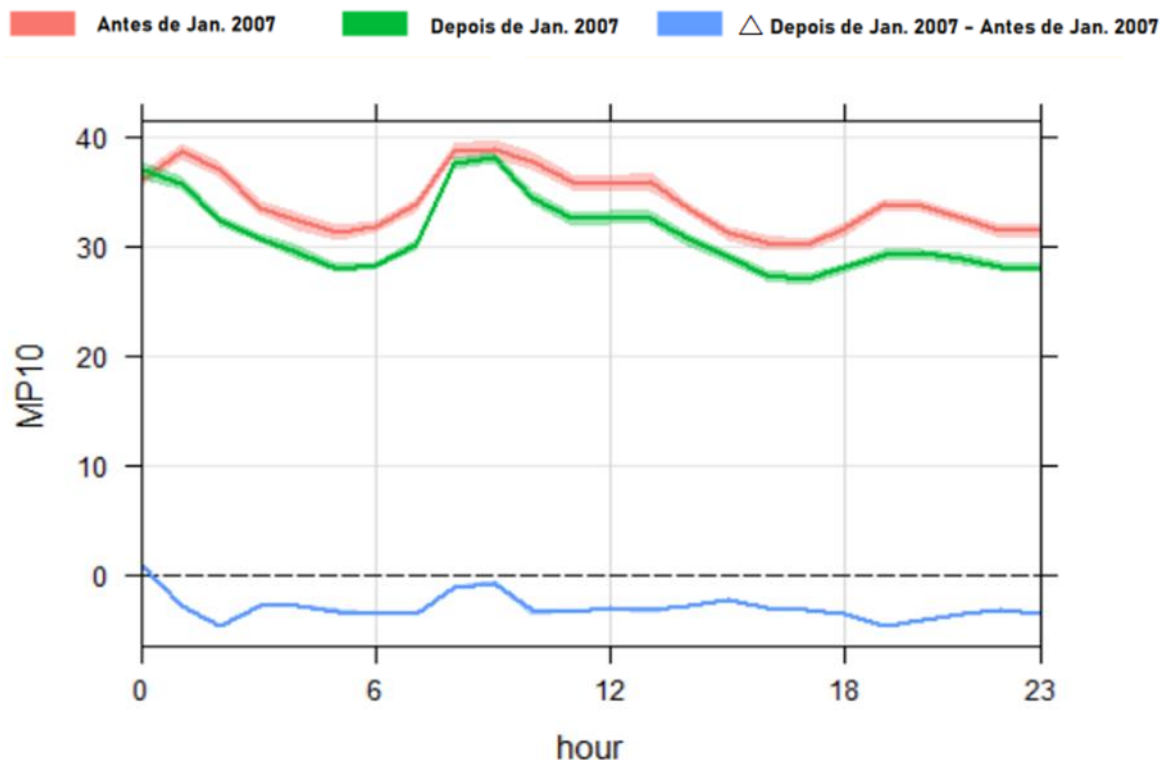


Figura 2- Comparativo das concentrações médias ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) de MP_{10} antes e depois de janeiro de 2007

Antes de 2007, as médias se mantiveram estritamente entre os 30 e 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, enquanto após a vigência da referida Resolução, a média caiu em aproximadamente 3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. A melhoria não é tão visível entre 8 e 10 h.

A linha azul apresenta de uma comparação com o valor zero. Quanto mais distante e abaixo do zero, maior foi a diminuição do poluente no horário em questão. Note que apenas às 0h a concentração média ficou acima, e se aproximou do zero entre 8 e 9 h. Nas demais horas, a concentração horária média “depois de 2007” ficou abaixo da concentração horária média “antes de 2007” (Figura 2).

4.2. SANTA GERTRUDES

Em Santa Gertrudes, a estação de monitoramento começou a operar apenas em 2014, totalizando 5 anos de dados disponíveis. Por esse motivo, as análises foram feitas para o período total, sem dividir por estação do ano.

