




ANÁLISE DA QUALIDADE DO AR EM 15 MUNICÍPIOS DE MATO GROSSO: IMPACTOS POTENCIAIS NA SAÚDE HUMANA

*Analysis of Air Quality in 15 Municipalities of Mato Grosso:
Potential Impacts on Human Health*

*Análisis de la Calidad del Aire en 15 municipios de Mato
Grosso: Impactos Potenciales en la Salud Humana*

Maísa Consuelo dos Santos 

Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT)

maisa.shimokawa@unemat.br

Eduardo Fagundes Mendes 


Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT)

eduardo.fagundes@unemat.br

Sofia Ellen da Silva Caumo 

Fundação Oswaldo Cruz (FIOCRUZ)

sofia.caumo@gmail.com

Ernandes Sobreira Oliveira Junior 

Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT)

ernandes@unemat.br

Resumo: O crescimento econômico de Mato Grosso gerou impactos ambientais, incluindo possíveis efeitos adversos na qualidade do ar. Este estudo examinou dados de 2018 a 2022 sobre a emissão diária de Material Particulado 2,5 (MP2,5) de 15 municípios do estado de Mato Grosso, usando informações do portal público da Secretaria de Meio Ambiente (SEMA-MT). Neste período, todos os municípios excederam, em algum momento, os limites diários de MP2,5 estabelecidos pela Organização Mundial da Saúde (OMS), de $5 \mu\text{g.m}^{-3}$; e pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA), de $12 \mu\text{g.m}^{-3}$; e pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), de $20 \mu\text{g.m}^{-3}$. Os municípios de Várzea Grande e Cuiabá, apresentaram as maiores concentrações médias de MP2,5 ($79,97 \pm 44,17$ e $68,61 \pm 40,05 \mu\text{g.m}^{-3}$, respectivamente), enquanto Vila Rica, teve os resultados mais

baixos ($6,97 \pm 3,57 \mu\text{g.m}^{-3}$). As análises mensais e anuais revelaram que setembro é o mês com a maior média de MP2,5 ($38,55 \pm 28,56 \mu\text{g.m}^{-3}$) e dezembro registra os menores valores ($12,33 \pm 21,33 \mu\text{g.m}^{-3}$). Os anos de 2018 e 2019 foram os mais críticos em termos de qualidade do ar. Observou-se também correlação entre as concentrações de MP2,5 e o número de óbitos por doenças respiratórias, cardiovasculares e neoplasias. Destaca-se com isso a importância de monitorar continuamente a qualidade do ar e implementar medidas eficazes para reduzir a poluição em Mato Grosso, visando proteger a saúde da população e garantir uma maior qualidade de vida.

Palavras-chave: Material particulado. Qualidade do ar. Doenças respiratórias.

Abstract: The economic growth of Mato Grosso has generated environmental impacts, including potential adverse effects on air quality. This study examined Particulate Matter 2.5 (PM2.5) data from 2018 to 2022 on daily emissions from 15 municipalities of the state of Mato Grosso, using information from the public portal of the State Environmental Secretariat (SEMA-MT). During this period, all municipalities exceeded, in some moments, the daily limits of PM2.5 set by the World Health Organization (WHO), of $5 \mu\text{g.m}^{-3}$, the United States Environmental Protection Agency (USEPA), of $12 \mu\text{g.m}^{-3}$, and the National Council for the Environment (CONAMA), of $20 \mu\text{g.m}^{-3}$. The municipalities of Várzea Grande and Cuiabá showed the highest average concentrations of PM2.5 (79.97 ± 44.17 and $68.61 \pm 40.05 \mu\text{g.m}^{-3}$, respectively), while Vila Rica had the lowest results ($6.97 \pm 3.57 \mu\text{g.m}^{-3}$). Monthly and annual analyses revealed that September had the highest average PM2.5 levels ($38.55 \pm 28.56 \mu\text{g.m}^{-3}$), while December recorded the lowest values ($12.33 \pm 21.33 \mu\text{g.m}^{-3}$). The years 2018 and 2019 were the most critical in terms of air quality. Correlations were also observed between PM2.5 concentrations and the number of deaths from respiratory, cardiovascular, and neoplastic diseases. The results highlight the importance of continuous air quality monitoring and the implementation of effective measures to reduce pollution in the state of Mato Grosso, aiming to protect public health and life quality.

Keywords: Particulate Matter. Air Quality. Respiratory Diseases.

Resumen: El crecimiento económico de Mato Grosso ha generado impactos ambientales, incluyendo posibles efectos adversos en la calidad del aire. Este estudio examinó datos de 2018 a 2022 sobre las emisiones diarias de Material Particulado 2.5 (PM2.5) en municipios, utilizando información del portal público de la Secretaría de Medio Ambiente (SEMA-MT). Durante este período, todos los municipios superaron los límites diarios de PM2.5 establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS - $5 \mu\text{g.m}^{-3}$), la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (USEPA - $12 \mu\text{g.m}^{-3}$) y el Consejo Nacional del Medio Ambiente (CONAMA - $20 \mu\text{g.m}^{-3}$). Várzea Grande y Cuiabá mostraron las concentraciones promedio más altas de PM2.5 ($79,97 \pm 44,17$ y $68,61 \pm 40,05 \mu\text{g.m}^{-3}$, respectivamente), mientras que Vila Rica registró los resultados más bajos ($6,97 \pm 3,57 \mu\text{g.m}^{-3}$). Los análisis mensuales y anuales revelaron que septiembre tuvo los niveles promedio más altos de PM2.5 ($38,55 \pm 28,56 \mu\text{g.m}^{-3}$), mientras que diciembre registró los valores más bajos ($12,33 \pm 21,33 \mu\text{g.m}^{-3}$). Los años 2019 y 2018 fueron los más críticos en términos de calidad del aire. También se observaron correlaciones entre las concentraciones de PM2.5 y el número de muertes por enfermedades respiratorias, cardiovasculares y neoplásicas. Esto destaca la importancia de monitorear continuamente la calidad del aire e implementar medidas efectivas para reducir la contaminación en el estado de Mato Grosso, con el objetivo de proteger la salud pública y calidad de vida.

Palabras clave: Material particulado. Calidad del aire. Enfermedades respiratorias.

Submetido em: 10/07/2024

Aceito para publicação em: 29/05/2025

Publicado em: 11/06/2025

1. INTRODUÇÃO

O mundo está em uma fase de transição bastante rápida, seja devido ao crescimento populacional exponencial, ou à produção tecnológica e industrial, ou até mesmo ambiental (Alves 2014). Estes avanços são observados em diversas escalas, local quando há um crescimento populacional ou econômica em virtude de uma nova indústria, por exemplo (Arruda et al., 2024); regional – quando uma região passa por uma transformação ambiental (Ikeda-Castrillon et al., 2022); e nacional – quando um país inteiro é beneficiado ou prejudicado por novos modelos de atividades humanas (Tanure et al., 2024).

Por outro lado, devido a essa transição rápida e exponencial, em muitas ocasiões, a qualidade ambiental pode também ser impactada. Observa-se que ambientes com alta cobertura de florestas, como a Amazônia podem ser impactadas pelas atividades humanas em maior escala do que fenômenos climáticos como o El Niño (Arruda et al., 2024). O Pantanal é outro exemplo de rápido efeito de mudanças ambientais provocadas pelo homem, configurando uma perda de até 16% de massa d'água em 10 anos (Lazaro et al., 2020). O Cerrado é hoje reconhecido como um *hotspot* da biodiversidade, pois abriga uma rica fauna e flora, mas possui menos de 25% da cobertura vegetal (Myers et al 2000).

A mudança ambiental observada principalmente através do desmatamento é algo que chama atenção, e é um efeito em cascata. Inicialmente observa-se a escassez hídrica (seca em uma determinada região), a qual propicia o desmatamento seguido pela queima da vegetação em novas áreas (Dos Santos et al., 2023).

