

## ANÁLISE DA CONCENTRAÇÃO DE BLACK CARBON E FOCOS DE QUEIMADAS NA AMAZÔNIA LEGAL ENTRE OS ANOS DE 2016 E 2021 A PARTIR DE DADOS DO MERRA-2

Francisco Ivam Castro do Nascimento<sup>1</sup>, Gabriela Alencar Arraes<sup>2</sup>, Débora Souza Alvim<sup>3</sup>, João Paulo Assis Gobo<sup>4</sup>, Leonardo Italo de Moura Jesus<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Rondônia UNIR, Campus Porto Velho - Av. Pres. Dutra, 2965 - Olaria, Porto Velho - RO, 76801-058, ivam.nc@gmail.com; <sup>2</sup>Escola de Engenharia de Lorena (EEL) - USP, Estrada Municipal Chiquito de Aquino, N°1000, Mondesir, Lorena/SP, gabriela.arraes@usp.br; <sup>3</sup>Escola de Engenharia de Lorena (EEL) - USP e CPTEC-INPE, Rodovia Presidente Dutra km 40, Centro - Cachoeira Paulista - SP, deborasalvim@gmail.com <sup>4</sup>Universidade Federal de Rondônia - UNIR, Campus Porto Velho - Av. Pres. Dutra, 2965 - Olaria, Porto Velho - RO, 76801-058, joao.gobo@unir.br. <sup>5</sup>Universidade Federal de Rondônia UNIR, Campus Porto Velho - Av. Pres. Dutra, 2965 - Olaria, Porto Velho - RO, 76801-058, leonardoclimatologiaunir@gmail.com.

### RESUMO

É notado que nos últimos anos as queimadas para ocupação territorial e manejo agropecuário se intensificaram, tendo como um dos efeitos o aumento da concentração de poluentes na atmosfera, causando efeitos danosos ao meio ambiente e à saúde humana. Esta pesquisa teve como objetivo analisar os focos de queimadas e as concentrações de *black carbon* (BC), com dados de reanálise do MERRA-2 na atmosfera, próximo da superfície na região da Amazônia Legal durante o período dos anos de 2016 até 2021 a fim de compreender o comportamento e distribuição deste poluente atmosférico e sua relação com as queimadas. Como resultado, os maiores números BC foram encontrados nos meses de julho, agosto, setembro e outubro, coincidindo com os meses de mais baixa precipitação e umidade relativa, verificando um aumento ainda maior nos últimos três anos deste estudo 2019 a 2021.

**Palavras-chave** — Black Carbon, MERRA-2, Poluentes Atmosféricos, Amazônia.

### ABSTRACT

*It is noted that in recent years fires for land occupation and agricultural management have intensified, having as one of the effects the increase in the concentration of pollutants in the atmosphere, causing harmful effects to the environment and human health. The objective of this research was to analyze the fires and the concentrations of black carbon (BC), with MERRA-2 reanalysis data in the atmosphere, near the surface in the Legal Amazon region during the period from 2016 to 2021 in order to understand the behavior and distribution of this air pollutant and its relationship with fires. As a result, the highest BC numbers were found in the months of July, August, September and October, coinciding with the months of lowest rainfall and relative humidity, with an even greater increase in the last three years of this study 2019 to 2021.*

**Key words** — Black Carbon, MERRA-2, air pollutants, Amazon.

A Amazônia legal tem sido palco de um processo intenso de ocupação humana, o que levou à intensificação das atividades econômicas e, por consequência, aumento da exploração de recursos naturais na região [1]. A perda de floresta nativa chegou a 10.476 km<sup>2</sup> de floresta entre agosto de 2020 e julho de 2021.

