

AValiação Temporal das Concentrações de Fuligem e Dióxido de Enxofre na Atmosfera da Região Sudeste via Sensoriamento

Higor Figueiredo Ribeiro¹
Aline Sarmiento Procópio²

Ações antrópicas sobre o meio

Resumo

Pode-se perceber claramente, que os problemas ambientais advindos da industrialização da Região Sudeste tendem a ser os mais complexos e os de maior magnitude pelo fato da região ser a mais industrializada e a mais populosa das cinco macrorregiões do Brasil. Processos altamente poluidores estão na base da maioria dos complexos de produção do setor secundário, onde as tarefas de preparação da matéria prima, geralmente demandam atividades geradoras de poluição tanto do ar, como da água, consideradas como as mais problemáticas para a sociedade. O objetivo deste trabalho é avaliar distribuição a sazonalidade das concentrações de fuligem e dióxido de enxofre na atmosfera da região sudeste. Os dados mensais utilizados neste trabalho foram obtidos pelo MERRA-2 (*Modern-Era Retrospective analysis for Research and Applications*), para o ano de 2006 a 2018. Os resultados mostram que as fontes de emissões de fuligem são predominantemente urbanas, no entanto também se encontram no meio rural. Nas áreas urbanas, destacam-se os veículos automotores e indústrias como principais fontes poluidoras para a atmosfera. Já entre as fontes rurais, destacam-se as queimadas, práticas, infelizmente, recorrentes no Brasil e causadoras de imensos danos à flora e à fauna.

Palavras-chave: poluição atmosférica; fuligem; dióxido de enxofre; sensoriamento remoto.

¹ Aluno do Curso de graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal de Juiz de Fora, higor.figueiredo@engenharia.ufff.br

² Profa. Dra., Universidade Federal de Juiz de Fora, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, aline.procopio@ufff.edu.br

INTRODUÇÃO

Diversas são as fontes responsáveis pela emissão antrópica de poluentes atmosféricos. O dióxido de enxofre (SO_2) é emitido majoritariamente por queima de combustíveis fósseis, estando presente em centros urbanos com grandes parques industriais e grandes frotas veiculares, sendo encontrado em menor concentração na atmosfera de áreas pouco urbanizadas (CETESB, 2019). O *black carbono*, ou fuligem, é um material particulado primário originado pela queima de combustíveis que contêm carbono. A queima de biomassa, em grandes áreas e por longos períodos, é a principal fonte de emissão de fuligem nas áreas rurais (OMETTO, 2005). Já em áreas urbanas as principais fontes de emissão de fuligem são a queima de combustíveis fósseis para transporte (veículo automotores) e para uso industrial.

A região Sudeste é a mais populosa das cinco macrorregiões do Brasil, com grande concentração de indústrias e grande frota veicular. No Sudeste há ainda uma grande produção de cana-de-açúcar, mais concentrada na Baixada Fluminense, na Zona da Mata Mineira e no estado de São Paulo (50% do total nacional); parte do corte da cana ainda é feito de forma manual, sofrendo queima antes da colheita. A safra da cana acontece nos meses de maio a novembro, sendo esse o período de baixas precipitações pluviométricas. Adicionalmente, esse período não apresenta as melhores condições de dispersão de poluentes atmosféricos, agravando os impactos negativos na qualidade do ar e saúde da população (RIBEIRO, 2008).

Este trabalho tem como objetivo principal avaliar a sazonalidade das concentrações médias mensais de fuligem e dióxido de enxofre na atmosfera da região Sudeste do Brasil.

METODOLOGIA

Este estudo foi realizado na região Sudeste do Brasil, localizada entre os paralelos $-14^\circ 06'$ (S) e $-25^\circ 25'$ (S) e os meridianos $-53^\circ 09'$ (O) e $-39^\circ 29'$ (O) compreendendo uma área de aproximadamente 924.620 km². A região de estudo foi dividida em dois quadrantes de mesma área, sul e norte, visto que apresentam características distintas de fontes emissoras. As concentrações mensais de fuligem (BC) e dióxido de enxofre (SO_2), de 2006 a 2018, em cada pixel da área de estudo, foram obtidas através da base de dados