Dentre estas ações humanas, as queimadas podem ainda impactar a saúde humana de formas diretas e indiretas (Caumo et al., 2022; Ignotti et al., 2010) a partir da geração de resíduos, dentre eles, material particulado que fica em suspensão na atmosfera. Essas partículas são divididas em material particulado fino (MP_{2,5}) e material particulado grosso (MP₁₀). Essas partículas, quando em contato com o sistema respiratório, inicialmente pelas vias aéreas superiores (faringe, laringe e traqueia), podem atingir vias inferiores, pulmão e alvéolos pulmonares, causando uma série de doenças, entre elas, infecções respiratórias agudas, levando a crises de asma ou inflamação exacerbada; ou então, a longo prazo, podem causar câncer, principalmente no sistema cardiorrespiratório (Caumo et al., 2016; Cetesp, 2021; Teixeira et al., 2023).

Estudos identificaram que crianças e idosos podem ter um risco maior de infecções respiratórias, manifestando sintomas imediatamente após a exposição a altas concentrações de poluentes. Essa exposição pode resultar em internações no mesmo dia e permitir que os poluentes alcancem os alvéolos pulmonares, causando prejuízos ao sistema circulatório. Além disso, pode agravar sintomas de doenças crônicas, como diabetes mellitus e infarto agudo do miocárdio (Ignotti et al., 2010; Fernandes et al., 2022; Naserinrjad et al., 2023). Sabendo-se dos efeitos nocivos causados pela emissão de MP_{2,5} proveniente de áreas com intensa atividade industrial, o estado de Mato Grosso, Centro-Oeste brasileiro, está em um momento de transição e ampla atividade pecuária, agrícola e industrial (Silva Junior et al., 2023). Por exemplo, o estado saiu de 3.033.991 pessoas no censo de 2010 para 3.658.813 pessoas no censo de 2022. Além disso, houve um aumento expressivo no número de veículos registrados em Mato Grosso (Pereira et al., 2020), entre os anos de 2018 e 2022 teve um acréscimo de 462 mil veículos (IBGE, 2022; DENATRAN, 2022).

No motor veicular ocorrem reações químicas associadas ao processo de combustão, e, através do tubo de escapamento são emitidos poluentes tais como: monóxido de carbono, hidrocarbonetos, óxidos de nitrogênio, óxidos de enxofre, ácidos orgânicos e material particulado, e à sua persistência no ambiente, pode se constituir em riscos graves à saúde (IBGE, 2022).

Mato Grosso é o décimo quarto estado de maior arrecadação por exportações industriais com desenvolvimento importante nos últimos anos (INPE, 2022; IBGE, 2022). Estes avanços também são demonstrados pelas altas taxas de desmatamento na região amazônica (Arruda et al., 2024), concomitante a grandes vendas de agrotóxicos (PIMT, 2023; SEDEC, 2023).

O estado de Mato Grosso é o terceiro no *ranking* do desmatamento, bem como é o quinto com maior número de queimadas (Luiz Ferreira et al., 2023, Almeida et al., 2021). O MP_{2,5} pode permanecer suspenso no ar por grandes períodos e com isso ser deslocado para áreas distantes do local de emissão podendo causar danos não apenas na população local.

Este trabalho tem como objetivo diagnosticar a qualidade do ar em quinze municípios do estado de Mato Grosso com base nos boletins informativos da Secretaria de Meio Ambiente (SEMA/MT) entre 2018 e 2022 e possíveis impactos relacionados à saúde pública,

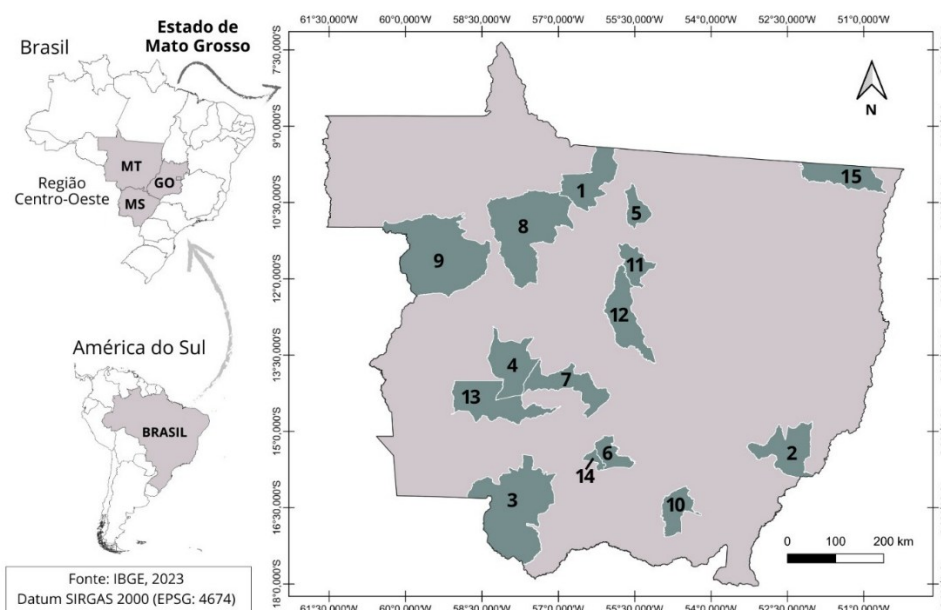
podendo também subsidiar políticas públicas e ações preventivas voltadas à saúde humana e aos impactos das transformações ambientais.

2. METODOLOGIA

2.1. Localização

O estado de Mato Grosso está localizado na porção centro-sul do Brasil, na região Centro-oeste. Possui 142 municípios, com uma área de aproximadamente 903 mil de km², limitado em sua porção norte com os estados do Pará e Amazonas, ao sul com Mato Grosso do Sul, a Leste com Goiás e Tocantins e, a oeste com Rondônia e a República da Bolívia. Possui extensões de três biomas brasileiros - Amazônia, Cerrado e Pantanal. Esse estudo analisa os dados de qualidade do ar dos municípios de: 1- Alta Floresta, 2- Barra do Garças, 3- Cáceres, 4- Campo Novo do Parecis, 5- Colíder, 6- Cuiabá, 7- Diamantino, 8- Juara, 9- Juína, 10- Rondonópolis, 11- Sinop, 12- Sorriso, 13- Tangará da Serra, 14- Várzea Grande e 15- Vila Rica (Figura 01). A escolha desses municípios foi realizada pela SEMA-MT por serem unidades de planejamento regional de Mato Grosso.

Figura 1 - Municípios utilizados no estudo com base da divulgação disponível pela Secretaria Estadual de Meio Ambiente entre os anos de 2018 e 2022, Mato Grosso, Brasil.



Fonte: Dos autores, (2024).

2.2. Aquisição de dados

Os dados disponibilizados pela SEMA-MT foram referentes a emissão de Material Particulado (MP2,5) diariamente. Entre janeiro e dezembro de 2018 e 2019, os dados foram divulgados por boletins informativos, correspondendo a 241 e 245 dias de dados coletados, respectivamente. Já para o ano de 2020, os dados publicados foram de janeiro a março (65 dias), interrompidos devido a pandemia da COVID-19. Em 2021 foram divulgados dados de julho a dezembro (157 dias). No ano de 2022 foram divulgados 155 dias, de janeiro a abril, e de agosto a dezembro. Não foram registrados dados em 2022 para o município de Várzea Grande. Os dados podem ser acessados via <http://www.sema.mt.gov.br/transparencia/index.php/gestao-ambiental/monitoramento-ambiental/qualidade-do-ar>.

Ao todo, foram analisados 12.789 dados, considerando o compilado dos dias de todos os municípios, entre os anos de 2018 e 2022 (período utilizado neste artigo), todos os municípios apresentaram 863 dias, exceto Vila Rica – 861 dias; Várzea Grande – 708 dias (nos boletins de 2022 não há dados de Várzea Grande); e Cuiabá – 864 dias. Os boletins com os dados podem ser encontrados em Qualidade do Ar Segundo a SEMA-MT, os dados divulgados foram extraídos do site do CPTEC (<http://meioambiente.cptec.inpe.br>), vinculado ao Instituto de Pesquisa Nacional Espacial – INPE. O CPTEC-INPE emprega o modelo CATT-BRAMS (Coupled Aerosol and Tracer Transport - Brazilian Regional Atmospheric Modeling System), um sistema numérico tridimensional acoplado ao BRAMS, projetado para simular o transporte e a dispersão de aerossóis e gases traçadores na atmosfera, esse modelo considera interações físico-químicas e meteorológicas, incorporando processos como emissão, transporte, transformação e remoção de poluentes (Freitas et al., 2010). Sua utilização é essencial para compreender a variabilidade espacial e temporal da qualidade do ar, fornecendo subsídios para ações de monitoramento ambiental e políticas públicas voltadas à mitigação dos impactos da poluição atmosférica (Longo et al., 2013).

