

QUALIDADE DO AR E SAÚDE PÚBLICA: ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DAS EMISSÕES DE DUAS CERÂMICAS VERMELHAS EM SÃO MIGUEL DO GUAMÁ-PA

AIR QUALITY AND PUBLIC HEALTH: AN ANALYSIS OF THE IMPACT OF EMISSIONS FROM TWO RED CERAMICS FACILITIES IN SÃO MIGUEL DO GUAMÁ, PARÁ

CALIDAD DEL AIRE Y SALUD PÚBLICA: ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LAS EMISIONES DE DOS FÁBRICAS DE CERÁMICA ROJA EN SÃO MIGUEL DO GUAMÁ (PA)

Amanda Jamilly de Lima Oliveira¹, Maria Rayane Albuquerque Lima², Seidel Ferreira dos Santos³, Claudio Maciel de Souza Coutinho⁴, Rodolfo Pereira Brito⁵, Flávia Cristina Araújo Lucas⁶, Josyane Brasil da Silva⁷, Elen Vanessa Costa da Silva⁸, Ana Julia Soares da Silva Barbosa⁹, Lucy Anne Cardoso Lobão Gutierrez¹⁰, Iedo Souza Santos¹¹, Eliane de Castro Coutinho¹²

DOI: 10.54899/dcs.v23i94.6761

Recibido: 24/07/2026 | **Aceptado:** 17/08/2026 | **Publicación en línea:** 24/08/2026.

RESUMO

A poluição do ar ocorre devido à liberação de substâncias prejudiciais, majoritariamente resultantes de atividades humanas, sendo assim, este estudo tem como objetivo avaliar a qualidade do ar em duas cerâmicas vermelhas do município de São Miguel do Guamá-PA. Para

¹Graduada em Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade do Estado do Pará (UEPA), Belém, Pará, Brasil. E-mail: amandajamilly171@gmail.com Orcid: <https://orcid.org/0009-0007-9197-3164>

² Graduada em Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade do Estado do Pará (UEPA), Belém, Pará, Brasil. E-mail: rayalbuquerque262@gmail.com Orcid: <https://orcid.org/0009-0008-4799-4360>

³ Pós-doutor em Engenharia Florestal, Universidade do Estado do Pará (UEPA), Belém, Pará, Brasil. E-mail: seidelsantos@uepa.br Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-6049-1188>

⁴ Doutorando em Engenharia da Computação, Universidade do Estado do Pará (UEPA), Belém, Pará, Brasil. E-mail: claudio.coutinho@uepa.br Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-9623-8897>

⁵ Doutor em Engenharia Ambiental, Universidade do Estado do Pará (UEPA), Belém, Pará, Brasil. E-mail: rodolfo.brito@uepa.br Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-0393-5181>

⁶ Doutora em Biologia, Universidade do Estado do Pará (UEPA), Belém, Pará, Brasil. E-mail: flavia.lucas@uepa.br Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-0752-7206>

⁷ Pós-doutora em Tecnologia de Alimentos, Universidade do Estado do Pará (UEPA), Belém, Pará, Brasil. E-mail: josybrasil@uepa.br Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-2382-2552>

⁸ Pós-doutora em Tecnologia de Alimentos, Universidade do Estado do Pará (UEPA), Belém, Pará, Brasil. E-mail: elen.vanessa@uepa.br Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-4754-0915>

⁹ Doutora em Engenharia Sanitária, Universidade do Estado do Pará (UEPA), Belém, Pará, Brasil. E-mail: anajulia.barbosa@uepa.br Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-8701-9868>

¹⁰ Doutora em Engenharia Sanitária, Universidade do Estado do Pará (UEPA), Belém, Pará, Brasil. E-mail: lucyannegutierrez@gmail.com Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-4199-1977>

¹¹ Pós-doutorando em Engenharia Florestal, Universidade do Estado do Pará (UEPA), Belém, Pará, Brasil. E-mail: iedo@uepa.br Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-2563-3245>

¹² Pós-doutora em Meteorologia, Universidade do Estado do Pará (UEPA), Belém, Pará, Brasil. E-mail: elianecoutinho@uepa.br Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-3152-7828>

isso, adotou-se uma abordagem quanti-qualitativa, com monitoramento de campo em dois períodos distintos, chuvoso que contemplam os meses de fevereiro e março e menos chuvoso, no período de junho a julho, utilizando equipamentos portáteis para a medição de temperatura do ar, velocidade do vento, monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), dióxido de enxofre (SO₂), dióxido de nitrogênio (NO₂), material particulado fino (MP2,5) e inalável (MP10). Os pontos de coleta foram definidos no interior das cerâmicas e em áreas externas à aproximadamente 200 metros de distância. Complementarmente, aplicou-se um questionário estruturado a 133 moradores da área. Os resultados indicaram variações expressivas nos níveis de CO, MP2,5 e MP10, com ultrapassagens frequentes dos limites estabelecidos pelas normas ambientais, especialmente nos pontos internos e próximo a uma das cerâmicas, a que possui operação predominantemente manual. Além disso, a dispersão dos poluentes mostrou-se influenciada por fatores meteorológicos, como velocidade do vento e temperatura do ar. O questionário evidenciou que 70% dos participantes percebem impactos diretos do cheiro e da fumaça, e 89% relatam sintomas respiratórios, como tosse, alergias e falta de ar. Sendo assim, pode-se concluir que a atividade ceramista exerce influência direta na degradação da qualidade do ar local e na saúde da população.

Palavra-chave: Qualidade do Ar. Saúde Pública. Cerâmica Vermelha.

ABSTRACT

Air pollution occurs due to the release of harmful substances, mainly resulting from human activities. Therefore, this study aims to evaluate air quality in two red ceramic factories in the municipality of São Miguel do Guamá-PA. To this end, a mixed-methods approach was adopted, with field monitoring during two distinct periods: a rainy period encompassing February and March, and a less rainy period from June to July. Portable equipment was used to measure air temperature, wind speed, carbon monoxide (CO), carbon dioxide (CO₂), sulfur dioxide (SO₂), nitrogen dioxide (NO₂), fine particulate matter (PM2.5), and inhalable particulate matter (PM10). Collection points were defined inside the ceramic factories and in external areas approximately 200 meters away. Additionally, a structured questionnaire was administered to 133 residents of the area. The results indicated significant variations in CO, PM2.5, and PM10 levels, with frequent exceedances of the limits established by environmental standards, especially at internal points and near one of the ceramic factories, which operates predominantly manually. Furthermore, the dispersion of pollutants was influenced by meteorological factors such as wind speed and air temperature. The questionnaire showed that 70% of participants perceive direct impacts from the smell and smoke, and 89% report respiratory symptoms such as cough, allergies, and shortness of breath. Therefore, it can be concluded that ceramic activity exerts a direct influence on the degradation of local air quality and the health of the population.

Keywords: Air Quality. Public Health. Red Ceramics.

