

Estudo das máximas e mínimas colunas totais de NO₂ sobre a região nordeste do Brasil

Study of the maximum and minimum total columns of NO₂ on the northeastern region of Brazil

Paulo Antunes¹, Glauber Lopes Mariano¹ e Ericka Voss Chagas Mariano¹

¹Instituto de Ciência Atmosféricas, Maceió, Brasil

Resumo

O dióxido de nitrogênio (NO₂) é um gás emitido por fontes antrópicas diretamente para a atmosfera, tendo como a mais relevante delas os veículos automotores. Neste trabalho os softwares Erdas Imagine, GRADS e R foram utilizados com dados obtidos na plataforma Giovanni da NASA (disponíveis em <http://giovanni.gsfc.nasa.gov/giovanni/>) oriundos do sensor Ozone Monitoring Instrument (OMI) localizado no satélite AURA. Na série de dados foram efetuados médias, mínimos e máximos com o intuito de observar e identificar as áreas com a maior concentração de NO₂ na região Nordeste e o comportamento do poluente sobre a mesma região. Dentre os valores máximos identificados em cada um dos meses nove deles aconteceram na Bahia incluindo o valor máximo de toda a série no mês de Julho na região próxima a Roda Velha na Bahia e possui valor de 4.88E+15 1/cm², o estado com a menor ocorrência de valores elevados de concentração é o Rio Grande do Norte, porém a menor média (2,06E+15 1/cm²) e o menor valor (1.75E+15 1/cm²) ocorrem na região próxima da cidade de São Luís (Maranhão) com 2,06E+15 1/cm².

Palavras-chave: Poluição Atmosférica 1. Smog Fotoquímico 2. Sensoriamento Remoto 3.

Abstract

Nitrogen dioxide (NO₂) is a gas emitted from anthropogenic sources directly into the atmosphere, with the most relevant being automotive vehicles. In this work were used the softwares Erdas Imagine, GRADS and R with data obtained from the NASA Giovanni platform (available at <http://giovanni.gsfc.nasa.gov/giovanni/>) from the Ozone Monitoring Instrument (OMI) sensor located on the satellite AURA. In the data series, averages, minimum and maximum were used to observe and identify the areas with the highest concentration of NO₂ in the Northeast region and the behavior of the pollutant on the same region. Among the maximum values identified in each of the months, nine occurred in Bahia including the maximum value of the whole series in July in the region near Roda Velha in Bahia and has a value of 4.88E+15 1/cm², the state with the lowest occurrence of high concentration values is Rio Grande do Norte, but the lowest mean (2.06E+15 1/cm²) and the lowest value (1.75E+15 1/cm²) occur in the region near the city of São Luís (Maranhão) at 2.06E+15 1/cm².

Keywords: Atmospheric pollution 1. Photochemical smog 2. Remote sensing 3.

1 Introdução

A produção dos óxidos de nitrogênio ($\text{NO}_x = \text{NO} + \text{NO}_2$) acontece na natureza por uma ação bacteriana, porém sua concentração em ambientes urbanos é muito maior do que em áreas desabitadas. As concentrações altas na atmosfera ocorrem mais precisamente na troposfera, pois os óxidos de nitrogênio são bastante reativos levam a formação de ozônio nesta camada, podendo contribuir para problemas cardiorrespiratórios, bem como diminuir a resistência a essas doenças (AHRENS, 2009). O tráfego de automóveis e o aumento da concentração do dióxido de nitrogênio são fatores comumente relacionados à NO_2 e que fazem um paralelo entre o aumento da produção industrial e o aumento da concentração do dióxido (HEWITT, 1991).

O NO_2 tem um tempo de residência curto de menos de um dia na camada limite planetária e concentra-se próximo às fontes emissoras, facilitando o uso do sensoriamento remoto para a detecção e a caracterização da variabilidade espaçotemporal próxima à superfície (KROTKOV et al., 2015). Para este estudo, o uso do monitoramento através do sensor OMI (Ozone Monitoring Instrument) é utilizado para avaliar o comportamento deste gás na atmosfera, tendo como objetivo apontar as regiões com as máximas e as mínimas concentrações de NO_2 . Na última década pesquisas nos Estados Unidos, Japão e em várias áreas europeias (RUSSELL et al., 2012; CASTELLANOS E BOERSMA, 2012; DUNCAN et al., 2013; LAMSAL et al., 2015; TONG et al., 2015), reforçam a necessidade de fazer uma avaliação deste gás para o Brasil.