A SEMA-MT apresentou os boletins com as variáveis de qualidade do ar com valores de MP2,5 medidas em $\mu\text{g.m}^{-3}$ ($\mu\text{g.m}^{-3}$ mínimas – MIN; e máximas – MAX). Classificando o status de qualidade do ar, como: “Boa” (00 a 25 $\mu\text{g.m}^{-3}$) e “Inadequada” (>25 $\mu\text{g.m}^{-3}$). Esses dados foram confrontados com informações de vendas de combustíveis, obtidos através da Agência Nacional de Combustíveis (ANP) (<https://www.gov.br/anp/pt-br>), e com dados utilizando

como filtro: Internações; óbito por município diagnóstico principal: doenças respiratória, entre os anos de 2018 a 2022, extraídos no banco de dados do Ministério da Saúde - DATASUS (Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde do Brasil) e DwWeb (Repositório de dados dos Sistemas de Informações da Secretaria de Estado de Saúde de Mato Grosso, os dados podem ser acessados em <http://appweb3.saude.mt.gov.br/dw/>).

2.3. Análise estatística

A estatística descritiva foi utilizada para caracterizar os dados de concentração de MP2,5 e fornecer um panorama da qualidade do ar nos municípios estudados entre 2018 e 2022. As análises incluíram: cálculo da média dos valores mínimos de MP2,5 ao longo do período, permitindo observar os níveis mais baixos de concentração de poluentes; determinação da média mensal dos valores máximos de MP2,5 possibilitando uma visão geral da variação da poluição ao longo do tempo; Identificação dos valores máximos de MP2,5 registrados durante todo o período, servindo como referência para classificar a qualidade do ar nos municípios analisados.

A Regressão Linear Simples foi utilizada para avaliar a relação entre a concentração de MP2,5 e as variáveis associadas (vendas de combustíveis e dados de saúde, como internações e óbitos por doenças respiratórias). O nível de significância adotado foi $p < 0,05$, garantindo que apenas associações estatisticamente significativas fossem consideradas nos resultados.

A evolução dos valores de MP2,5 foi descrita por meio de uma análise temporal, permitindo a identificação de padrões sazonais e tendências ao longo dos anos estudados e os dados mensais facilitou a comparação entre diferentes períodos e municípios, destacando possíveis variações devido a fatores ambientais, climáticos ou socioeconômicos. Para realização do diagnóstico de qualidade do ar, os valores de MP2,5 foram comparados com o que é preconizado pela Organização Mundial de Saúde – OMS, Agência de Proteção do Meio Ambiente dos Estados Unidos - USEPA e Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA Resolução nº 491/2028.

3. RESULTADOS

3.1. Situação da qualidade do ar no Mato Grosso

Durante o período analisado (12.789 dias) para os 15 municípios, 23,66% dos dias foram considerados com a qualidade do ar inadequada (Figura 2). De modo geral a média anual foi de $22,56 \mu\text{g.m}^{-3}$ de MP_{2,5} e apresentação de concentração de MP_{2,5} mínima variou de $0,0 \mu\text{g.m}^{-3}$ a $1000 \mu\text{g.m}^{-3}$; e os valores máximos foram de $0,1 \mu\text{g.m}^{-3}$ a $1250 \mu\text{g.m}^{-3}$.

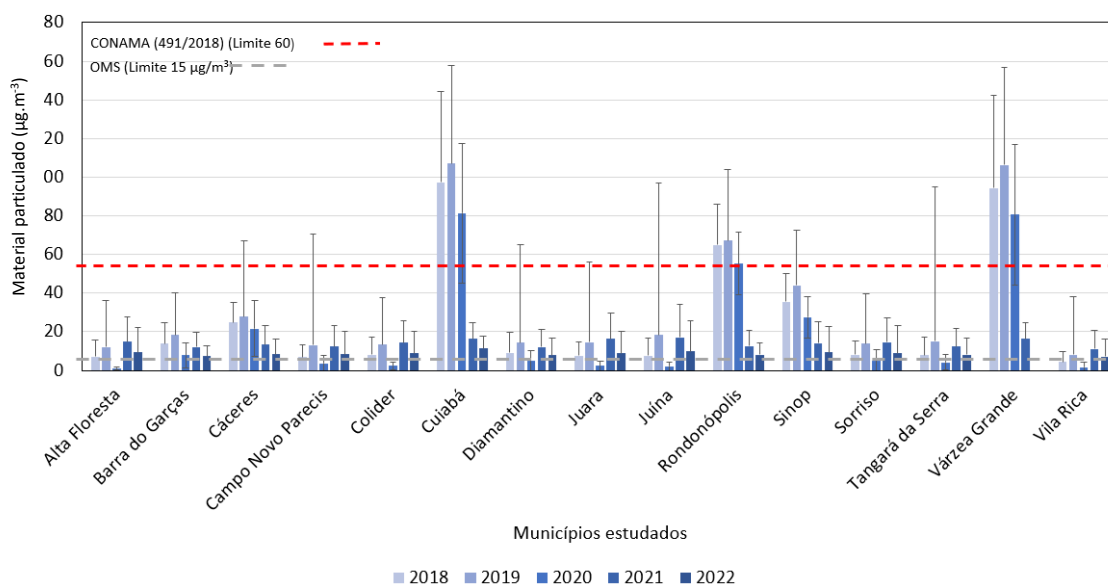
Cada município apresentou uma dinâmica diferente em relação ao MP_{2,5} (figura 2). Tangará da Serra apresentou o maior valor ($1.250 \mu\text{g.m}^{-3}$), no dia 19/09/2019, e os demais dias com valores abaixo de $100 \mu\text{g.m}^{-3}$. Fato demonstrado também por Juína que apresentou uma máxima de $1.180 \mu\text{g.m}^{-3}$ no dia 19/09/2019. Em contrapartida, municípios como Barra do Garças (2019), Campo Novo do Parecis e Vila Rica (2018) tiveram dias com máximas de apenas $0,1 \mu\text{g.m}^{-3}$. Várzea Grande ($80 \pm 40 \mu\text{g.m}^{-3}$) e Cuiabá ($68,6 \pm 45,6 \mu\text{g.m}^{-3}$) lideraram a primeira e a segunda posição, com maiores emissões de MP_{2,5} em todo período. A média máxima apresentada por Rondonópolis e Sinop foram de $45,0 \pm 28,9 \mu\text{g.m}^{-3}$ e $28,7 \pm 14,5 \mu\text{g.m}^{-3}$ respectivamente, ocupando com isso a terceira e quarta maior concentração de MP_{2,5}.

O município de Cáceres é classificado como o quinto município com média mais elevada $20,4 \pm 8,1 \mu\text{g.m}^{-3}$. Cuiabá e Várzea Grande compartilharam elevada concentração diária de poluentes, atingindo $530 \mu\text{g.m}^{-3}$. Por outro lado, Cáceres apresentou uma porcentagem menor de dias inadequados, totalizando 29%, embora tenha registrado a concentração diária de poluentes maior que registrada por Cuiabá e Várzea Grande, alcançando $600 \mu\text{g.m}^{-3}$. Enquanto isso, Juína destacou-se com uma taxa de apenas 10% de dias inadequados e Vila Rica apresentou a menor porcentagem, com apenas 3,5%. Ambas as cidades registraram a mesma concentração máxima diária de poluentes, atingindo $33 \mu\text{g.m}^{-3}$. Ainda em relação aos valores diários, todos os municípios excederam os valores estabelecidos pela OMS (Figura 3). Várzea Grande, Cuiabá e Rondonópolis ultrapassaram também o limite do CONAMA. Os municípios de Várzea Grande e Cuiabá também registraram percentuais elevados de dias com qualidade do ar inadequada, com 79 % e 66%, respectivamente, figura 04. $\mu\text{g.m}^{-3}$ a $3 \mu\text{g.m}^{-3}$

O ano de 2019 apresentou maior média para todos os municípios ($33,57 \pm 30,75 \mu\text{g.m}^{-3}$), seguido de 2018 ($26,56 \pm 37,04 \mu\text{g.m}^{-3}$). Em 2020, com apenas 65 dias divulgados (janeiro,

fevereiro e março), a média para os 15 municípios analisados foi de $20,18 \pm 31,44 \mu\text{g.m}^{-3}$. Diferente do ano de 2022 que registrou menor média $8,72 \pm 10,71 \mu\text{g.m}^{-3}$.