RESUMEN

La contaminación atmosférica se debe a la liberación de sustancias nocivas, en su mayoría procedentes de actividades humanas; por ello, el objetivo de este estudio es evaluar la calidad del aire en dos fábricas de cerámica roja del municipio de São Miguel do Guamá (PA). Para ello, se adoptó un enfoque cuantitativo y cualitativo, con un seguimiento sobre el terreno en dos períodos distintos: el húmedo, que abarca los meses de febrero y marzo, y el menos húmedo, entre junio y julio, utilizando equipos portátiles para medir la temperatura del aire, la velocidad del viento, el monóxido de carbono (CO), el dióxido de carbono (CO₂), dióxido de azufre (SO₂),

dióxido de nitrógeno (NO₂), partículas finas (PM_{2,5}) e inaláveis (PM₁₀). Los puntos de muestreo se definieron en el interior de las fábricas de cerámica y en zonas exteriores a unos 200 metros de distancia. Además, se aplicó un cuestionario estructurado a 133 residentes de la zona. Los resultados indicaron variaciones significativas en los niveles de CO, PM_{2,5} y PM₁₀, con frecuentes superaciones de los límites establecidos por la normativa medioambiental, especialmente en los puntos situados en el interior y cerca de una de las fábricas de cerámica, aquella cuyo funcionamiento es predominantemente manual. Además, la dispersión de los contaminantes se vio influida por factores meteorológicos, como la velocidad del viento y la temperatura del aire. El cuestionario puso de manifiesto que el 70 % de los participantes percibe impactos directos del olor y el humo, y el 89 % refiere síntomas respiratorios, como tos, alergias y dificultad para respirar. Por lo tanto, se puede concluir que la actividad cerámica ejerce una influencia directa en el deterioro de la calidad del aire local y en la salud de la población.

Palabra clave: Calidad del Aire. Salud Pública. Cerámica Roja.



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución- NoComercial 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

INTRODUÇÃO

A urbanização acelerada no mundo aumentou o consumo de energia e as emissões de poluentes provenientes da queima de combustíveis fósseis em indústrias e automóveis (Santos *et al.*, 2019). De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS, 2024), cerca de 99% da população mundial respira ar com níveis de poluição acima dos limites recomendados. O problema é ainda mais grave em países de baixa e média renda.

No contexto dos padrões ambientais do Brasil, a deterioração do ar é uma preocupação significativa e prioridade nacional. Embora o monitoramento ainda não tenha cobertura ideal, sua expansão contínua visa aprimorar a avaliação dos impactos e fortalecer medidas mitigadoras (MMA, 2023).

Conforme a Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade do Estado do Pará (SEMAS, 2025), a avaliação da qualidade atmosférica exerce um papel essencial na salvaguarda da saúde humana e na preservação ambiental. Esse procedimento abrange o monitoramento e a quantificação de substâncias poluidoras na atmosfera, incluindo partículas em suspensão, gases tóxicos e outros componentes que podem comprometer o bem-estar populacional e o equilíbrio ecológico.

A análise da qualidade do ar acontece em duas etapas principais: primeiramente, são

quantificados os parâmetros indicativos das concentrações de contaminantes na atmosfera. Subsequentemente, esses dados são comparados aos padrões de qualidade atmosférica definidos pela legislação ambiental vigente permitindo a verificação de conformidade e a identificação de potenciais impactos ambientais (INT, 2022).

As emissões de poluentes surgem da liberação de gases e partículas no ambiente, originadas não apenas do tráfego veicular, mas também de processos industriais, especialmente aqueles dependentes de combustíveis fósseis. Ademais, a queima de resíduos sólidos figura entre as principais fontes de poluição atmosférica. Em centros urbanos de grande porte, o setor de transportes constitui o maior contribuinte para a deterioração da qualidade do ar (Schwarz, 2022).

Além disso, a contaminação gerada por operações industriais exerce um impacto substancial em diversas áreas urbanas, influenciando de maneira significativa a qualidade atmosférica nessas localidades (IAP, 2020). Borges *et al.* (2018) realizaram uma investigação sobre as concentrações de compostos tóxicos no ar provenientes de indústrias cerâmicas e concluíram que tal poluição impõe riscos à saúde tanto para os trabalhadores da produção quanto para as comunidades residentes nas proximidades das instalações.

Conforme Vassari-Pereira, Valverde e Asmus (2022), a exposição crônica a impurezas atmosféricas pode precipitar ou exacerbar patologias respiratórias crônicas, gerando repercussões adversas na qualidade de vida da população. Nesse sentido, torna-se imperativa a compreensão e o monitoramento das emissões industriais, com o objetivo de atenuar seus efeitos deletérios.

No caso da indústria de cerâmica vermelha, os fornos emergem como uma das fontes primárias de emissões atmosféricas, resultantes da combustão de lenha e outras biomassas, tais como cavacos, briquetes e serragem. A ineficácia desse processo de combustão frequentemente leva à produção excessiva de fuligem e à emissão de fumaça escura, sinalizando uma queima incompleta. Tal fenômeno reflete uma oferta insuficiente de ar para a combustão, impedindo a oxidação total dos combustíveis e comprometendo a eficiência energética do sistema (INT, 2022).

O município de São Miguel do Guamá, situado no nordeste paraense, destaca-se como o principal polo cerâmico da região, configurando-se como um dos maiores produtores de cerâmica vermelha. Sua economia é amplamente ancorada na manufatura de tijolos e telhas, setor que fomenta o progresso local. Contudo, essa atividade também acarreta impactos ambientais consideráveis (Cardoso *et al.*, 2019).

A pesquisa em questão enfatiza a poluição atmosférica oriunda das indústrias cerâmicas locais como uma questão crítica. Dado o status de polo cerâmico proeminente, inúmeras fábricas operam tanto na periferia quanto no interior da cidade, potencialmente afetando a população residente. Diante desse cenário, foi conduzido um estudo de campo para examinar a qualidade do ar na região e a percepção dos habitantes a respeito, considerando que o município carece de monitoramento oficial da qualidade atmosférica e de pesquisas científicas sobre o tema.

Sendo assim, o objetivo geral dessa pesquisa é Avaliar a qualidade do ar em duas cerâmicas vermelhas do município de São Miguel do Guamá, com 3 objetivos específicos, que são: (a) Identificar e analisar os principais poluentes emitidos pelas cerâmicas vermelhas; (b) Medir e comparar sazonalmente os poluentes atmosféricos com as legislações vigentes; (c) Detectar a relação entre a exposição a contaminantes e a percepção da população acerca das consequências que a poluição do ar pode ocasionar na saúde pública.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de Estudo

A cidade de São Miguel do Guamá está localizada no Estado do Pará, integra a Zona Guajarina e abrange uma área de 1.094,565 km², na região Nordeste, suas coordenadas geográficas são aproximadamente 01°37'36" S de latitude e 47°29'00" O de longitude, com uma altitude média de cerca de 10 metros (IBGE, 2023).