Nos últimos 12 meses, a região perdeu uma área de floresta equivalente a nove vezes o tamanho da cidade do Rio de Janeiro. O acumulado é 57% maior ao desmatamento registrado no calendário anterior, de agosto de 2019 a julho de 2020, que foi de 6.688 km<sup>2</sup> de desmatamento [2]

Com o aumento expressivo das queimadas, consequentemente a exposição dos seres humanos aos gases poluentes emitidos também aumenta, podendo acontecer principalmente através da inalação e ingestão, levando o organismo a absorver substâncias tóxicas [3]. Entre as substâncias tóxicas está o *Black Carbon* (Carbono Negro – CB), que é um produto do intemperismo do carbono grafítico em rochas [4] e da combustão incompleta de combustíveis fósseis e vegetação [5]. Os efeitos destas emissões causam impactos em escala local, regional e global, visto que alteram composição química e propriedades físicas da atmosfera, gerando um desbalanceamento radioativo espalhando radiação solar e aquecendo a atmosfera [6]

O material particulado fino (MP) e o *Black Carbon* são considerados dois dos piores poluentes atmosféricos, afetando a saúde humana. Salienta-se que o BC é um dos principais componentes do MP<sub>2,5</sub> [10] Além disso, o Black Carbon é considerado um poluente de origem antropogênica, sendo uma importante fração do material particulado atmosférico, produzido basicamente pela queima de biomassa e de combustíveis fósseis [11]

Nesse sentido, o objetivo desta pesquisa foi analisar, a partir de dados de reanálise do MERRA-2 (*Modern Era Retrospective-Analysis for Research*), a concentração de *Black Carbon* (BC) na Amazônia Legal Brasileira entre os anos de 2016 e 2021.

## 1. INTRODUÇÃO

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo deste trabalho é a Amazonia Legal, a qual representa cerca de 59% do território brasileiro e está compreendida nos estados Acre, Amapá, Amazonas, Mato Grosso, Pará, Rondônia, Roraima, Tocantins e parte oeste do meridiano de 44°W do Maranhão.

O estado com a maior área de floresta é Amazonas seguido pelo Acre, que possui predominantemente Florestas Ombrófilas Densas (Ministério do Meio Ambiente, s.d.). Já os estados que possuem a menor área de floresta são Tocantins e Maranhão, estando inseridos na zona de transição geográfica entre a floresta amazônica e o cerrado. No Tocantins, somente 9% do Estado é ocupado pelo Bioma Amazônia e no Maranhão apenas 35% [7]

Foi feito o levantamento dos dados de concentração do poluente analisado para a região da Amazônia legal no período de 2016 até 2021. Os dados de reanálise do MERRA-2 Black Carbon (micrograma/m<sup>3</sup>) foram extraídos do site do Giovanni da NASA, (<https://giovanni.gsfc.nasa.gov/giovanni/>). A reanálise atmosférica produz registros de alta resolução espacial e temporal global de campos meteorológicos e composição da atmosfera terrestre [8], essencial para análise do presente estudo. Para a elaboração do mapa da concentração mensal na atmosfera próxima da superfície de BC na região da Amazônia Legal foi utilizado o software NCL da NCAR. A Concentração sazonal de *black carbon* foi dividida trimestralmente (dezembro, janeiro, fevereiro – DJF / março, abril, maio – MAM / junho-julho-agosto – JJA / setembro, outubro, novembro – SON. Também foi adicionado mais um conjunto de mapas (agosto, setembro, outubro – ASO), para efeitos de comparação com os demais trimestres analisados.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O sudoeste da Amazonia Legal concentra o maior número de focos de queimada e, conseqüentemente, as maiores concentrações de poluentes.

A maior parte dos focos de queimada são em decorrência do avanço da expansão agrícola e do desmatamento que acompanham o eixo das rodovias. Esta região tem como principal meio de desenvolvimento econômico a pecuária e a agricultura, atividades que, de modo arcaico, exigem o fogo como instrumento de limpeza do local para se realizar o manejo (figura 1).

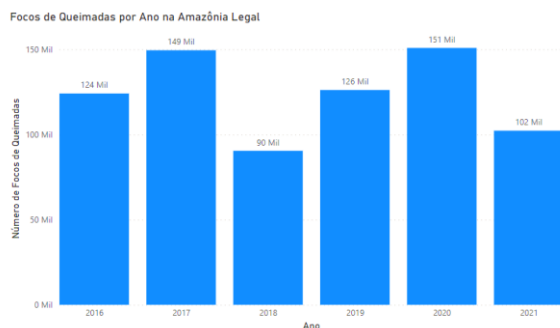


Figura 1 - Somatório anual dos focos de queimada na região da Amazônia Legal entre os anos de 2016 até 2021. Elaborado pelo autor, 2022.