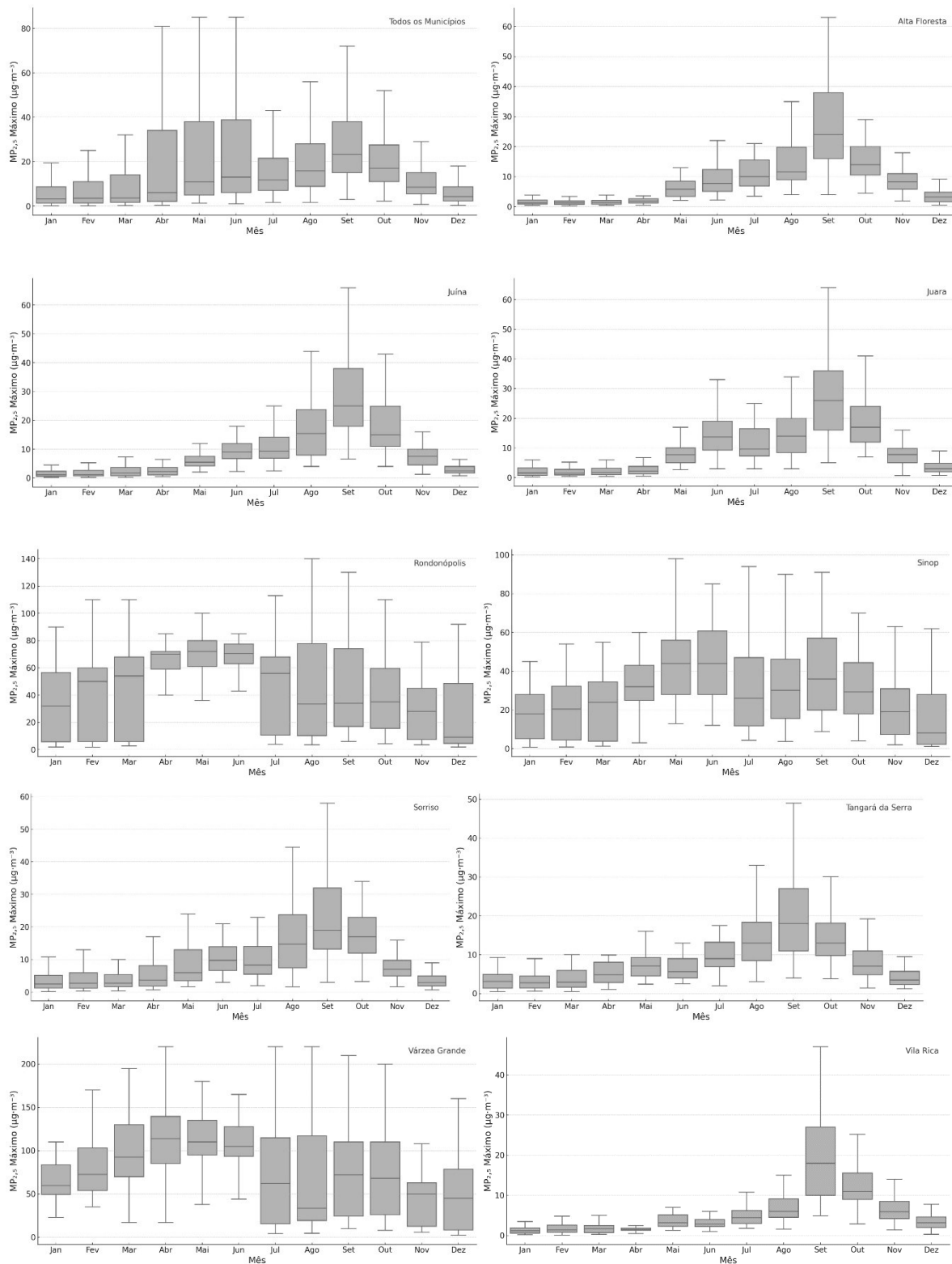
Figura 2- Dados de média diária de MP2,5 para todos os quinze municípios entre os anos de 2018 e 2022 com comparação das médias diárias do Conselho Nacional de Médio Ambiente – CONAMA e Organização Mundial de Saúde – OMS.



Fonte: dos autores, 2024.

Quando comparamos todos os municípios em relação aos meses (Figura 3 – Todos os Municípios), observa-se que o mês de setembro é aquele com maior média de MP2,5 ($38,5 \pm 15,84 \mu\text{g.m}^{-3}$), seguido por junho e maio ($31,79 \pm 37,51 \mu\text{g.m}^{-3}$ e $30,74 \pm 38,33 \mu\text{g.m}^{-3}$ respectivamente). Dezembro foi o mês com menor média ($12,33 \pm 15,59 \mu\text{g.m}^{-3}$), seguido de janeiro ($12,45 \pm 19,69 \mu\text{g.m}^{-3}$) e fevereiro ($14,74 \pm 24,15 \mu\text{g.m}^{-3}$). De fato, setembro foi aquele mês com maior média de MP2,5 para nove dos quinze municípios. E para estes mesmos municípios, os quatro primeiros meses do ano e dezembro foram aqueles com menores valores médios. Observou-se que para os municípios mais populosos e/ou industrializados, como Cáceres, Cuiabá, Rondonópolis, Sinop e Várzea Grande um padrão temporal não foi claro. Em Cáceres, Cuiabá e Várzea Grande, por exemplo, o mês de abril foi aquele com maior média. Já em Rondonópolis a maior média ocorreu em maio e Sinop em junho.

Figura 3 - Distribuição mensal de PM_{2,5} para todos os municípios em conjunto; e para os quinze municípios separadamente (ver título no lado direito de cada figura) entre os anos de 2018 e 2022.

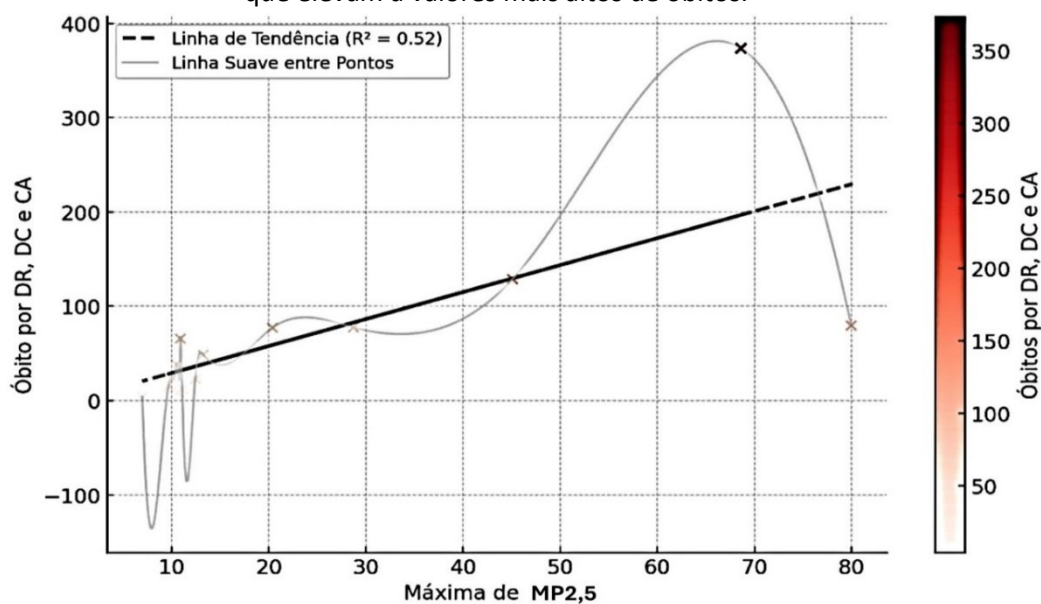


Fonte: Dos autores, (2024).