O município é cortado pelo Rio Guamá, de Oeste para Leste, onde, em sua margem esquerda, situa-se a sede do município. A sede distancia-se aproximadamente a 150 km de Belém, fazendo parte do polo turístico Amazônia Atlântica. Apresenta como limites: Santa Maria do Pará e Bonito ao Norte, Ourém ao Leste, São Domingos Do Capim e Irituia ao Sul e Inhangapi e Castanhal ao Oeste (IBGE, 2023).

O clima é definido como equatorial quente e úmido, classificado como Am caracterizado por temperaturas elevadas ao longo do ano. A temperatura média anual está em torno de 25°C, enquanto os períodos mais quentes registram valores médios de aproximadamente 25,5°C. O regime pluviométrico é expressivo, com precipitações anuais que alcançam cerca de 2.250 mm. No entanto, a distribuição das chuvas não ocorre de maneira uniforme, concentrando aproximadamente 80% do volume total entre os meses de janeiro e junho. Esse padrão climático

resulta em elevados excedentes hídricos, favorecendo escoamentos superficiais intensos e a ocorrência de cheias nos cursos d'água locais (Prefeitura de São Miguel do Guamá, 2021).

Nesse sentido, a umidade relativa do ar permanece elevada ao longo do ano, com índices médios em torno de 85%, contribuindo para a característica atmosférica úmida da região. O solo guamaense é abundantemente rico em argila de ótima qualidade, o que facilita a fabricação de cerâmicas e que torna a cidade rica em indústrias de cerâmica vermelha, o que torna o município conhecido como “cidade do Barro” (Magalhães, 2016; Cardoso *et al.*, 2019).

A indústria A possui 43.323,53 m² e está localizada no perímetro urbano do município, com topografia plana e com muita vizinhança (Rocha *et al.*, 2013; Da Silva e Costa, 2022). A indústria tem o horário de funcionamento de 07:00 até as 17:00 horas, de segunda a sábado e conta com 38 funcionários, dispõe de oito fornos do tipo paulista que produzem aproximadamente 720.000 tijolos/mês. Esse tipo de forno é amplamente utilizado no setor cerâmico nacional, principalmente devido ao seu baixo custo de instalação. Segundo Aguiar *et al.* (2022), sua operação demanda elevado consumo de energia durante o processo de queima. O caroço de aço e serragem são usados como combustíveis na queima do forno.

Enquanto a indústria B situa-se em zona urbana, com área de 28.732,94 m², possuindo 75 funcionários (Rocha *et al.*, 2013; Da Silva e Costa, 2022). O seu horário de funcionamento inicia as 07:00 até as 11:30 e retorna as 13:30 até as 17:00, de segunda a sexta e aos sábados das 07:00 às 11:00. A empresa conta com 7 fornos, o tipo de forno utilizado é do modelo paulista que produzem 540.000 tijolos/mês e 690.000 telhas/mês. Esse modelo de forno é construído em alvenaria, não possui isolamento térmico, apresenta formato retangular e comporta aproximadamente de 30 a 60 mil peças cerâmicas (Henrique Junior; Rodrigues, 2017). É utilizado somente serragem na queima nos fornos.

De acordo com Lopes (2012) e Rocha *et al.* (2013), as duas empresas utilizam o forno do tipo paulista. Esses tipos de forno são equipamentos tradicionais da cerâmica vermelha, operando de forma intermitente em ciclos de aquecimento, queima e resfriamento. O abastecimento desses equipamentos ocorre manualmente, pela inserção direta de combustíveis, como lenha e bagaço de cana nas fornalhas laterais, o que exige controle constante da alimentação para evitar oscilações de chama. Embora sejam economicamente acessíveis e permitam o uso de diferentes combustíveis, apresentam baixa eficiência, distribuição irregular de calor e alto consumo energético, além de demandarem operação cuidadosa. Essas limitações afetam a uniformidade das peças e ampliam as perdas de calor quando comparados a modelos contínuos mais modernos.

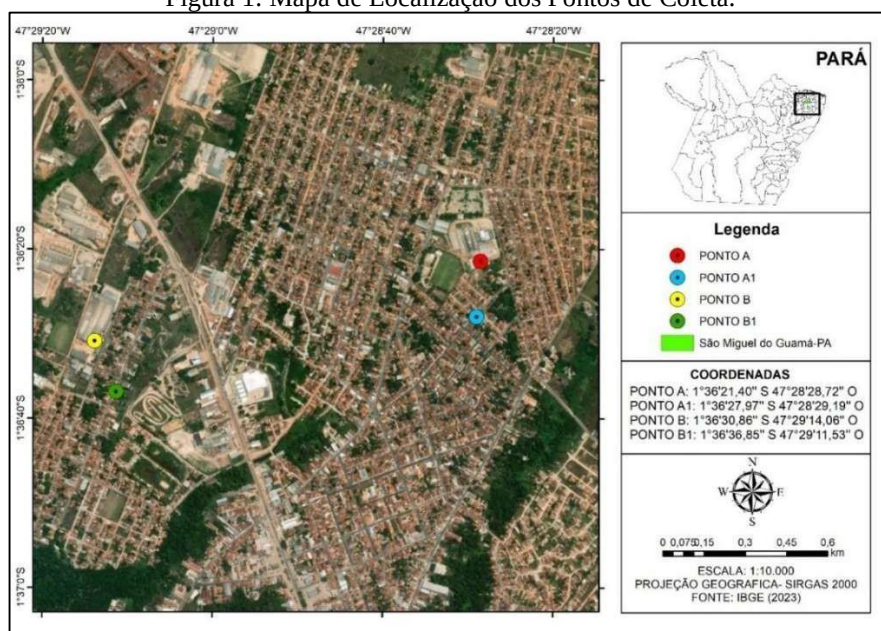
Ainda assim, sua ampla utilização no Brasil decorre do baixo custo e da adaptabilidade, embora melhorias técnicas e práticas mais sustentáveis sejam recomendadas para aumentar o desempenho.

Dados

Estratégia de Amostragem

As medições foram realizadas em duas indústrias de cerâmica vermelha situadas no município estudado. A delimitação dos pontos de amostragem baseou-se em uma análise que buscou contemplar as principais áreas de presença de atividades humanas no entorno das indústrias. Para a análise das emissões atmosféricas, foram definidos quatro pontos de coleta, sendo um localizado no interior de cada indústria e outro posicionado a aproximadamente 200 metros de cada empreendimento, conforme apresentado na Figura 1.

Figura 1: Mapa de Localização dos Pontos de Coleta.



Fonte: Elaborado pelas autoras (2025).

O presente trabalho foi realizado em duas campanhas, a primeira ocorreu no final de fevereiro e início de março, que é o período chuvoso, e a segunda ocorreu entre o fim de junho e início de julho, período menos chuvoso. Em todos os pontos foram feitas 3 coletas, a primeira ocorreu pelo período da manhã entre 07:00 e 08:00 horas, a segunda entre 12:00 e 13:00 horas e

a terceira ocorreu pelo período da tarde entre 16:00 e 17:00 horas, conforme indicado na tabela 1.

Tabela 1 – Datas e coordenadas dos pontos de coleta.