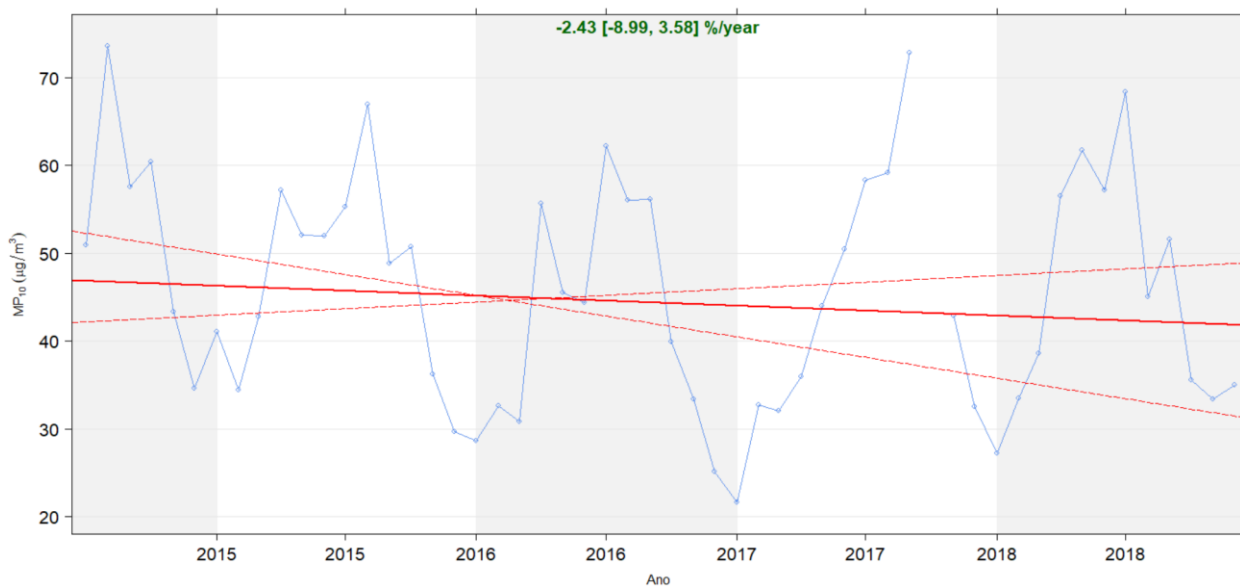


Figura 3 - Tendência da concentração de MP_{10} em Santa Gertrudes de 2014 – 2018

Santa Gertrudes não apresentou redução significativa na concentração ao longo dos anos analisados. O decréscimo, em média, da concentração do poluente foi de $1,14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ por ano, totalizando em torno de $5,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ do começo de 2014 ao fim de 2018; essa diminuição equivale a 2,43% ao ano e 12,15% de 2014 a 2018.

4.3. PAULÍNIA

O método de *TheilSen* foi novamente utilizado para estudar a tendência das concentrações do poluente. Em discordância dos gráficos de MP_{10} apresentados para Cubatão, em Paulínia, a concentração de O_3 (Figura 4) não apresentou tendência significativa ao longo dos últimos 18 anos.