Este trabalho objetiva demonstrar as regiões em que ocorrem as máximas e as mínimas concentrações de óxido de nitrogênio, para o período de 2005 a 2015, na região do Nordeste do Brasil, pois a região possui um ritmo de crescimento de 45% maior que a média nacional em relação à frota de carros, e isto configura um local promissor para os estudos referentes à poluição. Só no início de 2009 as cidades mais que duplicaram suas frotas ganhando 4,6 milhões de novos veículos (DENATRAN, 2009), o que sugere um provável aumento na produção de NO_2 . Com a série de 10 anos de dados pode-se observar a variação da concentração do gás ao longo dos anos. Um fato a ser ressaltado é a localização do Nordeste, pois como área litorânea é interessante observar a influência que esses litorais exercem na atmosfera com relação à poluição.

2 Metodologia

Para observar as áreas com maiores concentrações de NO_2 , foi feita a divisão do trabalho em etapas. Dividiu-se a região nordeste do Brasil através do software GRADS (<http://opengrads.org/>) em quadrantes de $1^\circ \times 1^\circ$ sobre a área de estudo, sendo então geradas 156 áreas para análise. Estas foram utilizadas para a obtenção dos dados de dióxido de nitrogênio na plataforma Giovanni (<http://giovanni.sci.gsfc.nasa.gov/giovanni/>), mantida pela NASA. Os dados foram coletados no período de 2005 a 2015 e são oriundos do sensor OMI (Ozone Monitoring Instrument) a bordo do satélite AURA, sendo médias diárias para a região nordeste do Brasil.

Para a análise das concentrações sobre a região foi utilizado o software R (<https://www.r-project.org/>), com o principal intuito de simplificar o trabalho com as grandes séries de dados obtidas. Com os dados originais foi calculado médias mensais e anuais para análise das mesmas.

3 Resultados

Na figura 1 temos a variação espacial da média anual entre 2005 e 2015 onde pode observar a variação da concentração média de NO_2 sobre a área retratada.

Pode-se observar na figura, em cores mais escuras, as regiões com as maiores concentrações de NO_2 . O maior valor observado na média anual foi próximo à cidade de Salvador (Bahia) como valor de $2,94\text{E}+15$ $1/\text{cm}^2$, já o menor ocorreu próximo da cidade de São Luís (Maranhão) com $2,06\text{E}+15$ $1/\text{cm}^2$.

Nas figuras 2 e 3 são apresentadas as médias mensais para a região nordeste. Consegue-se perceber que as regiões com os maiores valores, em todos os meses, se encontram no interior do continente, assim como os menores se encontram mais próximos ao litoral. Observando o primeiro semestre (figura 2), nota-se que 5 dos picos máximos ocorrem no estado da Bahia com apenas a exceção do mês de março cujo o pico máximo se localiza no estado do Piauí. O máximo encontrado dentre os 6 primeiros meses ocorre no mês de fevereiro e se localiza na região sul da Bahia com valor de $3,98\text{E}+15$ $1/\text{cm}^2$. Já o pico mínimo encontrado dentre esses meses foi no mês de maio e se localiza no litoral do Maranhão, próximo a cidade de São Luís, possuindo um valor de $1,75\text{E}+15$ $1/\text{cm}^2$.

Já nas médias mensais do segundo semestre (figura 3) ocorrem os maiores valores de concentração média, com destaque para os meses de Setembro e Outubro.

O mês com as maiores concentrações média de NO_2 , dentro do segundo semestre, é o mês de setembro tendo seu pico máximo na região sul do Maranhão próximo ao Alto Parnaíba ($4,82\text{E}+15$ $1/\text{cm}^2$). Já o mês com o pico máximo ao longo do ano foi Julho na região próxima a Roda Velha na Bahia e possui valor de $4,88\text{E}+15$ $1/\text{cm}^2$. Pode-se perceber que a região do Polo industrial de Camaçari (Salvador) aparece com altos valores em todas as médias mensais, analisando as figuras 2 e 3, e também é um dos picos máximos da média anual (figura 1).