3.2. Relação da qualidade do ar com a saúde humana

Entre 2018 e 2022, os 15 municípios analisados registraram um total de 151.791 internações para tratamento de doenças respiratórias e cardiovasculares, considerando o local de origem dos pacientes. No mesmo período, foram contabilizados 6.076 óbitos associados a essas condições de saúde. Ao avaliar a relação entre o número de internações e os valores máximos de MP2,5 em todo o estado, não foi possível identificar uma correlação forte e significativa (Figura 4). Esse resultado pode estar associado a múltiplos fatores que influenciam as hospitalizações, como acesso aos serviços de saúde, condições pré-existent dos pacientes e outros poluentes atmosféricos que podem contribuir para o agravamento das doenças. Por outro lado, ao relacionar o número de óbitos com os valores máximos de MP2,5, verificou-se uma relação positiva e estatisticamente significativa (regressão linear simples; $R^2 = 0,52$; $p < 0,05$). Esse achado sugere que concentrações mais elevadas de MP2,5 podem estar diretamente associadas ao aumento do número de óbitos por Doenças Respiratórias (DR), Doenças Cardiovasculares (DC) e Neoplasias (CA) em geral.

Figura 4 - Relação entre o MP2,5 e o número de óbitos por Doença Respiratória, Doença Cardíaca e Neoplasias. Símbolos com coloração mais acentuada indicam relações mais fortes e positivas. A curva plotada indica a distância entre os valores, em que, quanto mais próximo o número de dados, menor é a curva gerada. Neste caso, poucos dados representam valores mais altos de MP2,5, entretanto, que elevam a valores mais altos de óbitos.



Fonte: Dos autores, (2024).

4. DISCUSSÕES

Os resultados indicam claramente que os municípios mato-grossenses ultrapassaram o limite máximo de exposição anual de $5 \mu\text{g.m}^{-3}$ e diários menores que $15 \mu\text{g.m}^{-3}$ estabelecido pela Organização Mundial da Saúde – OMS, Agência de Proteção Ambiental dos EUA (USEPA) que recomenda máxima anual de $12 \mu\text{g.m}^{-3}$ e média diária inferior a $35 \mu\text{g.m}^{-3}$; extrapolando inclusive os padrões nacionais de qualidade do ar estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 491 de 19 de novembro de 2018, a qual o limite máximo anual é de $20 \mu\text{g.m}^{-3}$ em média diária menor que $60 \mu\text{g.m}^{-3}$ (WHO, 2021; USEPA, 2012; Brasil, 2018).

Dentre todos os municípios, Várzea Grande e Cuiabá foram os municípios que apresentaram maiores emissões de MP_{2,5} em todo período, extrapolando os valores esperados inclusive pela legislação brasileira ($60 \mu\text{g.m}^{-3}$). Esses municípios apresentaram valores semelhantes ao da média anual de 2022 de algumas estações urbanas da grande São Paulo, como Congonhas, Osasco, Guarulhos – Pimentas, Marginal Tiete Ponte dos Remédios ($> 50\text{--}75 \mu\text{g.m}^{-3}$) (CETESP, 2021). O município de Várzea Grande ultrapassou inclusive o município de Muzaffarnagar na Índia, considerada a décima quinta cidade mais poluída do mundo com valores de $73,0 \mu\text{g.m}^{-3}$ (média do ano de 2022), essa cidade indiana tem como umas das causas de poluição do ar o uso de carvão de lenha para atividades domésticas, já Várzea Grande é um polo industrial, apresenta mais de 197 mil veículos em sua frota e conta com o maior aeroporto do estado. (Domingo et al., 2022, IBGE, 2022).

No ano de 2019, todos os municípios registraram uma média mais alta de MP_{2,5} em relação aos demais anos. Cuiabá e Várzea Grande excederam os valores, com médias de $106,9 \mu\text{g.m}^{-3}$ e $106,2 \mu\text{g.m}^{-3}$, respectivamente. Esses números elevados podem ser explicados pelas características urbanas e pelas principais fontes locais de emissão. Ambas as cidades formam a maior conurbação urbana do estado de Mato Grosso, com alta densidade populacional e tráfego intenso de veículos, que representa uma das principais fontes de poluição atmosférica em áreas urbanas (CETESB, 2020; IBGE, 2022). Várzea Grande abriga ainda o Aeroporto Internacional Marechal Rondon, cuja operação gera emissões relevantes de material particulado e gases poluentes, tanto pela aviação quanto pela movimentação terrestre associada (ANTT, 2021). Além disso, ambas as cidades possuem polos industriais, em especial Várzea Grande, com destaque para os setores alimentício, de materiais de construção,

metalurgia e têxtil, que também contribuem significativamente para a emissão de poluentes atmosféricos (SEDEC-MT, 2021). Esses fatores combinados ajudam a explicar os elevados níveis registrados. No mesmo ano, Bangladesh ocupou a primeira posição no ranking de qualidade do ar da IQAir, com uma média de $83,3 \mu\text{g.m}^{-3}$ de $\text{MP}_{2,5}$, valor inferior ao registrado em Cuiabá e Várzea Grande. O Brasil teve uma média anual de $15,8 \mu\text{g.m}^{-3}$, enquanto o desmatamento na Amazônia superou 10.000 km^2 , um aumento de 48% em relação à média dos dez anos anteriores (Silva et al., 2020; De Oliveira et al., 2020). Além disso, 2019 foi marcado por condições severas de seca, especialmente na região do Pantanal, caracterizadas pela deficiência de chuvas durante o pico da estação das monções e níveis hidrométricos extremamente baixos (Da Silva et al., 2024; Marengo et al., 2020). Esse também foi um dos anos com maior cobertura de dados válidos em comparação aos subsequentes, o que reforça a confiabilidade dos resultados obtidos, mas também pode ter influenciado a média elevada ao refletir de forma mais precisa a totalidade dos eventos críticos monitorados.

Ainda em 2019, Rondonópolis apresentou uma média elevada de $67,2 \pm 29 \mu\text{g.m}^{-3}$, o que pode estar associado ao crescimento urbano acelerado, refletido no aumento populacional de quase 50 mil habitantes entre os censos de 2010 e 2022 (IBGE, 2022; Negri et al., 2023). Além disso, o município é um importante polo logístico e agroindustrial do estado, com destaque para as indústrias de processamento de grãos, produção de biodiesel, frigoríficos e fábricas de insumos agrícolas, que contribuem significativamente para a emissão de poluentes atmosféricos (SEDEC-MT, 2021; SILVA et al., 2022). O intenso tráfego de veículos pesados, especialmente caminhões que escoam a produção agrícola por meio da BR-163 (DNIT, 2021). Juína também registrou valores altos de $\text{MP}_{2,5}$ em 2019, com média de $18,4 \pm 6,7 \mu\text{g.m}^{-3}$, permanecendo entre os municípios intermediários. Esse nível pode estar relacionado a fatores como o crescimento urbano, o aumento da frota veicular e a presença de atividades madeireiras e agropecuárias, características marcantes da economia regional (SEMA-MT, 2021; IBGE, 2022). Embora o município não apresente o mesmo nível de industrialização de centros maiores, a queima de resíduos sólidos, o uso de motobombas a diesel e a serragem de madeira em pequenas e médias empresas também são potenciais fontes locais (IPAM, 2020).

Com a chegada da pandemia de COVID-19 em 2020, houve uma redução significativa na emissão de poluentes atmosféricos em relação a 2019, especialmente nos primeiros meses

do ano, devido à diminuição das atividades industriais e à implementação de políticas de distanciamento social (Wang et al., 2024; Zheng et al., 2021; Ray et al., 2021). No entanto, Brasil registrou incêndios florestais sem precedentes, especialmente no Pantanal e na Amazônia, que tiveram impactos devastadores no meio ambiente e nas comunidades locais, consequentemente na qualidade do ar (Garcia et al., 2021; De Magalhães e Evangelista, 2022). Neste período, as concentrações de poluição atmosférica podem ser atribuídas ao aumento de incêndios florestais atrelado ao intenso período de seca em grande parte dos Estados brasileiros, principalmente das regiões Centro Oeste, Sul e Sudeste (Macorin et al., 2021).