Observa-se partir da Figura 1 o maior somatório anual de queimadas nos anos de 2020, 2017 e 2019. As queimadas são comumente utilizadas para limpeza da terra, em função da expansão da fronteira agropecuária nessa região [13] O desmatamento nesta região aumentou expressivamente nos últimos três anos e, de acordo com dados do PRODES [12], em 2020 foram desmatados 10.800 km<sup>2</sup> e 2021 bateu recorde dos últimos 15 anos, perdendo 13.000 km<sup>2</sup>. As atividades principais responsáveis são a pecuária extensiva, provocando a abertura de cada vez mais novas áreas, e pela produção de commodities, com destaque para a crescente expansão da soja [9]

Na Figura 2 abaixo está representado o somatório do número de queimadas por mês e na região da Amazônia Legal de 2016 a 2021. Para todos os anos deste estudo, nota-se a ocorrência do maior número de focos de queimadas durante os meses de julho a outubro.

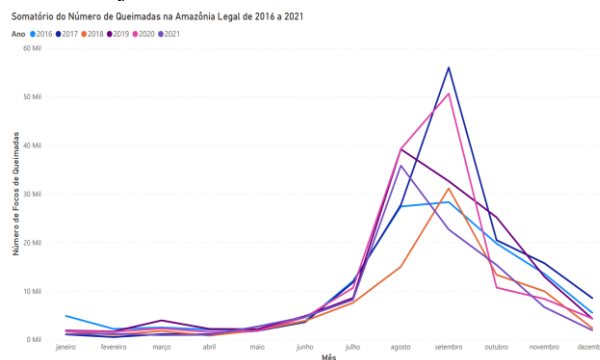


Figura 2 - Somatório mensal dos focos de queimada na região da Amazônia Legal entre os anos de 2016 até 2021. Elaborado pelo autor, 2022.

A Figura 3 apresenta a distribuição da concentração (micrograma/m<sup>3</sup>) de *black carbon* na atmosfera próxima da superfície da região de estudo, obtida através de dados de reanálise do MERRA-2 de 2016 a 2021. Para este poluente, a elevação da concentração é observada a partir do período Junho-Julho-Agosto (JJA), se propagando do sul do Amazonas e norte de Rondônia, atingindo maior intensidade no período ASO – com ênfase no ano de 2020 que apresentou a maior concentração por todo o estado de Rondônia, parte noroeste e sudoeste do Mato Grosso, sul do Amazonas e do Pará.

As concentrações elevadas deste poluente na atmosfera indicam intensa atividade de queimada como causa, dado que são regiões pouco industrializadas e emissões industriais não possuem impacto significativo neste resultado.

