

VARIABILIDADE TEMPORAL DA CONCENTRAÇÃO ATMOSFÉRICA DE CO₂ SOBRE UMA REGIÃO DA AMAZÔNIA BRASILEIRA

FELIPE FACCO SILVA¹, KLEVE FREDDY FERREIRA CANTERAL², LUIS MIGUEL DA COSTA³, RENATA AMARAL DA SILVA⁴, NEWTON LA SCALA JR.⁵

¹ Eng. Agrônomo, Mestrando em Agronomia (Ciência do Solo), Depto de Engenharia e Ciências Exatas, FCAV/Unesp, Jaboticabal – SP, felipe.facco@unesp.br.

² Eng. Ambiental, Doutorando em Agronomia (Ciência do Solo), Depto de Engenharia e Ciências Exatas, FCAV/Unesp, Jaboticabal – SP.

³ Eng. Agrônomo, Graduando em Agronomia, Depto de Engenharia e Ciências Exatas, FCAV/Unesp, Jaboticabal – SP.

⁴ Eng. Agrônomo, Mestrando em Agronomia (Ciência do Solo), Depto de Engenharia e Ciências Exatas, FCAV/Unesp, Jaboticabal – SP.

⁵ Físico, Prof. Titular Doutor, Depto Engenharia e Ciências Exatas, FCAV/Unesp, Jaboticabal - SP.

Apresentado no
LII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2023
18 a 21 de outubro de 2023 – Ribeirão Preto - SP, Brasil

RESUMO: A Amazônia se destaca por sua vasta extensão territorial e vegetação característica exuberante, que desempenha um papel fundamental para biodiversidade do planeta e no ciclo de moléculas como o carbono. O objetivo deste trabalho foi avaliar a variabilidade temporal na concentração de dióxido de carbono atmosférico (Xco₂) a partir de sensoriamento remoto durante os anos de 2015 - 2022. A coleta de dados foi realizada junto a plataforma OCO-2 (Xco₂) utilizando-se como área delimitadora o polígono compreendido entre as coordenadas latitude 1°0'N; 5°0'S e longitude 56°0'O; 62°0'O numa região próxima a Manaus, AM onde está localizada a Torre ATTO, Observatório da Torre Alta da Amazônia. Os resultados indicam tendência de aumento da concentração do Xco₂ para a região de 2.36 ppm / ano no período. Em adição, os efeitos sazonais característicos dos períodos seco e chuvoso puderam ser observados, confirmaram assim as curvas de Keeling e o papel da atividade fotossintética das plantas no ciclo anual de Xco₂.

PALAVRAS-CHAVE: xco2, series temporais, amazônia.

TEMPORAL VARIABILITY OF ATMOSPHERIC CO₂ CONCENTRATION OVER A BRAZILIAN AMAZON REGION

ABSTRACT: The Brazilian Amazon stands out for its vast territorial extension and exuberant vegetation, comprising a large percentage of one of the main biomes in the country, the Amazon rainforest, in which this ecosystem (biome) plays a fundamental role in the planet's biodiversity and in the cycle of molecules like carbon. The objective of this work was to evaluate the temporal changes in atmospheric carbon dioxide (Xco₂) concentrations through the decomposition of the time series, between the years 2015 and 2022, using remote sensing data. Data collection was carried out on the OCO-2 (Xco₂) platforms, using the polygon between coordinates latitude 1°0'N; 5°0'S and longitude 56°0'W; 62°0'W a region close to Manaus, AM region where the ATTO Tower, Amazonia High Tower Observatory is located. The results indicate an upward trend in Xco₂ concentration towards the region of 2.36 ppm / year. In addition, the characteristic seasonal effects of the dry and rainy periods could be observed, thus confirming the Keeling curves and the role of photosynthetic activity of plants in the annual cycle of Xco₂.

KEYWORDS: xco2, time series, amazon.