Ponto	Latitude e Longitude	1º Campanha	2º Campanha
A	1°36'21,40" S e 47°28'28,72" O	25, 26, 27 e 28 de fevereiro e 03, 05, 06 e 07 de março	23, 24, 25, 26, 27 e 30 de junho e 01 e 02 de julho
A1	1°36'27,97" S e 47°28'29,19" O	25, 26, 27 e 28 de fevereiro e 03, 05, 06 e 07 de março	23, 24, 25, 26, 27 e 30 de junho e 01 e 02 de julho
B	1°36'30,86" S e 47°29'14,06" O	25, 26, 27 e 28 de fevereiro e 03, 05, 06 e 07 de março	23, 24, 25, 26, 27 e 30 de junho e 01 e 02 de julho
B1	1°36'36,85" S e 47°29'11,53" O	25, 26, 27 e 28 de fevereiro e 03, 05, 06 e 07 de março	23, 24, 25, 26, 27 e 30 de junho e 01 e 02 de julho

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Para a identificação dos locais de amostragem, convencionou-se denominar Ponto A o local situado no interior da primeira indústria e Ponto A1 o ponto localizado a aproximadamente 200 metros desta. De forma análoga, Ponto B corresponde ao interior da segunda indústria, enquanto Ponto B1 refere-se ao ponto estabelecido a 200 metros de distância da cerâmica.

Os pontos externos (A1 e B1) foram definidos em áreas residenciais localizadas a aproximadamente 200 metros das respectivas indústrias cerâmicas, considerando a presença de moradias e a exposição direta da população às emissões atmosféricas provenientes das atividades industriais. Essa distância foi estabelecida com o objetivo de avaliar a dispersão dos poluentes atmosféricos em áreas habitadas próximas às fontes emissoras, uma vez que estudos indicam que, mesmo a curtas distâncias, as emissões industriais podem influenciar negativamente a qualidade do ar e representar riscos à saúde da população residente.

Foram monitorados os seguintes poluentes atmosféricos: monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), material particulado fino (MP_{2,5}) e material particulado inalável (MP₁₀).

Materiais

Os equipamentos utilizados no estudo são portáteis e tem a função de detectar os indicadores de qualidade do ar, foram manuseados para monitorar a qualidade do ar dentro das cerâmicas vermelhas e em áreas próximas habitadas por pessoas diretamente expostas às

emissões atmosféricas. Os registros obtidos foram comparados aos padrões estabelecidos por órgãos ambientais, como a OMS de 2021 e a resolução CONAMA 506/2024. Os equipamentos empregados nesta pesquisa estão demonstrados nas Figuras 2, 3, 4, 5, 6 e 7:

Figura 2: Medidor de CO₂ (dióxido de carbono): Air Quality Detector JMS-131 SC (ppm). 	Figura 3: Medidor de material particulado (MP2.5 e MP10) (µg/m³), de temperatura do ar e umidade relativa do ar: Kailishen Air Quality Detector (°C, %). 	Figura 4: Medidor de SO₂ (dióxido de enxofre): Gás Detector NM-SO2 (0-20PPM) (µg/m³.). 
Fonte: Elaborado pelas autoras (2025).	Fonte: Elaborado pelas autoras (2025).	Fonte: Elaborado pelas autoras (2025)
Figura 5: Medidor de NO₂ (dióxido de nitrogênio); Bosea Eletronic Technology BH-90A NO₂ Gás Detector (µg/m³). 	Figura 6: Medidor de CO (monóxido de carbono): Smart Sensor AS8700A Carbon Monoxide Meter (ppm) 	Figura 7: Anemômetro (m/s) 
Fonte: Elaborado pelas autoras (2025).	Fonte: Elaborado pelas autoras (2025).	Fonte: Elaborado pelas autoras (2025).

Além da coleta de dados relacionados aos indicadores de qualidade do ar, foram registradas informações adicionais, como temperatura do ar (°C), umidade relativa do ar (%), e velocidade do vento (m/s), visando contextualizar as condições ambientais no momento das medições. Também foram observadas as características físicas dos locais e as condições climáticas presentes.

Outrossim, foi realizada a aplicação de questionários com a população residente nas proximidades das áreas de estudos. O objetivo deste procedimento foi coletar informações

relevantes que contribuam para o desenvolvimento do trabalho. A etapa de aplicação dos questionários foi conduzida em conformidade com os princípios éticos da pesquisa científica, garantindo a voluntariedade e anonimato dos participantes.

Resoluções Normativas

As normativas referentes a qualidade do ar são instrumentos para a regulação das emissões de poluentes atmosféricos e a proteção do bem ambiental e da saúde pública. No Brasil, essas normas estão passando por evoluções com o intuito de determinar limites seguros de exposição humana por meio de diretrizes e padrões intermediários.

Em 2021 a Organização Mundial da Saúde lançou os padrões de qualidade do ar intermediários, com o intuito de ofertar recomendações quantitativas da qualidade do ar por meio de padrões estabelecidos que visam diminuir a exposição humana a impurezas atmosféricas. Esses limites intermediários são postos em vigor em datas estabelecidas pela organização, onde o objetivo é adotar os padrões descritos na etapa final deste processo que é intitulada como Padrões Finais (PF), que passará a entrar em vigor no ano de 2044 em data a ser definida pela OMS (OMS, 2021).

Ademais, os padrões da OMS de 2021, serviram como base para a atualização da legislação brasileira, culminando na Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente CONAMA nº 506/2024, que estabelece padrões nacionais de qualidade do ar e que define os limites de concentração dos poluentes atmosféricos. Essa resolução define os limites de concentração do material particulado (MP2,5 e MP10), SO₂, NO₂, CO e O₃.

Considerando a ausência de parâmetros específicos acerca do Dióxido de carbono em ambientes externos, será utilizado como valor-guia o que rege a Resolução da ANVISA de nº 09, de 16 de janeiro de 2003, que estabelece o valor de 1000 ppm para CO₂ para o interior de ambientes climatizados artificialmente. Contudo, para os demais elementos tóxicos, serão usados como valores guias, os parâmetros instituídos pelo Resolução CONAMA Nº 506 de 5 de julho de 2024, conforme mostra a tabela 2.