globais MERRA-2 (*Modern-Era Retrospective analysis for Research and Applications*), constituída por reanálise de observações de vários sensores de plataformas espaciais da NASA (GMAO, 2019; RIENECKER et al., 2011). As observações são georeferenciadas e possuem resolução de pixel de $0,625^\circ$ (longitude) por $0,5^\circ$ (latitude).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A figura 1 apresenta as séries temporais das concentrações médias mensais dos poluentes BC e SO₂ para os quadrantes norte e sul, de 2006 a 2018. Em todos os gráficos é possível observar uma sazonalidade das concentrações de poluentes. Isso ocorre devido à influência das condições climáticas distintas ao longo dos anos. Períodos do ano mais úmidos apresentam menores concentrações de BC e SO₂, onde se podem identificar os níveis gerais de concentração de poluentes na atmosfera para a região, também chamada de concentração de fundo. Nos períodos mais secos, há uma diminuição na capacidade de dispersão dos poluentes na atmosfera, havendo um aumento em suas concentrações. Observa-se ainda, variações nas concentrações de fundo dos poluentes entre os quadrantes, evidenciando que o quadrante sul apresenta maior influência de atividades antrópicas urbanas que o quadrante norte. No quadrante sul localizam-se as grandes metrópoles da região sudeste e lá ocorrem as maiores emissões de origem veicular e industrial, apresentando, portanto, maiores concentrações SO₂. De modo similar, o quadrante sul detém as fontes com maior contribuição de emissão de fuligem na atmosfera, provenientes da queima de combustíveis fósseis e da queima de cana de açúcar que ocorre sazonalmente nesta área. A região Sudeste também conta com a eventual presença de fuligem oriunda das queimadas das regiões Norte e Centro-oeste.

De acordo com os dados do INPE (2019) para o período de 2006 a 2018, os maiores registros de focos de queima na Região Sudeste ocorreram entre os meses de junho a novembro, conforme esperado devido à característica climatológica da região. A média mensal de focos de calor para este semestre mais seco, no período do estudo, foi de 2.149, enquanto para o semestre mais chuvoso foi de 288.

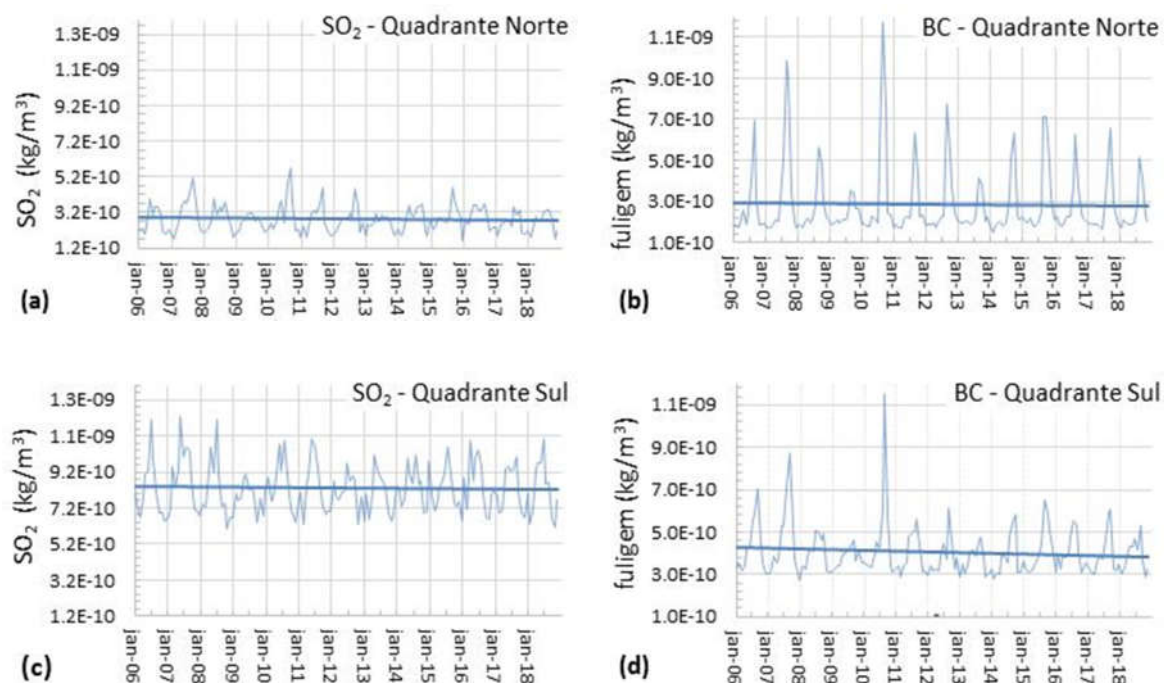


Figura 1- Séries temporais das concentrações médias mensais de (a) SO₂ e (b) BC para o quadrante norte e de (c) SO₂ e (d) BC para o quadrante sul, de 2006 a 2018.