INTRODUÇÃO: O desmatamento da Amazônia legal brasileira tem chamado a atenção de pesquisadores e autoridades públicas, especialmente diante do crescente debate sobre as causas e nas mudanças climáticas globais e nos gases de efeito estufa (GEE) (CARVALHO, 2014). Observar os fenômenos distribuídos no tempo é uma forma eficaz de compreender características diversas, como a partir das características (a) tendência, refere-se ao sentido geral na qual a série temporal se desenvolve; (b) periodicidade, são oscilações ou desvios de longo prazo; (c) sazonalidade, diz respeito às oscilações com padrões; (d) termos aleatórios, que ocorrem como forma de deslocamentos inexplicáveis dentro da série (MAKRIDAKIS & WHEELWRIGHT, 1982). A decomposição de séries temporais pode ocorrer através de diversos métodos (MORETTIN & TOLOI, 2004) como a partir da criação de modelos regressivos que correlacionam a variação do Xco₂ com fenômenos associados a vegetação da região de estudo. Diante disso o objetivo com esse trabalho foi analisar de forma decomposta a série de médias mensais do Xco₂, identificando seus componentes de tendência, sazonalidade e erro.

MATERIAL E MÉTODOS: A análise foi feita para uma região no interior da Amazônia, próxima a Manaus AM, em uma área estimada de 44,5 mil km² entre as coordenadas lat 1°0'N; 5°0'S e lon 56°0'O; 62°0'O, região onde fica a torre ATTO. O período de análise foi de 2015 a 2022, sendo este período definido pela disponibilidade de dados do Satélite OCO-2 da NASA. O observatório de Carbono em Órbita-2 inclui estimativas georreferenciadas da concentração média de dióxido de carbono na coluna de ar seco (Xco₂). O satélite OCO-2 possui resolução espacial de 2.25 km x 1.29 km e resolução temporal de 16 dias. Para criar a série temporal os dados foram agrupados em médias mensais para a região e a decomposição da série se deu pelo método de decomposição clássica de médias móveis, por meio do modelo aditivo, onde $Y = T+C+S+E$ (1). Em que Y = valor da série, T = componente de tendência, C = componente cíclica S = componente sazonal e E = componente aleatória, todos os componentes para o tempo t . O processamento dos dados e análise dos dados foi feito em ambiente R, onde também se aplicou o método de decomposição da série por meio da função de decomposição do pacote Stats (KENDALL, 1946).