Tabela 2: Padrões de Emissões Atmosféricas

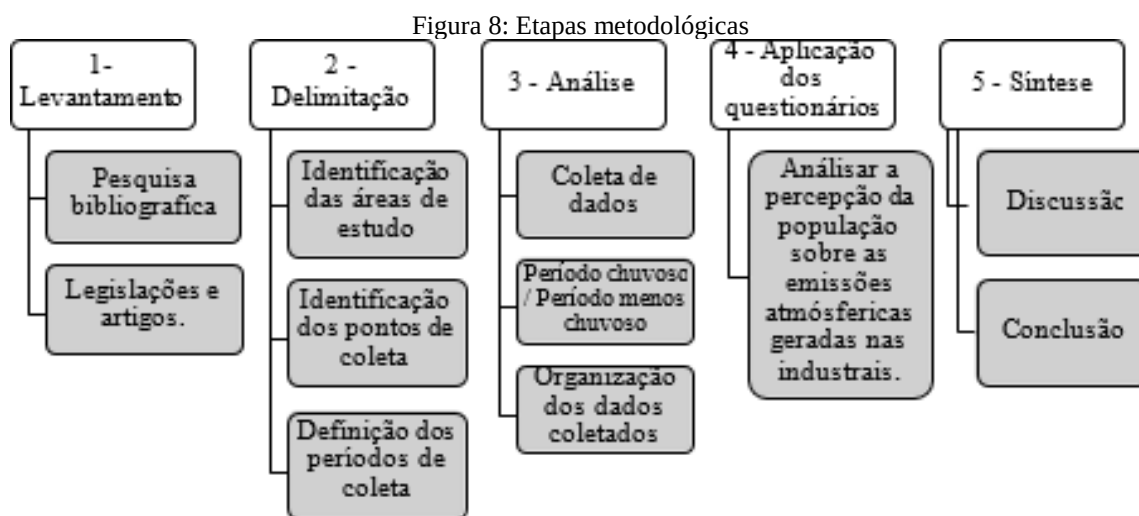
Poluente Atmosférico	Período de Referência	PI 1	PI 2	PI 3	PI 4	PF	
		µg/m³	µg/m³	µg/m³	µg/m³	µg/m³	Ppm
	24 horas	120	100	75	50	45	-

Material Particulado - MP10	Anual ¹	40	35	30	20	15	-
Material Particulado - MP2,5	24 horas	60	50	37	25	15	-
	Anual ¹	20	17	15	10	5	-
Dióxido de Enxofre – SO ₂	24 horas	125	50	40	40	40	-
	Anual ¹	40	30	20	20	20	-
Dióxido de Nitrogênio – NO ₂	1 hora ²	260	240	220	200	200	-
	Anual ¹	60	50	45	40	10	-
Ozônio – O ₃	8 horas ³	140	130	120	100	100	-
Monóxido de Carbono - CO	8 horas ³	-	-	-	-	-	9
1 - Média aritmética anual							
2 - Máxima média horária obtida no dia							
3 - Máxima média móvel obtida no dia							
4 - Média geométrica anual							
5 - Medido nas partículas totais em suspensão							

Fonte: Adaptada do CONAMA (2024).

Métodos

As etapas metodológicas foram organizadas conforme mostrada na Figura 8, que orienta desde o planejamento até a análise dos dados, garantindo a consistência e o alcance dos objetivos propostos.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

A presente pesquisa adota uma abordagem mista, combinando métodos quantitativos e qualitativos. A dimensão quantitativa é aplicada na medição das emissões atmosféricas das cerâmicas vermelhas, enquanto a qualitativa busca compreender os impactos dessas emissões na saúde da população local.

Para a análise dos dados coletados, foi realizada uma comparação detalhada com os

parâmetros estabelecidos na Resolução da ANVISA nº 09, de 16 de janeiro de 2003, especialmente no que diz respeito ao limite definido para o Dióxido de Carbono. Paralelamente, a Resolução do CONAMA nº 506/2024 também foi utilizada como referencial normativo para avaliar os demais agentes poluidores identificados durante a pesquisa. Esta etapa teve como finalidade verificar os níveis de emissões de substâncias tóxicas com os padrões legais estabelecidos.

Ademais, foi aplicado um questionário estruturado à população residente nas proximidades dos locais analisados. Para o cálculo do tamanho da amostra utilizou-se a fórmula proposta por Yamane (2016), usualmente aplicada em estudos que envolvem populações finitas e que requerem a definição do número de respondentes com base em nível de confiança e margem de erro previamente definidos. A equação é expressa por:

$$n = \frac{N}{1 + N(e)^2} \quad (1)$$

Em que

n representa o tamanho da amostra, N o total da população e e a margem de erro admitida.

Conforme aponta Gil (2019), a determinação do tamanho amostral constitui uma etapa metodológica necessária para assegurar a consistência estatística dos resultados. No presente estudo, considerando o total populacional de 212 indivíduos e margem de erro de 5% e confiança de 95%, obteve-se o número de 139 questionários aplicados. Esse procedimento segue orientações metodológicas descritas por Lakatos e Marconi (2021), que destacam a importância da definição amostral com base em critérios estatísticos. A implementação do questionário em questão aconteceu de forma *online*, por meio do envio de canais de comunicação digital, como e-mail ou redes sociais.

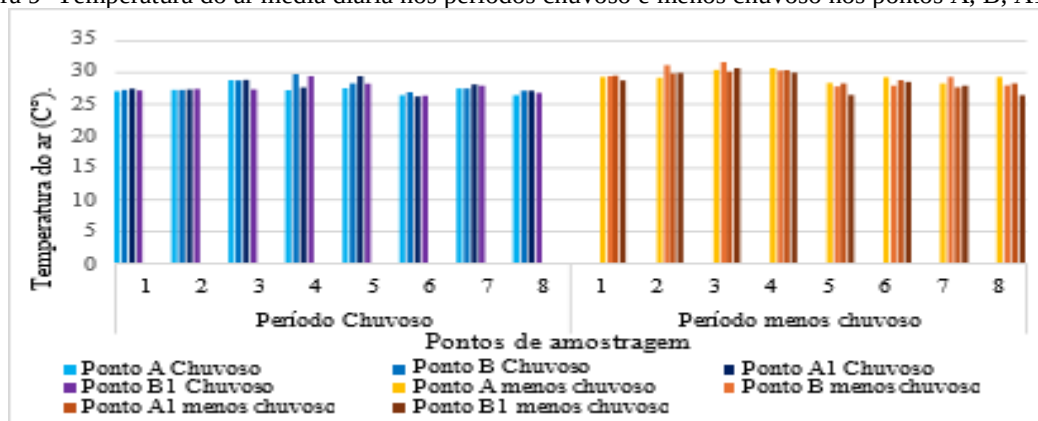
Quanto a classificação o estudo é de caráter exploratório, descritivo e explicativo. Inicialmente, realizou-se uma revisão bibliográfica abrangente para embasar teoricamente a pesquisa, seguida pela coleta de dados primários por meio de medições ambientais realizadas com equipamentos móveis em pontos estratégicos próximos e dentro das cerâmicas e o levantamento de dados secundários.

RESULTADO E DISCUSSÃO

Para a análise da qualidade do ar, foram monitorados alguns indicadores constantes da Resolução CONAMA n° 506/2024 que apresentaram variações, sendo eles o Monóxido de Carbono (CO), Dióxido de Carbono (CO₂) e o Material Particulado (MP 2,5 e MP 10), porém outros indicadores como o Dióxido de Enxofre (SO₂) e o Dióxido de Nitrogênio (NO₂) não obtiveram concentrações detectadas durante as medições, sendo assim, não foram incluídos nas análises nesse estudo.