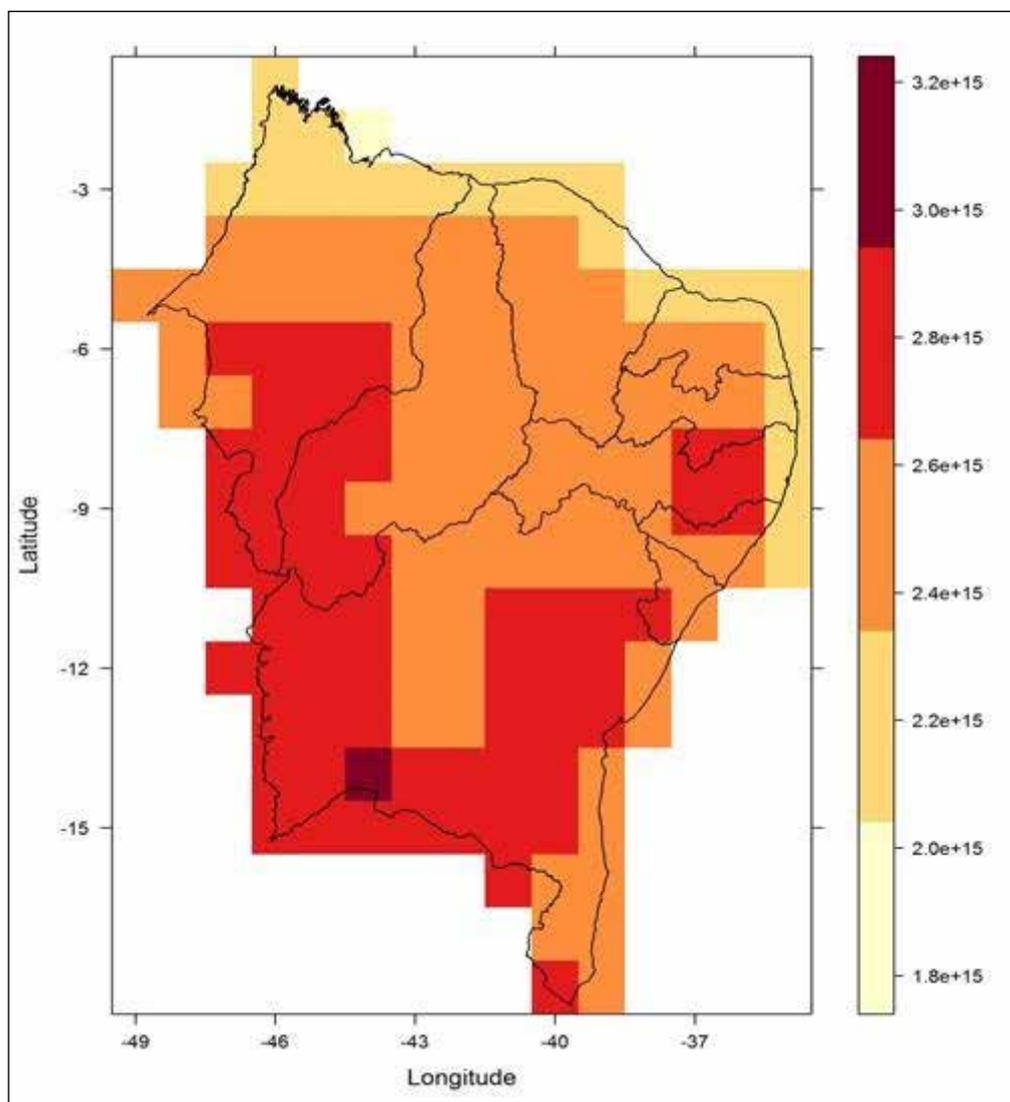


Figura 1 – Concentração média anual de dióxido do nitrogênio na região nordeste do Brasil.