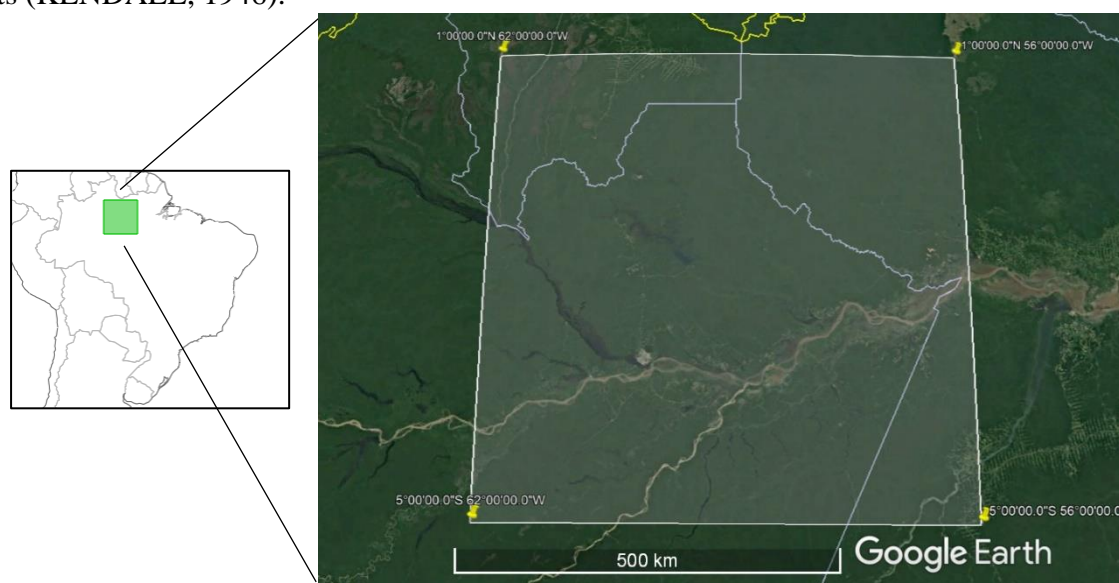


FIGURA 1. Área de coleta dos dados delimitada na plataforma GES DISC Earth Data da NASA.

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

A concentração de CO₂ (Xco₂) na atmosfera da área em estudo apresentou crescimento constante ao longo do período estudado, vindo de valores tão baixos quanto 398,165 ± 0,024 ppm (média ± erro padrão, para jan. 2015) e tão alta quanto 417,494 ± 0,028 ppm (dez. 2022) (Figura 2). A regressão linear apresentada do Xco₂ (p < 0,01) tem uma tendência de aumento monotônico em Xco₂ de 2,36 ppm/ano (Figura 2).

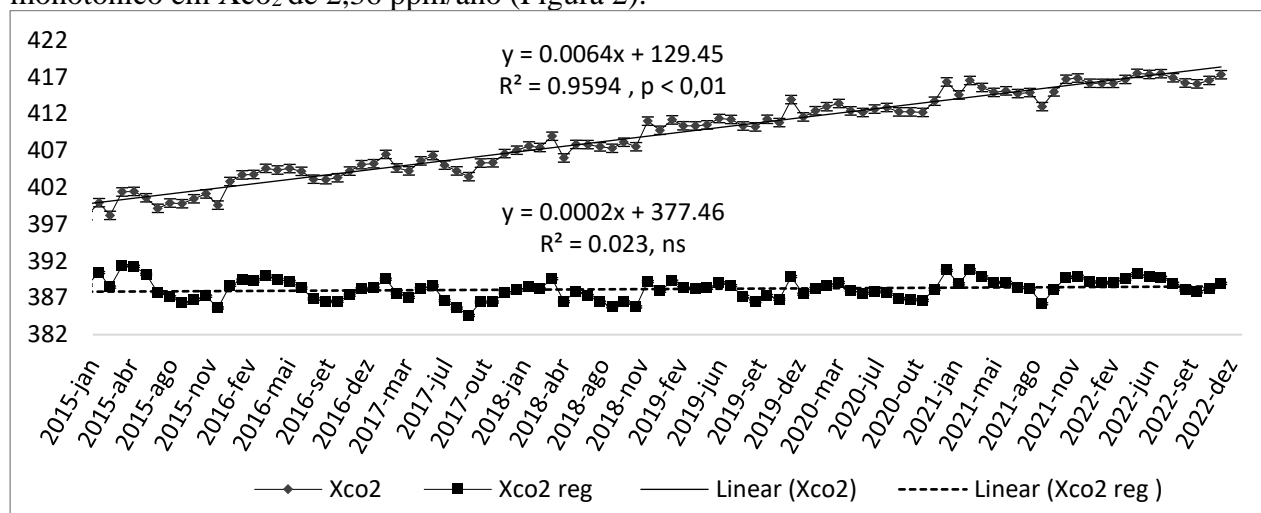


FIGURA 2. Série temporal e regressão linear do Xco₂ e Xco₂ reg de janeiro 2015 a dezembro de 2022.

A tendência de aumento mundial foi retirada de Xco₂ produzindo o Xco₂ reg que se mostrou com tendência de aumento não significativo (Figura 2), ao nível de 5% de significância. Outro aspecto observado são as “curvas de Keeling” que indicam o componente sazonal da série (Figura 3a) (KELLING, 1978), em que as mudanças de Xco₂ responderam com maiores valores nas estações seca e menores valores nas chuvosas, fator que está relacionado a ativação fotossintética das plantas (MORAIS FILHO, 2021). Os efeitos aleatórios (Figura 3b) não apresentaram tendência de aumento significativa ao longo dos anos (p > 0,05).