A Figura 9 apresenta a variação da temperatura média do ar registrada nos períodos chuvoso e menos chuvoso nos pontos de amostragem analisados. Além dos indicadores atmosféricos descritos anteriormente, também foi realizada a medição da temperatura do ar, a qual apresentou menores variações ao longo das campanhas de monitoramento, tanto entre os pontos quanto entre os períodos avaliados. A temperatura máxima registrada foi de 34,1 °C durante o período chuvoso, no ponto B, enquanto a mínima foi de 24 °C, também no período chuvoso, no ponto A1.

Figura 9- Temperatura do ar média diária nos períodos chuvoso e menos chuvoso nos pontos A, B, A1 e B1.

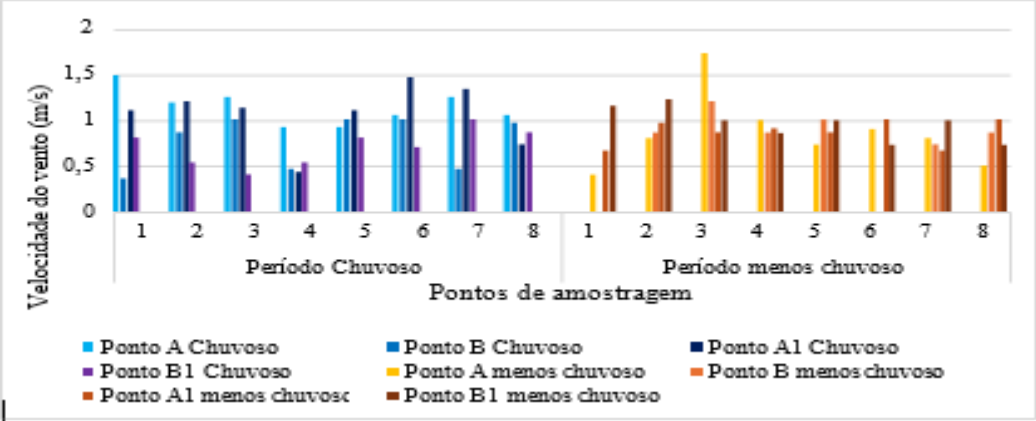


Fonte: Elaborado pelas autoras, 2025.

A Figura 10 ilustra a média da velocidade do vento (m/s) nos períodos chuvoso e menos chuvoso. A velocidade do vento apresentou variações significativas entre os períodos analisados, evidenciando a influência das condições climáticas sazonais sobre sua intensidade e direção. Essas oscilações nos ventos predominantes corroboram os resultados apresentados por Silva *et al.* (2023), que destacam que a direção e a intensidade dos ventos variam conforme o período e a região analisada. No período menos chuvoso, registrou-se uma velocidade média máxima de

1,73 m/s e mínima de 0,4 m/s. Já durante o período chuvoso, as variações observadas foram menores de 1,5 m/s e 0,36 m/s, respectivamente.

Figura 10- Velocidade do Vento média diária no período chuvoso e menos chuvoso nos pontos A, B, A1 e B1.



Fonte: Elaborado pelas autoras, 2025.

Indicador de Monóxido de Carbono (CO)

A Resolução CONAMA nº 506/2024 estabelece o limite final de 9 ppm (partes por milhão) para o Monóxido de Carbono (CO) em um período de exposição de 8 horas. A Figura 11 mostra a média de monóxido de carbono (CO) nos períodos chuvoso e menos chuvoso nos pontos internos.

Nessa perspectiva, observa-se que, conforme a Figura 11, apenas o ponto A ultrapassou os valores permitidos durante o período chuvoso, em quatro dias de monitoramento, apresentando médias diárias de 11,66 ppm, 11 ppm, 9,33 ppm e 9,66 ppm. Já no período menos chuvoso, o ponto B excedeu o limite estabelecido em dois dias, com concentrações de 9,33 ppm em ambos os casos.

Esses resultados podem ser justificados pelas características distintas das indústrias analisadas. O ponto A está localizado no interior de uma indústria que opera de forma mais manual, utilizando fornos antigos e chaminés de menor altura, o que contribui para uma menor dispersão dos gases e, consequentemente, para o aumento da concentração de CO. Em contrapartida, o ponto B corresponde a uma indústria mais automatizada, equipada com fornos modernos e altos, além de sistemas de tubulação subterrânea que conduzem os gases até a chaminé, favorecendo uma dispersão mais eficiente dos poluentes atmosféricos.

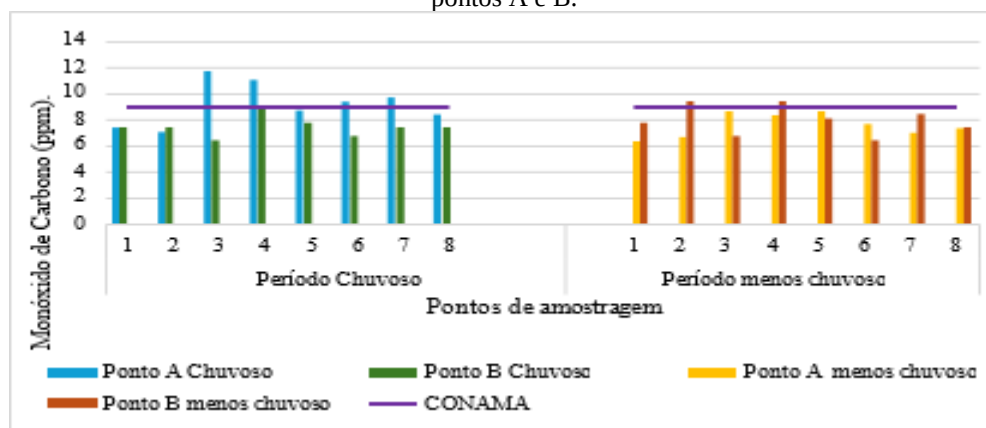
Os dados da Figura 11 reforçam que o ponto A, com o uso de fornos antigos e chaminés baixas, teve redução na dispersão do CO. Essa situação se relaciona às condições climáticas mais

frias e úmidas, que também favorecem o acúmulo do gás, conforme apontado por D'Amelio, Campos e Alvim (2017). O ponto B, com estrutura mais moderna e fornos automatizados, ultrapassou o limite apenas duas vezes, indicando maior eficiência na dispersão, como também observado em ambientes industriais com melhor ventilação (Maestri *et al.*, 2015). Assim, a Figura 11 evidencia que a tecnologia empregada interfere nos níveis de emissão observados.

A Figura 12 demonstra a média de monóxido de carbono (CO) nos períodos chuvoso e menos chuvoso nos pontos externos. Verifica-se que, durante o período chuvoso, apenas o ponto A1 apresentou concentrações acima do limite estabelecido, em um dia específico, atingindo o valor de 9,33 ppm, pois as temperaturas são mais baixas deixando o ar mais pesado. Dessa forma, observa-se que no ponto A1, localizado nas proximidades da indústria de caráter mais manual, a dispersão dos poluentes durante o período chuvoso alcança a área habitada no entorno, resultando em concentrações significativas de CO. Esse comportamento é coerente com os dados observados, já que, em dias mais frios, a menor dispersão dos poluentes favorece o acúmulo de CO no ponto A1, tal como descrito por D'Amelio, Campos e Alvim (2017).