Os valores médios da concentração de fundo (dezembro a maio) de SO₂ para o período estudado foram de $3,3 \times 10^{-10} \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ para o quadrante norte e de $7,0 \times 10^{-10} \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ para o sul. Os valores médios para o período mais seco (junho a novembro) foram de $4,0 \times 10^{-10} \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ para o quadrante norte e de $7,8 \times 10^{-10} \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ para o sul. O maior pico mensal de concentração para o quadrante sul aconteceu em junho de 2007, com o valor de $1,2 \times 10^{-9} \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$. Já para o quadrante norte o maior pico ocorreu em setembro de 2010 com o valor de $5,6 \times 10^{-10} \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$. A variação sazonal anual é evidente (figuras 1.a e 1.c), mas não se percebe variações significativas ao longo de todos os anos do período estudado.

Os valores médios da concentração de fundo de BC para o período estudado foram de $2,2 \times 10^{-10} \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ para o quadrante norte e de $3,2 \times 10^{-10} \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ para o sul. Os valores médios de concentração para o período mais seco foram de $3,8 \times 10^{-10} \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ para o quadrante norte e de $4,5 \times 10^{-10} \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ para o sul. O maior pico mensal de concentração para os dois quadrantes aconteceu em setembro de 2010, ambos com o valor de $1,2 \times 10^{-9}$

kg.m⁻³. A variação sazonal anual também é nítida para o BC (figuras 1.b e 1.d), não se percebendo variações significativas ao longo de todos os anos do período estudado. Observa-se pela declividade das retas de ajuste linear das séries temporais apenas uma discreta tendência de diminuição de BC ao longo dos anos no quadrante sul (figura 1.d).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A emissão de fuligem e dióxido de enxofre para a atmosfera, proveniente do tráfego de veículos e atividades industriais que utilizam queima de combustíveis fósseis no sudeste brasileiro, é evidente. As fontes de emissões de fuligem são predominantemente urbanas, no entanto também se encontram no meio rural, destacando-se as queimadas. O sensoriamento remoto dos poluentes permite uma avaliação sistemática e em grande escala de toda a região, porém é necessária a implantação de uma ampla rede de monitoramento da qualidade do ar em superfície. Só assim a concentração de poluentes poderá ser verificada com precisão e boa resolução temporal, permitindo-se uma comparação com os padrões de qualidade do ar estabelecidos pela legislação nacional, assegurando-se a qualidade de vida e saúde da população desta região.

REFERÊNCIAS

- CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo). **Qualidade do ar no estado de São Paulo, 2018**. São Paulo: CETESB, 2019.
- INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). **Portal do Monitoramento de Queimadas e Incêndios**. Disponível em <<http://www.inpe.br/queimadas>>. Acesso em: 10 out. 2019.
- GMAO (Global Modeling and Assimilation Office). **MERRA-2 tavgM_2d_aer_Nx: 2d, Monthly mean, Time-averaged, Single-Level, Assimilation, Aerosol Diagnostics V5.12.4**, Greenbelt, MD, USA, Goddard Earth Sciences Data and Information Services Center, 2015. Disponível em: <https://disc.gsfc.nasa.gov/datasets/M2TMNXAER_5.12.4/summary>. Acesso em: 13 abr. 2019.
- OMETTO, A. R. et al. **Mapeamento de potenciais de impactos ambientais da queima de cana-de-açúcar no Brasil**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, XII, 16-21, Goiânia, Brasil, abr. 2005.
- RIBEIRO, H. Queimadas de cana-de-açúcar no Brasil: efeitos à saúde respiratória. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, p. 370-376, 2008.
- RIENECKER, M. M., et al. **Atmospheric reanalyses: Recent progress and prospects for the future**. NASA/TM-2011, NASA/GSFC, 35 pp. 2011.