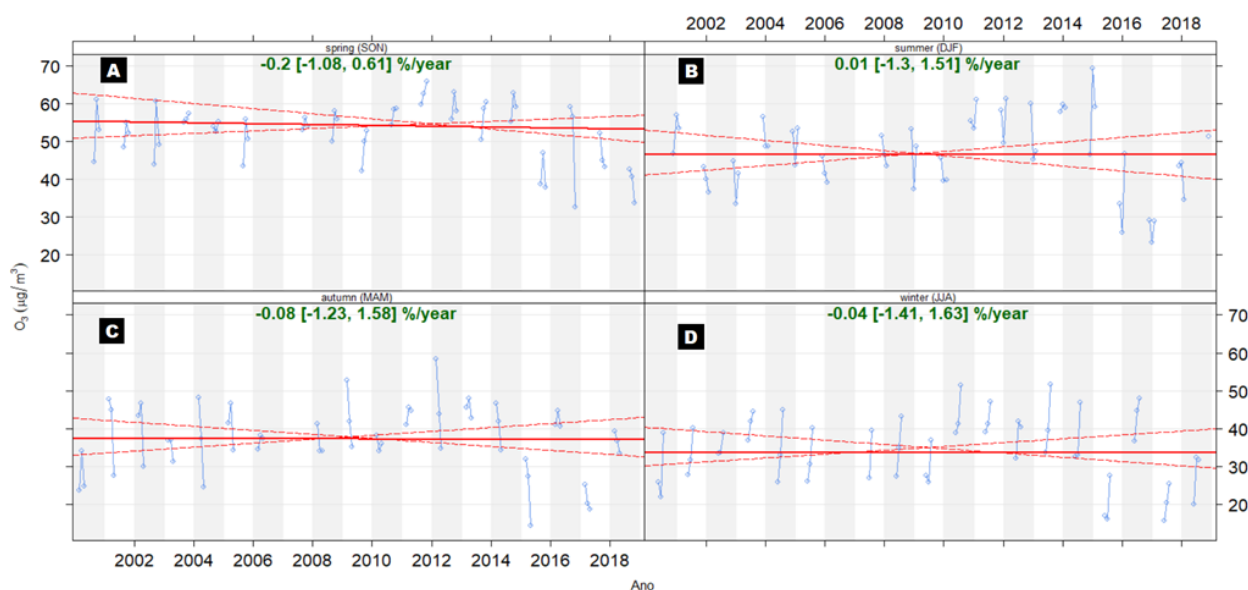


Figura 4 - Tendência da concentração de O_3 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) em Paulínia de 2000 – 2018, nas estações da Primavera (A), Verão (B), Outono (C) e Inverno (D)



Analisando as estações do ano como um todo, a estimativa média de redução da concentração se apresentou entre 0,01 e 0,11 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ por ano, o que significa, em termos percentuais, quedas médias anuais entre 0,08% e 0,2%. Isto também é visível nas linhas de tendência, em todas as estações da Figura 4, as quais se mantêm praticamente constante ao longo do tempo.

5. CONCLUSÃO

Por meio das análises foi possível perceber que para todos os meios e períodos analisados, as concentrações de MP_{10} em Cubatão diminuíram gradativamente ao longo do tempo, já para Santa Gertrudes, como a redução de concentrações não foi significativa, é possível dizer que a tendência do poluente se manteve constante nos anos analisados.

Por outro lado, as análises de O_3 em Paulínia, indicaram que praticamente, os níveis de concentração permaneceram constantes em todo o período estudado. Embasado nisso, é possível afirmar que falta, sobretudo, iniciativas mais sustentáveis em nível municipal e industrial, a fim de conter a excessiva produção de NO_x e COVs , responsáveis pela formação do ozônio troposférico.

6. REFERÊNCIAS

- AZZI, A. OSACKY, M., UHLÍK P., CAPLOVICOVA, M., ZANARDO, A., MADEJOVÁ, A. Characterization of clays from the Corumbataí formation used as raw material for ceramic industry in the Santa Gertrudes district, São Paulo, Brazil. *Applied Clay Science*, v. 132-133, p. 232-242, 2016.
- BAIRD, C. *Química Ambiental*. 4ª edição. Porto Alegre: Bookman, 2011.
- BRASIL. CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente, Resolução nº 382 – Estabelece os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas. 2006.
- CARSLAW, D.C., ROPKINS, K. Openair — an R package for air quality data analysis. *Environmental Modelling & Software*, 27-28, 52–61, 2012.
- CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Programa Estadual de Mudanças Climáticas do Estado de São Paulo, 2020a. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/proclima/2018/05/16/menos-ozonio-melhor-qualidade-do-ar>>. Acesso em 13 de jun. de 2020.
- CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Qualidade do ar, 2020b. Disponível em: <<https://qualar.cetesb.sp.gov.br/qualar>>. Acesso em 27 de jan. de 2020.
- PIRAS, G., PINI, F., GARCIA, D. A. Correlations of PM_{10} concentrations in urban areas with vehicle fleet development, rain precipitation and diesel fuel sales. *Atmospheric Pollution Research*, 10, pp. 1165-1179, 2019.
- SEINFELD, J. H.; PANDIS, S. N. *Atmospheric chemistry and physics: from air pollution to climate change*. 2. ed. New York: John Wiley & Sons, 2006.
- VIEIRA-FILHO, M. S., LEHMANN, C., FORNARO, A. Influence of local sources and topography on air quality and rainwater composition in Cubatão and São Paulo, Brazil. *Aeolian Research*, 32, pp. 42-52, 2015.