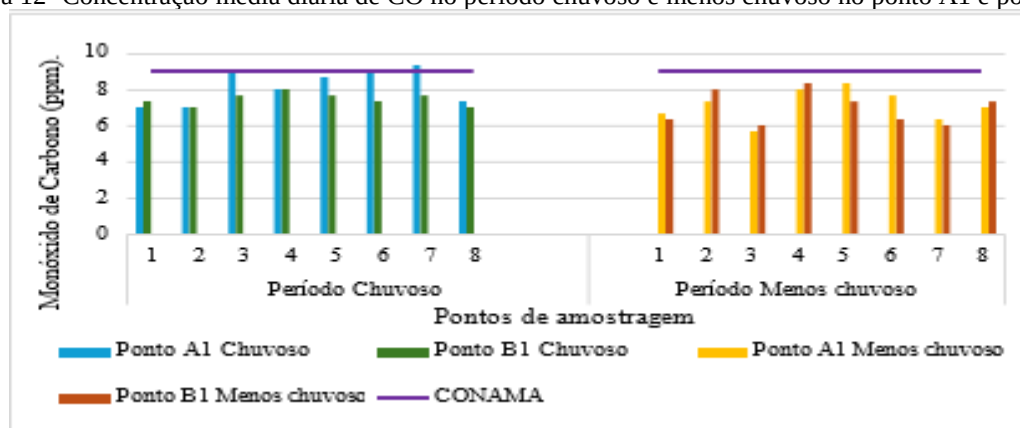
Em contrapartida, no ponto B1, não foram observadas alterações nos níveis do poluente, indicando que a automação e as chaminés mais altas da indústria moderna reduzem a propagação do CO para o entorno. Já no período menos chuvoso, não se verificaram variações expressivas nas concentrações de CO em nenhum dos pontos monitorados.

Figura 11- Concentração média diária de Monóxido de Carbono (CO) nos períodos chuvoso e menos chuvoso nos pontos A e B.



Fonte: Elaborado pelas autoras, 2025.

Figura 12- Concentração média diária de CO no período chuvoso e menos chuvoso no ponto A1 e ponto B1.



Fonte: Elaborado pelas autoras, 2025.

D'Amelio e Silva (2018) destacam que as maiores temperaturas registradas correspondem às menores concentrações de CO. As condições climáticas, portanto, exercem influência direta sobre a concentração desse gás. Conforme demonstrado nas Figuras 11 e 12, os valores obtidos nos pontos de coleta apresentaram maior variação durante o período chuvoso, o qual se caracteriza pelas menores temperaturas, conforme mostrado na Figura 9.

Tendo em vista que os níveis de CO ultrapassaram os limites estabelecidos tanto no ponto A quanto no ponto B, observa-se que as atividades desenvolvidas pelas indústrias de cerâmica podem representar riscos significativos à saúde dos trabalhadores diretamente expostos. Além disso, no ponto A1, onde também foram constatadas alterações, infere-se que a população residente no entorno dessas indústrias está potencialmente sujeita a impactos adversos à saúde e ao bem-estar. Segundo a CETESB (2024), a exposição a esse indicador também está associada à redução da acuidade visual, a dificuldades de aprendizado e de desempenho laboral, além do aumento da mortalidade por infarto agudo do miocárdio, especialmente entre pessoas idosas.

Indicador Dióxido de Carbono (CO₂)

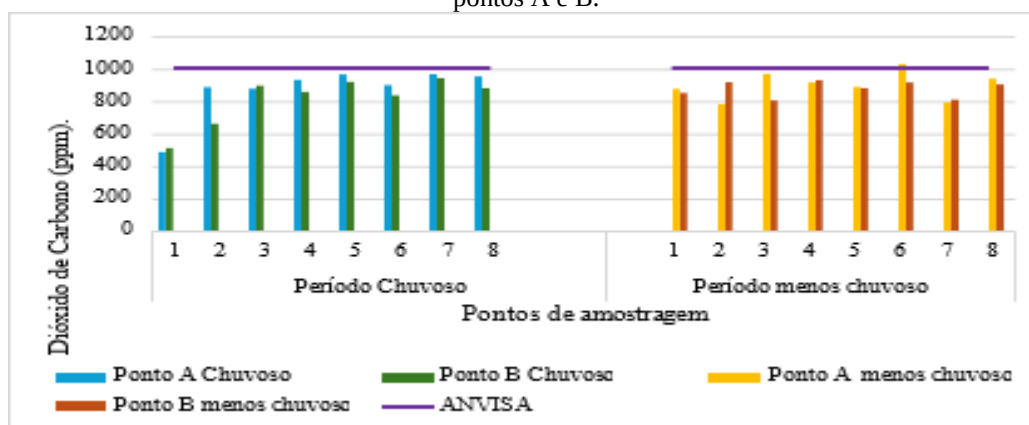
Em conformidade com o referencial teórico, não há, na literatura, um valor-padrão estabelecido para o CO₂ em ambientes externos. Entretanto, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA, 2003) recomenda o limite máximo de 1000 ppm para ambientes climatizados. A Figura 13 apresenta a média de dióxido de carbono (CO₂) nos períodos chuvoso e menos chuvoso nos pontos internos. Com isso, observou-se que apenas um dia, durante o período menos chuvoso, apresentou concentração média diária superior a esse valor, atingindo

1030 ppm no ponto A.

Nesse mesmo dia, registrou-se velocidade média do vento de 0,9 m/s no mesmo ponto, o que possivelmente contribuiu para a elevação da concentração de CO₂. Velocidades mais baixas tendem a reduzir a dispersão dos gases na atmosfera, estabelecendo uma relação inversamente proporcional entre velocidade do vento e concentração de poluentes. Esse comportamento corrobora os resultados observados por Rodrigues e Rodrigues (2024), que destacam que ventos mais intensos favorecem a dispersão atmosférica e, conseqüentemente, a diminuição das concentrações de CO₂ no ar ambiente.

Esse comportamento é coerente com Pérez *et al.* (2021), que observaram concentrações elevadas de CO₂ em momentos de calmaria (<4 m/s) e redução significativa quando os ventos ultrapassavam 4 m/s. Resultados semelhantes também foram identificados por Cardoso (2017) no polo cerâmico de Santa Gertrudes/SP, onde picos de poluentes ocorreram em períodos secos e de baixa ventilação, especialmente em indústrias com chaminés mais baixas, padrão compatível com a cerâmica manual do ponto A. Assim, as Figuras 9 e 10 evidenciam que variáveis meteorológicas e estruturais interagem diretamente na variação das concentrações de CO₂ (Figura 13), reforçando análises anteriores sobre dispersão limitada em cenários de vento fraco (Rodrigues e Rodrigues, 2024).