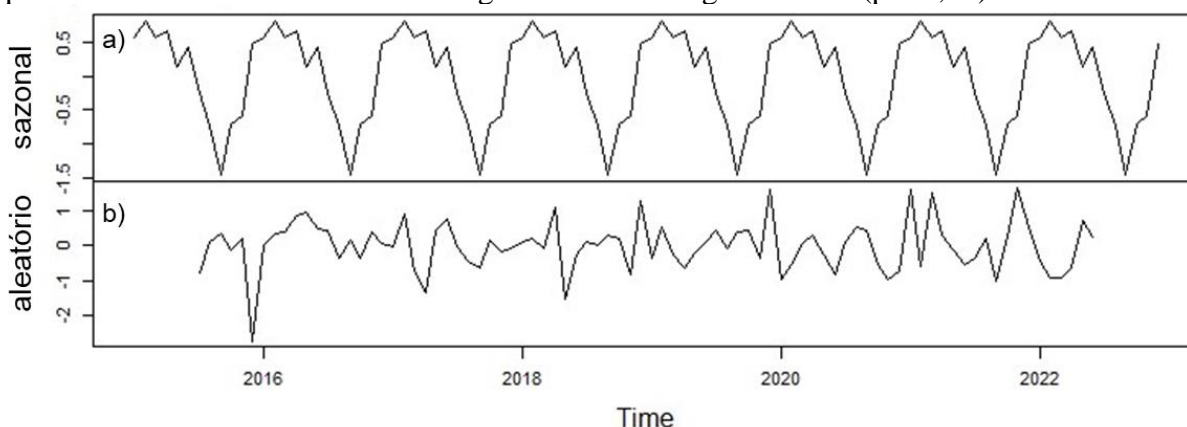


FIGURA 3. Decomposição aditiva da série temporal, efeitos sazonais (a) e efeitos aleatórios da série (b) para o período de janeiro de 2015 a dezembro de 2022.

CONCLUSÕES: A distribuição temporal dos dados é uma importante ferramenta para compreender a evolução da concentração dos GEE, permitindo captar alterações e tendências durante o período estudado. Métodos como o de decomposição de séries temporais pode ser um

forte aliado metodológico para compreender essas informações, auxiliando a aplicação de modelos que melhor representem a variação dos GEE na região e consequentemente no mundo.

AGRADECIMENTOS: Agradecimentos a Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior - CAPES pela concessão da bolsa de mestrado ao primeiro autor.

REFERÊNCIAS:

CARVALHO, Terciane Sabadini. Uso do solo e desmatamento nas regiões da Amazônia legal brasileira: condicionantes econômicos e impactos de políticas públicas. 2014.

KEELING, C. D. Atmospheric carbon dioxide in the 19th century. In: Science 202 (4372), STUIVER, Minze. Atmospheric carbon dioxide in the 19th century. Science, v. 202, n. 4372, p. 1109-1109, 1978.

KENDALL, Maurice George et al. The advanced theory of statistics. The advanced theory of statistics., n. 2nd Ed, 1946.

MAKRIDAKIS, Spyros; WHEELWRIGHT, Steven C. Handbook of Forecasting: A Manager's Guide. JOHN WILEY & SONS, INC., 605 THIRD AVE., NEW YORK, NY 10158, 1982, 592, 1982.

MORETTIN, P. A.; TOLOI, C. M. C. Análise de Series Temporais, Edgard Blucher. 2004.

MORAIS FILHO, L. F. F., DE MENESES, K. C., DE ARAÚJO SANTOS, G. A., DA SILVA BICALHO, E., DE SOUZA ROLIM, G., LA SCALA JR, N. (2021). xCO2 temporal variability above Brazilian agroecosystems: A remote sensing approach. Journal of environmental management, 288, 112433.