Em 2021, o município de Juína apresentou a maior média anual de MP_{2,5} entre todos os municípios analisados, atingindo $17 \mu\text{g.m}^{-3}$. Já em 2022, Juína ficou atrás apenas de Cuiabá, que registrou $11,3 \pm 45,5 \mu\text{g.m}^{-3}$, com uma média de $9,9 \pm 6,7 \mu\text{g.m}^{-3}$. No mesmo período, o ranking mundial de qualidade do ar da IQAir destacou as Ilhas Virgens dos Estados Unidos como o local com o ar mais limpo do mundo, com uma média anual de $3,5 \mu\text{g.m}^{-3}$. Curiosamente, essa média foi superior à registrada em Vila Rica, que apresentou $1,7 \mu\text{g.m}^{-3}$, demonstrando que alguns municípios de Mato Grosso ainda possuem uma boa qualidade do ar. Esse fato é relevante, pois o crescimento econômico associado à expansão agrícola e a inúmeras atividades poluidoras ainda não chegaram a algumas localidades do estado.

O caso de Vila Rica é ilustrativo, pois, com uma população de 19.888 habitantes, sua economia ainda é predominantemente baseada na pecuária, possuindo pouco mais de 13 mil veículos registrados e 713 mil cabeças de gado. A ausência de grandes indústrias e a menor densidade populacional podem explicar os baixos níveis de poluição observados. Para todo o período analisado, Vila Rica se destacou como o município com menor concentração de MP_{2,5}, apresentando apenas 7% dos dias acima das recomendações da OMS e USEPA. Já Alta Floresta registrou 7,5% dos dias com qualidade do ar inadequada.

Em geral, as maiores concentrações de MP_{2,5} ocorreram no mês de setembro. Este período é caracterizado por ser o período mais seco na maior parte do Estado (De Oliveira et al., 2024), além de ser o período com maior número de queimadas em virtude da estiagem que normalmente perdura do período de inverno (Abdo et al., 2024). Assim, municípios como Alta Floresta, Vila Rica, Colíder, Juara e Juína podem estar correlacionados com o número de queimadas locais (dados não analisados). Entretanto, para alguns municípios como Cáceres, Cuiabá, Rondonópolis, Sinop e Várzea Grande as maiores concentrações foram observadas no

mês de abril a junho. O mês de junho é marcado pelo início de dias mais frios, com ventos fortes, que podem contribuir para uma maior dispersão de poluentes e a ressuspensão de partículas, por exemplo.

4.1. Relação com a saúde humana

O MP2,5 tem facilidade de deslocamento e capacidade de penetração no organismo, por conter altas concentrações de oxidantes e pró-oxidantes, desencadeando a formação de radicais livres de oxigênio e nitrogênio, levando ao estresse oxidativo nas vias respiratórias, iniciando uma resposta inflamatória e a partir dessa inflamação há liberação de células e mediadores inflamatórios (Fernandes et al., 2023; Kunzli et al., 2010; Arbex et al., 2012).

Considerando a faixa etária da população, cada grupo está suscetível a diferentes impactos na saúde. Por exemplo, crianças podem estar mais expostas ao ar livre e apresentam frequência respiratória elevada. Devido ao crescimento e desenvolvimento, as crianças apresentam maior volume corrente em proporção ao peso corporal, filtragem nasal menos eficiente, o que facilita a penetração mais profunda das partículas nos pulmões, e maior exposição ao ar livre (Urrutia-Pereira et al., 2021). O tratamento para essas doenças é prolongado, gerando tempo de internação estendido, levando a maior causa de óbito em internações pediátricas (Cardoso et al., 2024). Diante da análise das principais causas de mortalidade infantil entre os anos de 2005 e 2019, as doenças respiratórias são a terceira causa do óbito infantil e 90% dos óbitos para todas as causas de morte acontecem dentro do ambiente hospitalar (Fernandes et al., 2023). Para os nascidos vivos, oito entre as dez principais causas de morte no país, para crianças menores de cinco anos em Mato Grosso, são cinco óbitos para cada mil crianças, taxa igual do Brasil (França et al., 2017).

Os idosos também são suscetíveis aos efeitos adversos da exposição aos poluentes atmosféricos por apresentarem um sistema imunológico menos eficiente (imunosenescência), e um progressivo declínio na função pulmonar, o que pode levar a obstrução das vias aéreas e limitação aos exercícios (Arbex et al., 2012). Em Mato Grosso, no ano de 2019 para cada 100 mil habitantes 23,48 morreram por doenças crônicas não transmissíveis – DCNT, grupo de doenças que envolvem agravos respiratórios, taxa maior que em São Paulo e Rio de Janeiro, 14,64 e 22,18 respectivamente, para o mesmo ano (Domingos

et al., 2022) De fato, as taxas de óbito considerando as três condições aqui apresentadas além de serem maiores do que em São Paulo e Rio de Janeiro no Brasil, são maiores do que países como Angola e Portugal, 14,22 e 10,24 respectivamente (Garcia et al., 2023).

Essa relação aqui apresentada (Figura 4) é superficial, mas considera-se um indicativo de que esta variável (MP2,5) contribui muito para desfechos mais graves (internações e/ou óbitos) de problemas respiratórios e cardiovasculares no estado de Mato Grosso. Outras análises mais específicas, considerando cada município devem ser realizadas para que possam descrever minuciosamente as relações da saúde humana e o MP2,5. Entretanto, os resultados indicam uma tendência ascendente na ocorrência da associação de óbitos de doenças respiratórias, cardiovasculares, neoplasias e o aumento do MP2,5. Importante ressaltar que o maior número de casos desses óbitos associados ocorre em municípios em que o número de habitantes é o mais alto no estado, como em Cuiabá, Várzea Grande, Rondonópolis e Sinop, por exemplo, e também, conseqüentemente, onde houve maiores valores de MP2,5. Estes municípios devem se atentar para a periculosidade do MP2,5 devido ao aumento de veículos automotores e aumento de queimadas urbanas e rurais, para que então possam ser melhoradas a qualidade do ar na região. Ora, se a própria Organização Mundial de Saúde ressalta que a qualidade do ar é um aspecto fundamental para garantir a boa qualidade de saúde humana (Garcia et al., 2023), para que o progresso – tão vislumbrado pelo estado de Mato Grosso – seja alcançado, as pessoas devem estar em boas condições de saúde.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Durante o período analisado (2018 a 2022), os municípios de Cuiabá, Rondonópolis, Sinop e Várzea Grande registraram concentrações de MP2,5 que ultrapassaram os valores seguros estabelecidos por órgãos reguladores como OMS, Agência de Proteção Ambiental dos EUA e o CONAMA. Esses níveis superaram até mesmo os observados em grandes centros urbanos como São Paulo. A alta concentração de MP2,5 na atmosfera está diretamente relacionada a riscos à saúde, especialmente para grupos vulneráveis como crianças e idosos, que são mais suscetíveis aos seus efeitos adversos. E o aumento das emissões de MP2,5 pode estar envolvido com o aumento das frotas veiculares e avanço da pecuária.

A falta de consistência e lacunas nos dados disponibilizados pela SEMA-MT ressalta a necessidade de apoio, capacitação e organização dos órgãos ambientais para realizar monitoramentos eficazes. Este estudo enfatiza a urgência de implementação de medidas efetivas para monitorar a qualidade do ar em Mato Grosso, ponderando especialmente o crescimento econômico e populacional do estado. É importante que as regulamentações estaduais se concentrem na análise da qualidade do ar e em como isso afeta a saúde humana, garantindo que o desenvolvimento de Mato Grosso não impacte negativamente a saúde, particularmente relacionados a doenças respiratórias. A colaboração com laboratórios de pesquisa e instituições científicas de ensino pode desempenhar um papel fundamental na superação desses desafios.