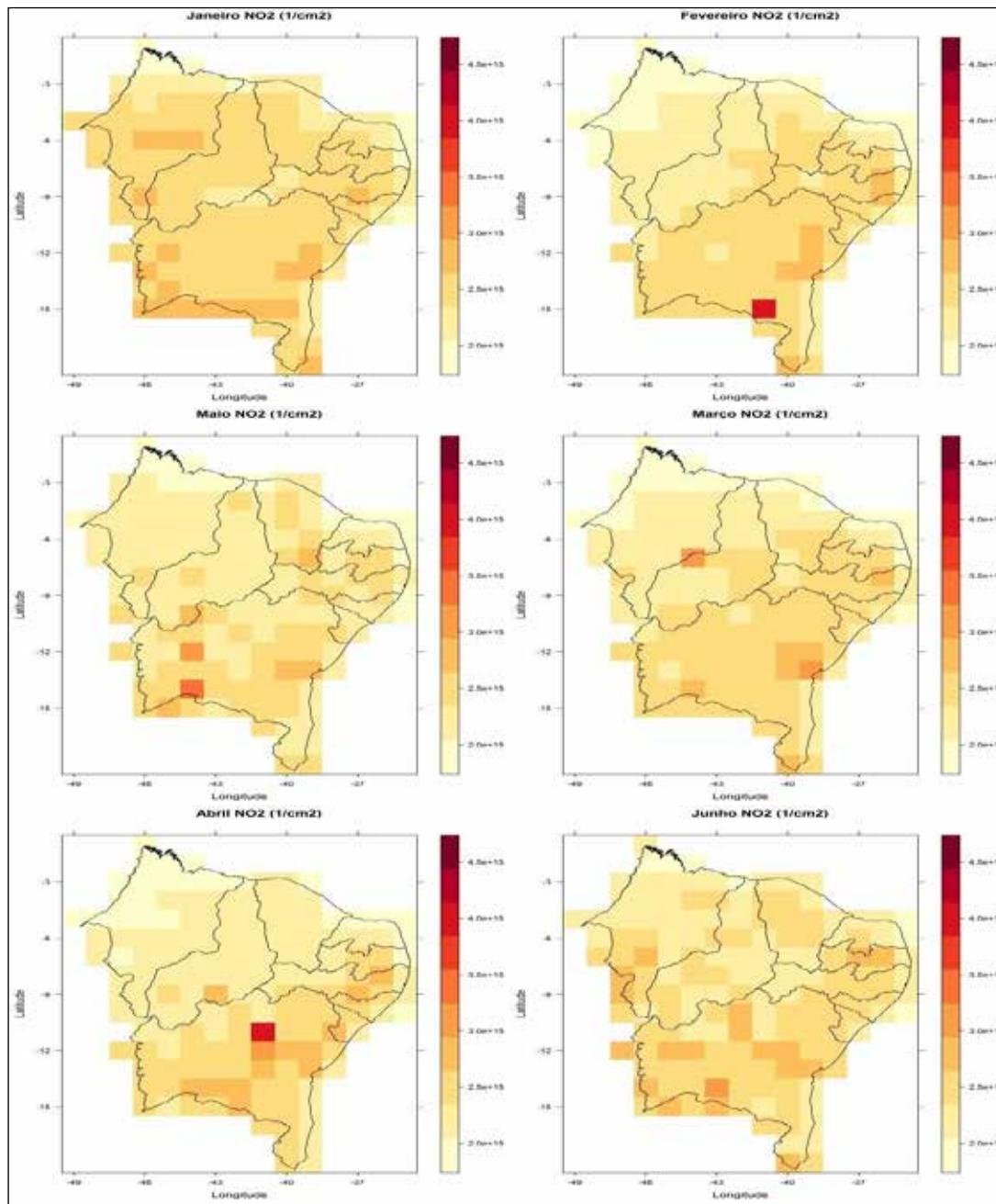


Figura 2 – Concentração média de dióxido do nitrogênio para o primeiro semestre na região nordeste do Brasil.