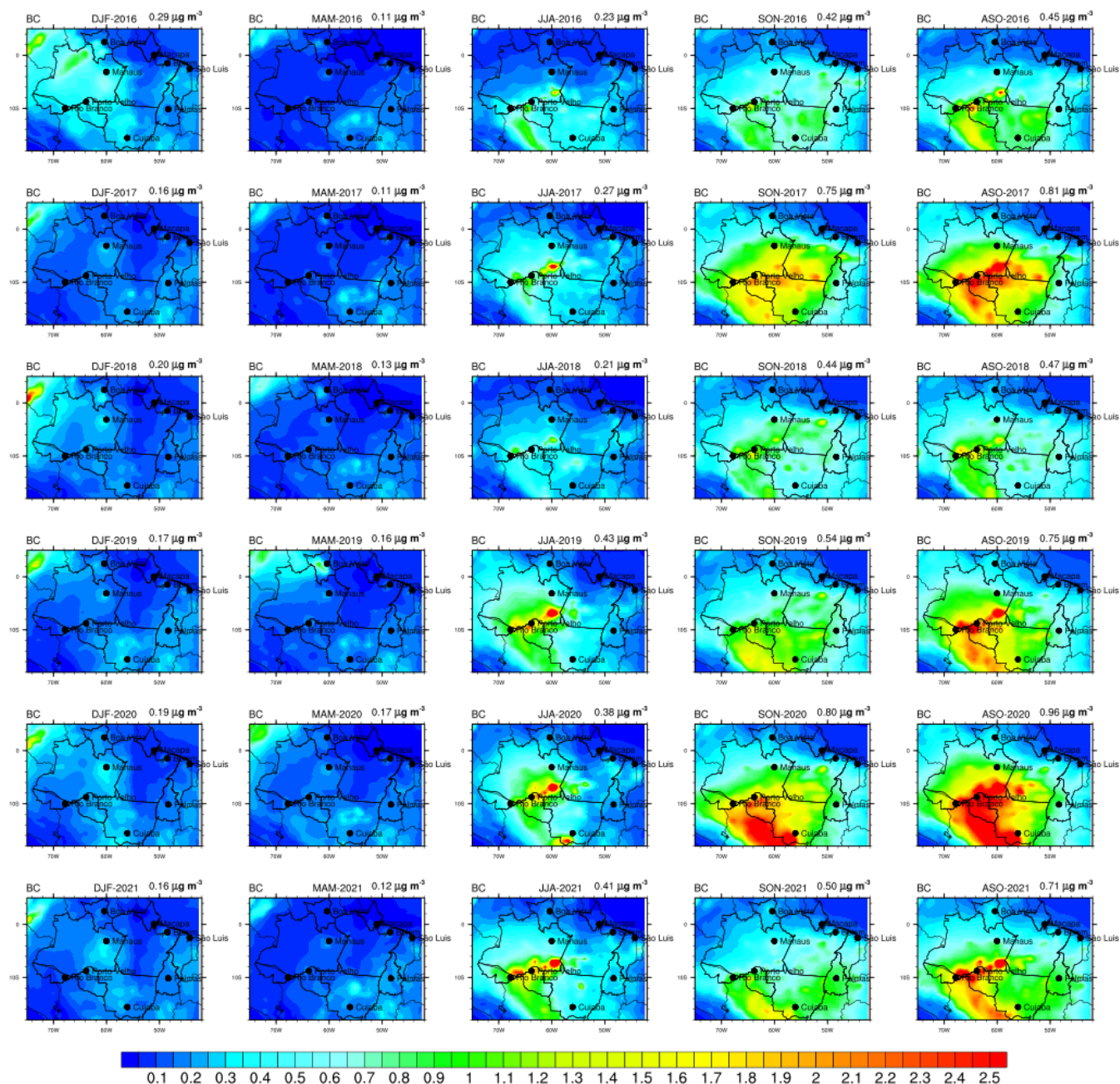


Figura 3 - Concentração sazonal de black carbon (micrograma por m<sup>3</sup>) na atmosfera próximo da superfície para os anos de 2016 até 2021 na região da Amazônia Legal. Fonte: Autores, 2022.

Já para as menores concentrações, os estados Amapá, Roraima, extremo norte do Acre, do Amazonas e do Pará são as regiões que apresentam as menores concentrações desse poluente ao longo do ano todo – com ênfase para o Amapá que é o estado que se mantém nas zonas de menor concentração registrada quando comparado aos outros estados. Por ser um material caracterizador de processos de combustão devido ao seu elevado tempo de residência na atmosfera, também é indicador de atividade antropogênica.

A estação seca deixa a vegetação mais suscetível a queimadas naturais ou não intencionais. Além disso, a redução nos níveis de precipitação está associada a um aumento na ocorrência dos focos de calor na região [11] [14].

#### 4. CONCLUSÕES

A sazonalidade das elevadas concentrações do poluente analisado foi identificada no período ASO, em que os poluentes

apresentaram as maiores concentrações, principalmente nos estados de Rondônia, Mato Grosso e Amazonas. O ano de 2020 se destaca por ser o ano em que houve as maiores concentrações dos poluentes e por ser também o ano com o maior número de focos de queimadas do período analisado com 151 mil focos registrados.