AGRADECIMENTOS

Gratos ao suporte via bolsa nº 88887.726514/2022-00 da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), a Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT, ao Centro de Pesquisa de Limnologia, Biodiversidade, Etnobiologia do Pantanal – CELBE, ao Laboratório de Investigação Ambiental do Pantanal Norte (LIPAN), ao Laboratório de Ecofisiologia Ambiental (LEFA) e ao Ministério Público de Mato Grosso.

REFERÊNCIAS

ABDO, J. P.; DE SOUZA BARBOSA, I. C. P.; PINA, J. C.; DE OLIVEIRA, A. K. M. A ameaça das queimadas no Pantanal: a supressão progressiva do bioma e a amnésia coletiva. **Contribuciones a las ciencias sociales**, v. 17, n. 3, 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES (ANTT). **Relatório de Impacto Ambiental – Aeroporto Marechal Rondon**. Brasília, 2021. Disponível em: <https://www.antt.gov.br>. Acesso em: mar. 2025.

ALMEIDA, J. T. F.; LANDER, V.; MARTINS, J. M. de S.; CARVALHO, K. A.; BARBOSA, A. B.; GONÇALVES, I. K. C.; MOREIRA, D. R. Análise do perfil do uso de agrotóxicos no estado do Mato Grosso do Sul, políticas públicas relacionadas e impactos na saúde da população. **Revista Master – Ensino, Pesquisa e Extensão**, v. 8, n. 15, 2021.

ALVES, J. E. D. Sustentabilidade, aquecimento global e o decrescimento demo-econômico. **Revista Espinhaço**, v. 3, n. 1, 2014.

ARBEX, M. B.; SANTOS, U. P.; MARTINS, L. C.; SALDIVA, P. H. N.; PEREIRA, L. A. A.; BRAGA, A. L. F. A poluição do ar e o sistema respiratório. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, v. 38, n. 5, 2012.

ARRUDA, D. M.; SCHAEFER, C. E.; FONSECA, R. S.; FERNANDES-FILHO, E. I.; VELOSO, G. V.; GOME, L. C.; SOLAR, R. R. Vegetações amazônicas e terras indígenas ameaçadas pelas próximas mudanças climáticas: previsão de impacto nos biomas brasileiros. **Ecologia Austral**, v. 49, n. 1, e13394, 2024.

BAINY, B. K.; PASCHOAL, I. A.; AVILA, A. M. H. D.; SANTOS, H. O. D. Avaliação da qualidade do ar no Sudeste do Brasil durante a pandemia da COVID-19 e do confinamento: relato de aumento da poluição atmosférica. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 37, 2021.

BRASIL, Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 491, de 19 de novembro de 2018. Dispõe sobre padrões de qualidade do ar e institui o Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar – PRONAR. Disponível em: https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/51058858. Acessado em: Jan. 2023

BRASIL. Departamento Nacional de Trânsito – DENATRAN. Estatísticas da frota de veículos. Brasília, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/assuntos/transito/conteudo-denatran/estatisticas>. Acesso em: Marc. 2023

CARDOSO, R. S.; DE PAULA, A. B.; SPIGUEL, L. C.; DE CARVALHO, O. C.; SANTANA, S. A. A.; AZEREDO, T. G. K.; DE LIMA SOARES, S. C. Análise da qualidade da assistência fisioterapêutica por meio de indicadores assistenciais em saúde em uma unidade de terapia intensiva pediátrica da região Norte. **Revista Sociedade Científica**, v. 7, n. 1, p. 62-71, 2024.

CAUMO, S. L.; GIODA, A.; CARREIRA, R.; JACOBSON, L. S. V.; HACON, S. Impactos na saúde humana causados pela exposição a incêndios florestais: as evidências obtidas nas últimas duas décadas. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 30, n. 18, p. 182–218, 2016.

CAUMO, S. L.; LAZARO, W. L.; OLIVEIRA-JUNIOR, E. S.; BRERINGUI, K.; GIODA, A.; MASSONE, C. G.; ARREIRA, R.; FREITAS, D. S.; IGNACIO, A. R. A.; HACON, S. Human risk assessment of ash soil after 2020 wildfires in Pantanal biome (Brazil). **Air Quality, Atmosphere & Health**, v. 15, p. 2239-2254, 2022.

CETESB. **Qualidade do ar**. São Paulo: Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, 2021. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br>. Acessado em: abr. 2024

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). **Qualidade do ar**. São Paulo, 2021. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br>. Acesso em: 2 abr. 2024.

COSTA, A. M.; SOUZA, C. M.; MENDONÇA, M. J. Fontes de emissão de poluentes atmosféricos em municípios da Amazônia Legal: um olhar sobre áreas urbanas de pequeno porte. **Revista Brasileira de Estudos Ambientais**, v. 25, n. 3, p. 112–126, 2021.

DE OLIVEIRA, B. L. A.; DE SOUZA, R. A. F.; ANDREOLI, R. V. Qualidade do ar na cidade de Manaus: material particulado e suas relações com as queimadas. **Geoconexões Online**, v. 4, n. 2, p. 108-118, 2024.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). **Boletim do transporte rodoviário de cargas – BR-163/MT**. Brasília, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/dnit>. Acesso em: 9 jun. 2025.

DOMINGO, L.; COMAS, M.; JANSANA, A.; LOURO, J.; TIZÓN-MARCOS, H.; COS, M. L. et al. Impact of COVID-19 on hospital admissions and healthcare quality indicators in non-COVID patients: a retrospective study of the first COVID-19 year in a university hospital in Spain. **Journal of Clinical Medicine**, v. 11, n. 7, 2022.

DOS SANTOS, M. C.; MENDES, E. F.; OLIVEIRA-JUNIOR, E. S. Pantanal sob pressão do desmatamento: pecuária e riscos de incêndios florestais. **Cadernos de Agroecologia**, Rio de Janeiro, v. 19, n.1, 2024.

FERNANDES, A. S. S.; TERCEIRO, I. B. Queimadas e doenças respiratórias em crianças na cidade de Marabá, Pará. **Brazilian Journal of Health Review**, v. 5, n. 1, p. 154–168, 2022.

FERNANDES, M. M. C. E.; NASCIMENTO, J. A.; VIANNA, R. P. T.; SILVA, D. G.; CRUZ, D. F. Fatores que influenciam a mortalidade infantil. **Universidade Paraense - Unipar**, v. 27, n. 6, p. 2353-2364, 2023.

FERREIRA, C. C. M.; OLIVEIRA, D. E. Estimativa da poluição veicular e qualidade do ar nas principais vias do sistema viário da região central da cidade de Juiz de Fora–MG. **Revista do Departamento de Geografia**, n. spe, p. 98-114, 2016.

FRANÇA, E. B.; LANSKY, S.; REGO, M. A. S.; MALTA, D. C.; FRANÇA, J. S.; TEIXEIRA, R.; VASCONCELOS, A. M. N. Principais causas da mortalidade na infância no Brasil, em 1990 e 2015: estimativas do estudo de carga global de doença. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v. 20, p. 46-60, 2017.

GARCIA, A.; HELENA, E. S.; FALCO, A.; RIBEIRO, J. P.; GIODA, A.; GIODA, C. R. Efeitos toxicológicos do material particulado fino (PM 2.5): riscos à saúde e lesões sistêmicas associadas - revisão sistemática. **Poluição da Água, do Ar e do Solo**, 2023.

GONÇALVES, F. L. T. et al. Temporal and spatial variation of PM2.5 in an urban area: a case study in Campinas, SP, Brazil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 35, n. 1, p. 55–66, 2020.

IGNOTTI, E.; HACON, S. S.; JUNGER, W. L.; MOURÃO, B.; LONGO, K.; FREITAS, S.; ARTAX, P.; LEON, A. C. M. P. Poluição do ar e admissões hospitalares por doenças respiratórias na Amazônia subequatorial: abordagem de séries temporais. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 26, n. 4, p. 747-761, 2010.

IKEDA-CASTRILLON, S. K.; OLIVEIRA-JUNIOR, E. S.; ROSSETTO, O. C.; SAITO, C. H.; WANTZAEN, K. M. The Pantanal: a seasonal neotropical wetland under threat. In: *The Palgrave Handbook of Global Sustainability*. **Palgrave Macmillan**, p. 1-27, 2022.