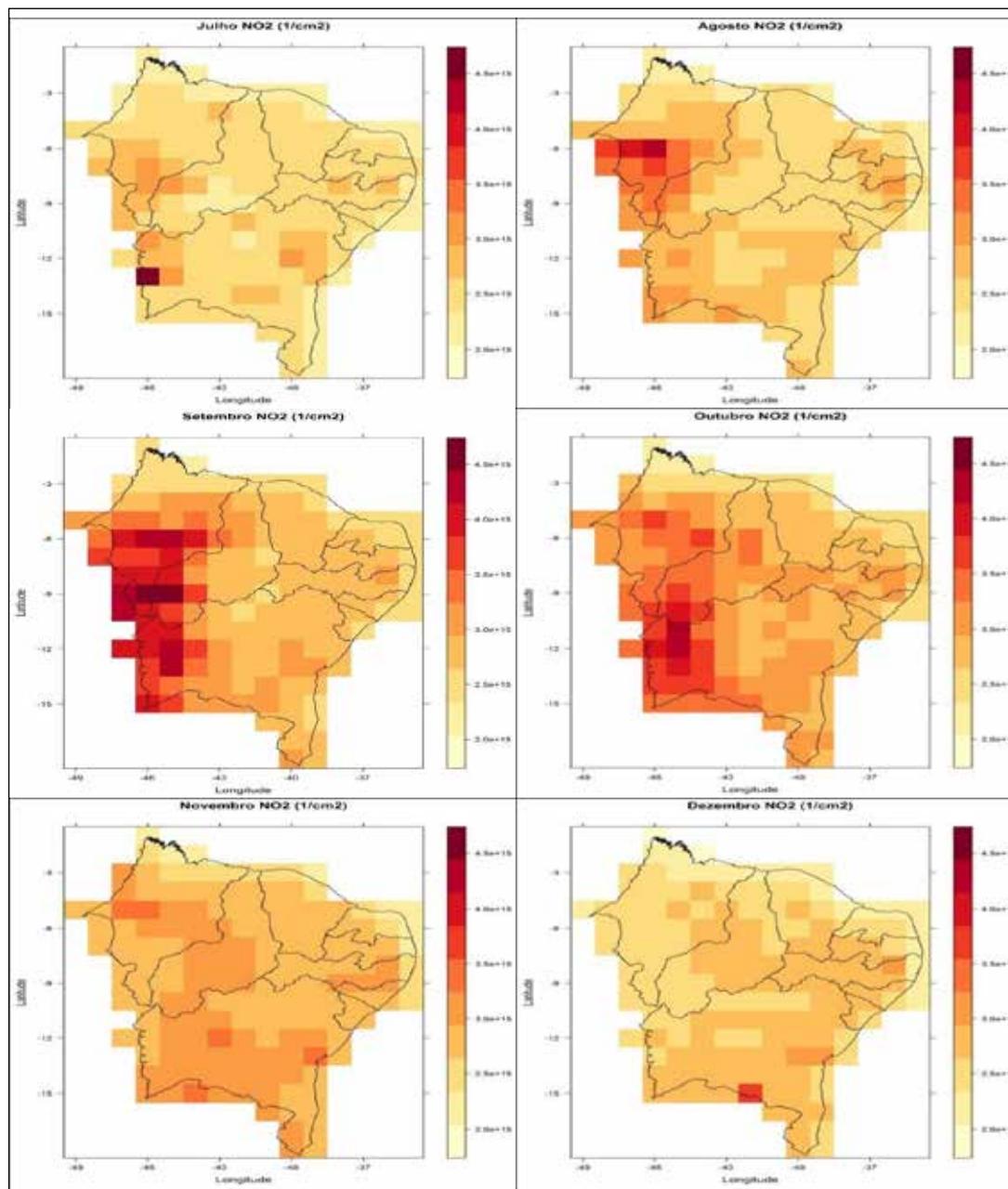


Figura 3 – Concentração média de dióxido do nitrogênio para o segundo semestre na região nordeste do Brasil.

4 Conclusões

Pode se observar que as áreas litorâneas apresentam as menores médias anuais de NO₂ possivelmente devido a entrada de grande fluxo de ar proveniente do oceano. Já as áreas dentro do continente apresentam maiores valores como, por exemplo, 4.88E+15 1/cm² no mês de Julho na região de Roda Velha (BA).