Observou-se a maior concentração do BC nos meses de julho a outubro no período de estiagem na região. A região nordeste da área de estudo apresentou as menores concentrações de poluentes quando comparada às regiões onde ocorrem as maiores concentrações de focos de calor e poluição. Porém a partir do mês de maio até outubro a pluma de poluição que é gerada nas regiões de queimadas do sudoeste da área de estudo se espalha atingindo, também, a região preservada do nordeste da Amazônia. Porém, foi essa região que apresentou as menores concentrações de poluentes.

## 5. REFERÊNCIAS

- [1] STEINBERGER, M. Poluição Urbana do Ar por Queimadas na Amazônia Brasileira. *In: Encontro da Associação Brasileira de Estudos Populacionais*, 13., 2002, Ouro Preto. **Anais** [...]. Ouro Preto, 2002. Disponível em: <<http://www.abep.org.br/~abeporgb/publicacoes/index.php/anais/article/viewFile/1173/1137>>. Acesso em: 02 de set. de 2021.
- [2] FONSECA, A; ALVES, A; RIBEIRO, J; SOUZA, Jr: 2020. Ameaça e Pressão e Desmatamento em Áreas Protegidas: SAD de Agosto de 2019 a Julho de 2020. (p. 2). Belém: Imazon. Disponível em: <https://amazon.org.br/publicacoes/ameaca-e-pressao-de-desmatamento-em-areas-protegidas-sad-de-agosto-de-2019-a-julho-de-2020/> Acesso em: 20 dez. 2022.
- [3] KAMPA, M.; CASTANAS, E. Human health effects of air pollution. **Environmental pollution**, v. 151, n. 2, p. 362-367, 2008.
- [4] DICKENS, A.F., GELINAS, Y., MASIELLO, C.A., WAKEHAM, S., HEDGES, J.I., 2004. Reburial of fossil organic carbon in marine sediments. **Nature** 427, 336–339.
- [5] KOELMANS, Albert A. et al. Black carbon: the reverse of its dark side. **Chemosphere**, v. 63, n. 3, p. 365-377, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2005.08.034>
- [6] FREITAS, S. R. *et al.* Emissões de queimadas em ecossistemas da América do Sul. **Estudos avançados**, v. 19, p. 167-185, 2005.
- [7] SILVA, L. A. G. C. Biomas presentes no estado do Tocantins. **Consultoria Legislativa Nota Técnica Câmara dos Deputados**, Brasília, DF, Brasil, p. 2-9, 2007. Disponível em: <<https://terrabrasilis.org.br/ecotecadigital/images/abook/pdf/1sem2015/Passivo/biomastocantins.pdf>>. Acesso em: 10 de jun. de 2022.
- [8] JESUS, L. Í. M. *et al.* Análise sazonal da concentração espacial de poluentes atmosféricos no norte de Rondônia e sul do Amazonas. **Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental.**, v. 5, p. 2521-2535, 2021.
- [9] VILLAR, R. Uma arriscada fronteira do desmatamento na Amazônia. **GreenPeace**, 2021. Disponível em: <<https://www.greenpeace.org/brasil/blog/uma-nova-e-arriscada-fronteira-do-desmatamento-na-amazonia/>>. Acesso em: 01 de julho de 2022.
- [10] SEGALIN, Bruna; GONÇALVES, Fabio LT; FORNARO, Adalgiza. Black Carbon em material particulado nas residências de idosos na Região Metropolitana de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 31, p. 311-318, 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbmet/a/fXQzsF5bnC8ZxNpTtntPjbO/?format=html&lang=pt> Acesso em: 25 set. 2022.
- [11] MARANI, Rauda Lucia et al. Flutuações diárias na concentração de Black carbon na atmosfera de São José dos Campos-SP. **Ciência e Natura**, p. 217-220, 2007.
- [12] PRODES. Coordenação-Geral de Observação da Terra. Amazônia. PRODES, 2022. Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/OBT/assuntos/programas/amazonia/prodes>>. Acesso em: 12 de julho de 2022.
- [13] ALVES, Breno Eduardo dos Santos et al. Análise dos focos de queimadas através de geotecnologia no município de Santarém no estado do Pará-Brasil. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 11, 2022.
- [14] BARBOSA, Mateus Trindade et al. Geotecnologia aplicada na identificação de incidências de queimadas no município de São Félix do Xingu/PA. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 6, p. 2022.