INPE – INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Portal do Monitoramento de Queimadas e Incêndios Florestais**. Sistemas de monitoramento, 2022. Disponível em: <https://terrabrasilis.dpi.inpe.br/queimadas/portal/>. Acesso em: mar. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Cidades e Estados do Brasil**, 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados.html>. Acesso em: abr. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Frota de veículos 2022**. Brasil, 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br>. Acesso em: abr. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Rio de Janeiro: 2022**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/>. Acesso em: abr. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Demográfico 2022: Cuiabá, Várzea Grande, Rondonópolis e Juína**. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br>. Acesso em: abr. 2025.

INSTITUTO DE PESQUISA AMBIENTAL DA AMAZÔNIA (IPAM). **Fontes de emissão de GEE e poluentes atmosféricos em áreas urbanas amazônicas**. Brasília: IPAM, 2020. Disponível em: <https://ipam.org.br>. Acesso em: abr. 2025.

IQAIR. **Qualidade do ar no Brasil, 2024**. Disponível em: <https://www.iqair.com/brazil>. Acesso em: fev. 2024.

KÜNZLI, N.; PEREZ, L.; RAPP, R. Air quality and health. Lausanne: **European Respiratory Society**, v. 66, 2010.

LAZARO, W. L.; OLIVEIRA-JUNIOR, E. S.; SILVA, C. J.; IKEDA-CASTRILLON, S. K.; MUNIZ, C. C. Climate change reflected in one of the largest wetlands in the world: an overview of the Northern Pantanal water regime. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 32, 2022.

LUIZA FERREIRA, A.; SILVA, V. P.; NASCIMENTO, A. D. C.; ARRUDA, J. C.; CATELAN, L. L. M.; SANDER, N. L.; SILVA, A. J. Registros de espécies arbóreas em herbário virtual com ênfase no município de Cáceres-MT, Brasil. **Peer Review**, v. 5, n. 16, 2023.

MACORIN, R. P.; NOGAROTTO, D. C.; POZZA, S. A. O isolamento social efetivamente impacta a qualidade do ar? O caso de Campinas–SP. **Holos Environment**, v. 21, n. 3, p. 350-373, 2021.

MALTA, D. C.; GOMES, C. S.; VELOSO, G. A.; SOUZA, J. B. D.; OLIVEIRA, P. P. V. D.; FERREIRA, A. V. L.; RIBEIRO, A. L. P. Carga das doenças crônicas não transmissíveis nos países de língua portuguesa. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 28, p. 1549-1562, 2023.

MAPBIOMAS. Projeto MapBiomas – **Mapeamento das áreas queimadas no Brasil coleção (2)**, 2023. Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/>. Acesso em: mar. 2024.

MARANGO, J. A. et al. Record-breaking drought in Brazil and associated fire risk in 2019. **Climate Risk Management**, v. 28, 100220, 2020.

MARENGO, J.; CUNHA, A.; CUARTAS, L.; LEAL, K.; BROEDEL, E.; SELUCHI, M.; MICHELIN, C.; DE PRAGA BAIÃO, C.; ANGULO, E.; ALMEIDA, E.; KAZMIERCZAK, M.; MATEUS, N.; SILVA, R.; BENDER, F. Seca extrema no Pantanal brasileiro em 2019–2020: Caracterização, causas e impactos. **Frontiers in Water**, v. 3, 2021.

MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A. B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, p. 853-858, 2000.

NATIONAL AMBIENT AIR QUALITY STANDARDS (NAAQS) for Particulate Matter (PM_{2.5}) United States Environmental Protection Agency (USEPA). Disponível em: <https://www.epa.gov/pm-pollution>. Acesso em: jan. 2023.

NASERINEJAD, N.; COSTANIAN, C.; BIROT, O.; BARBONI, T.; ROUDIER, E. Wildland fire, air pollution and cardiovascular health: is it time to focus on the microvasculature as a risk assessment tool? **Frontiers in Physiology**, v. 14, n. 1, 2023.

NEGRI, S. M. O plano diretor e a expansão territorial da cidade de Rondonópolis-MT. **Scientific Electronic Archives**, v. 16, n. 1, 2023.

OLIVEIRA, G.; CHEN, J.; MATAVELI, G.; CHAVES, M.; SEIXAS, H.; CARDOZO, F.; SHIMABUKURO, Y.; HE, L.; STARK, S.; SANTOS, C. Incursão rápida de desmatamento recente em uma terra indígena vulnerável na Amazônia brasileira e emissões de poluentes de aerossóis particulados finos causadas por incêndios. **Florestas**, 2020.

PEREIRA, T. F.; MUNIZ, C. C.; OLIVEIRA-JUNIOR, E. S. Emissores de CO₂ em Mato Grosso por veículos automotores. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 11, n. 3, p. 229-241, 2020.

PORTAL DA INDÚSTRIA DE MATO GROSSO. **Indicadores industriais, 2023**. Disponível em: <https://perfildaindustria.portaldaindustria.com.br/estado/mt>. Acesso em: fev. 2024.

SECRETARIA DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO DE MATO GROSSO (SEDEC-MT). **Perfil industrial de Cuiabá, Várzea Grande e Rondonópolis**. Cuiabá: SEDEC, 2021. Disponível em: <https://www.sedec.mt.gov.br>. Acessado em: mar. 2025.

SECRETARIA DE ESTADO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO – SEDEC. Governo do Estado de Mato Grosso, 2023. Disponível em: <https://www.sedec.mt.gov.br/>. Acesso em: 5 jan. 2024.

SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE DE MATO GROSSO (SEMA-MT). **Perfil ambiental e socioeconômico do município de Juína**. Cuiabá: SEMA, 2021. Disponível em: <https://www.sema.mt.gov.br>. Acessado em: mar. 2025.

SILVA JUNIOR, C. A.; SANTOS, D. H.; TEODORO, P. E.; DELGADO, R. C.; TEODORO, L. P. R.; LIMA, M. Fire in Brazilian Biomes in the face of emissions and international agreement. In: **Anais/Proceedings XX SBSR**, v. 20, 2023.

SILVA, C.; SANTILLI, G.; SANO, E.; LANAVE, G. Ocorrências de incêndios e emissões de gases de efeito estufa por desmatamento na Amazônia brasileira. **Remote Sensing**, v. 13, p. 376, 2020.

SILVA, M.; SILVA, J.; FERREIRA, M.; DE BARROS DE SOUSA, L.; DE ASSUNÇÃO MONTENEGRO, A.; ISIDORO, J.; PANDORFI, H.; DE OLIVEIRA-JÚNIOR, J.; FERNANDEZ, H.; et al., Modelagem geoestatística dos padrões de chuva e caracterização mensal multiescala da seca no Litoral Sul do Nordeste Brasileiro via Índice Padronizado de Precipitação. **Pesquisa Atmosférica**, 2024.

TANURE, T.; CAMPOS, R. F. A.; REIS, J. C.; BENZZEV, R.; NEWTON, P.; RODRIGUES, R. A. R.; OLIVEIRA, A. M. O. As percepções dos agricultores sobre as mudanças climáticas afetam a adoção de tecnologias agrícolas sustentáveis nos biomas Amazônia brasileira e Mata Atlântica. **Climatic Change: Bras.**, v. 177, n. 1, p. 8, 2024.

TEIXEIRA, L. M.; BARROS, I. S.; SICCO, S. G.; DE AQUINO MENDES, B. V.; PINATTI, M. S.; TEFE-SILVA, C.; ZOCCAL, K. F. Interação do inflamassoma com as doenças respiratórias. **Recima 21 – Revista Científica Multidisciplinas**, v. 4, n. 1, 2023.

URRUTIA-PEREIRA, M.; RIZZO, L. V.; CHONG-NETO, H. J.; SOLÉ, D. Impacto da exposição à fumaça da queima de biomassa na Floresta Amazônica na saúde humana. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, v. 47, 2021.

WHO global air quality guidelines: particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. Geneva: World Health Organization, 2021. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240034228>. Acessado em Jan. 2024.