Dentre as áreas com maior concentração destaca-se o estado da Bahia que apresenta em 09 meses do ano o valor mais elevado em relação a região nordeste sendo assim o estado do nordeste com maior destaque em relação a concentração média de dióxido de nitrogênio. Em contra partida o Rio Grande do Norte possui a maior quantidade de picos mínimos e é o estado com a menor concentração média de NO₂, e o mês com o pico mínimo mais acentuado foi o mês de Fevereiro com o valor de 1.75E+15 1/cm². A capital com maiores valores encontrados de NO₂ é Salvador que apresentou sempre resultados elevados no decorrer dos 10 anos de análise e possui o maior valor na serie de dados com 8,30E+15 1/cm² e a que apresentou menor valor é São Luís com valores próximos aos picos mínimos da região analisada 7,31E+12 1/cm².

Agradecimentos

Agradecimentos principalmente para minha orientadora Ericka Voss e ao professor Glauber Mariano, pelo auxílio em todo o processo de criação deste trabalho, agradeço também ao colega Rodrigo Junior pelas dicas sobre o software R.

Referências

- AHRENS, C.D. *Meteorology Today: An Introduction to Weather, Climate, and the Environment*. EUA: Cengage Learning, 9th Edition. 2009.
- CAPELA, Marisa Veiga; CAPELA, Jorge MV. Elaboração de gráficos box-plot em planilhas de cálculo. In: CONGRESSO DE MATEMÁTICA APLICADA E COMPUTACIONAL DA REGIÃO SUDESTE–CNMAC Sudeste. 2011.
- CASTELLANOS, P.; BOERSMA, F. Reductions in nitrogen oxides over Europe driven by environmental policy and economic recession. *Scientific Reports*, v. 265, 2012.
- DUNCAN, B.; YOSHIDA, Y.; DE FOY, B.; LAMSAL, L.; STREETS, D.; LU, Z.;
- PICKERING, K.; KROTKOV, N., The observed response of Ozone Monitoring Instrument (OMI) NO₂ columns to NO_x emission controls on power plants in the United States: 2005–2011, *Atmospheric Environment*, 81, 102– 111, 2013.
- HEWITT, C. N., 1991. Spatial variations in nitrogen dioxide concentrations in urban area. *Atmospheric Environment*, 25B:429-434.
- KENDALL, M. G. Rank correlation measures. London, U.K.: Charles Griffin. 1975
- KROTKOV, N.A.; McLINDEN, C.A.; LI, C.; LAMSAL, L.N.; CELARIER, E.A. MARCHENKO, S.V.; SWARTZ, W.H.; BUCSELA, E.J.; JOINER, J.; DUNCAN, B.N.; BOERSMA, K.F.; VEEFKIND, J.P.; LEVELT; P.F.; FIOLETOV, V.E.; DICKERSON, R.R.; HE, H.; LU, Z. STREETS, D.G. Aura OMI observations of regional SO₂ and NO₂ pollution changes from 2005 to 2014, *Atmospheric Chemistry and Physics Discussions*, 15, 26,555–26,607, 2015.
- LAMSAL, L. N.; DUNCAN, B.N.; YOSHIDA, Y.; KROTKOV, N.A.; PICKERING, K.E.; STREETS, D.G.; LU, Z. U.S. NO₂ trends (2005–2013): EPA Air Quality System (AQS).
- MANN, H. B. The econometric society. *Econometrica*, 13(3), 245-259. 1945. RUSSELL, A. R.; VALIN, L.C.; COHEN, R.C. Trends in OMI NO₂ observations over the United States: Effects of emission control technology and the economic recession. *Atmospheric Chemistry and Physics*, v. 12(24), p. 197–12,209. 2012.

Paulo Antunes

Instituto de Ciência Atmosféricas, Maceió, Brasil
E-mail: paulo.antunes.dias.p@gmail.com

Glauber Lopes Mariano

Instituto de Ciência Atmosféricas, Maceió, Brasil
E-mail: glaubermariano@gmail.com

Ericka Voss Chagas Mariano

Instituto de Ciência Atmosféricas, Maceió, Brasil
E-mail: erickavoss@gmail.com