Figura 13- Concentração média diária de Dióxido de Carbono (CO₂) nos períodos chuvoso e menos chuvoso nos pontos A e B.



Fonte: Elaborado pelas autoras, 2025.

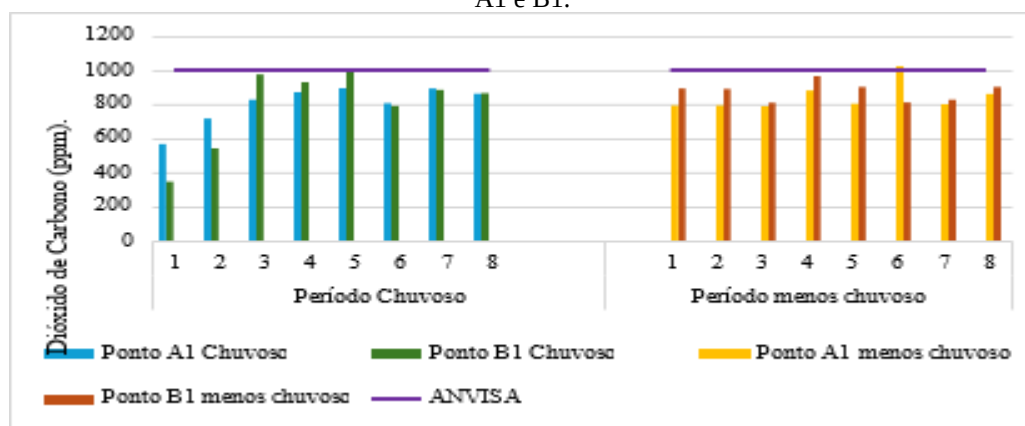
A Figura 14 ilustra a média de dióxido de carbono (CO₂) nos períodos chuvoso e menos chuvoso nos pontos externos. Verificou-se que o limite de CO₂ foi excedido apenas durante o período menos chuvoso, no ponto A1, com concentração média de 1029,33 ppm.

A repetição do padrão em um ponto externo reforça o papel de fatores estruturais, como

chaminés baixas e combustão menos eficiente, característicos de indústrias manuais. Essa interpretação dialoga com González *et al.* (2016), que destacam que emissões difusas em cerâmicas tradicionais tendem a acumular-se em áreas próximas, aumentando riscos ambientais. Camara (2013) também argumenta que emissões de cerâmicas podem intensificar quadros respiratórios e cardiovasculares, com hospitalizações até 2,5 vezes maiores em regiões expostas, o que converge com Silva *et al.* (2025) ao alertarem para efeitos adversos do excesso de CO₂ sobre a saúde. Embora as variações observadas sejam pontuais, os resultados demonstram a necessidade de monitoramento contínuo, dado o potencial de impacto sobre trabalhadores, moradores e ecossistemas locais.

Em consonância com as figuras 13 e 14, observaram-se alterações significativas apenas em uma das indústrias, tanto no ponto interno quanto no ponto externo, correspondente à indústria de caráter mais manual. Nessa unidade, fatores estruturais, como a menor altura da chaminé, podem ter contribuído para o aumento das concentrações de CO₂ registradas, favorecendo a dispersão limitada do gás e, conseqüentemente, sua acumulação no entorno. Essa condição pode afetar não apenas os colaboradores da indústria, mas também os moradores das áreas adjacentes.

Figura 14- Concentração média diária de dióxido de Carbono nos períodos chuvoso e menos chuvoso nos pontos A1 e B1.



Fonte: Elaborado pelas autoras, 2025.

Apesar de as variações observadas nos pontos de coleta terem sido pouco expressivas, o monitoramento contínuo desse poluente é essencial, uma vez que o excesso de CO₂ na atmosfera representa risco à fauna, à flora e à saúde humana, podendo ocasionar distúrbios respiratórios e cardiovasculares que, em casos mais graves, levam à hospitalização ou ao óbito, conforme destacado por Silva *et al.* (2025).

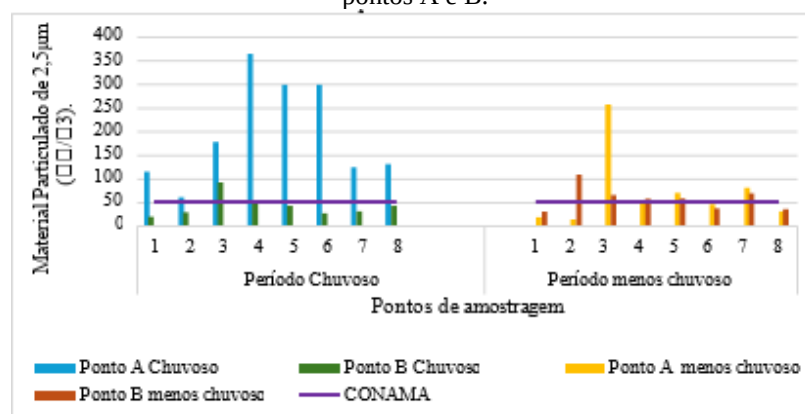
Indicador Material Particulado de 2,5 µm e 10 µm

A Figura 15 mostra a média de material particulado fino (MP2,5) nos períodos chuvoso e menos chuvoso nos pontos internos. Os resultados indicam que determinados valores obtidos durante o monitoramento ultrapassaram o valor limite estabelecido pela Resolução do CONAMA 506/2024 que define o valor máximo de 50 µg/m³ no período de referência de 24 horas. Durante o monitoramento, foram registrados picos superiores aos permitidos, com destaque para valores como 113 µm, 59 µm, 176,33 µm, 363 µm, 297,66 µm, 122,66 µm, 129 µm, 90,66 µm, 254,33 µm, 297,33 µm, 79 µm, 108,33 µm, 64,33 µm, 57 µm e 68 µm.

Em consonância com esses achados, De Lima *et al.* (2025) destacam que o MP2,5 é um dos poluentes atmosféricos mais prejudiciais à saúde humana. Isso ocorre porque, devido ao seu diâmetro inferior a 2,5 µm, essas partículas conseguem alcançar as regiões mais profundas do sistema respiratório, atingindo os alvéolos e podendo até mesmo entrar na corrente sanguínea (Porto *et al.*, 2025). Dessa forma, os valores acima do limite normativo reforçam a preocupação quanto aos possíveis impactos à saúde da população exposta.

A priori, observou-se que, durante o período chuvoso, todas as medições no ponto A excederam o limite permitido, enquanto no ponto B o aumento foi observado apenas no terceiro dia de coleta, evidenciando uma elevada carga de material particulado fino na atmosfera local. A posteriori, no período menos chuvoso, constatou-se que os valores superaram os limites em quatro dias de amostragem no ponto A, enquanto no ponto B aumentaram em cinco dias de coleta, mostrando que as emissões permaneceram elevadas mesmo sob condições meteorológicas mais secas, pois os materiais particulados são mais pesados para se dispersarem.

Figura 15- Concentração média diária de Material Particulado 2,5µm nos períodos chuvoso e menos chuvoso nos pontos A e B.

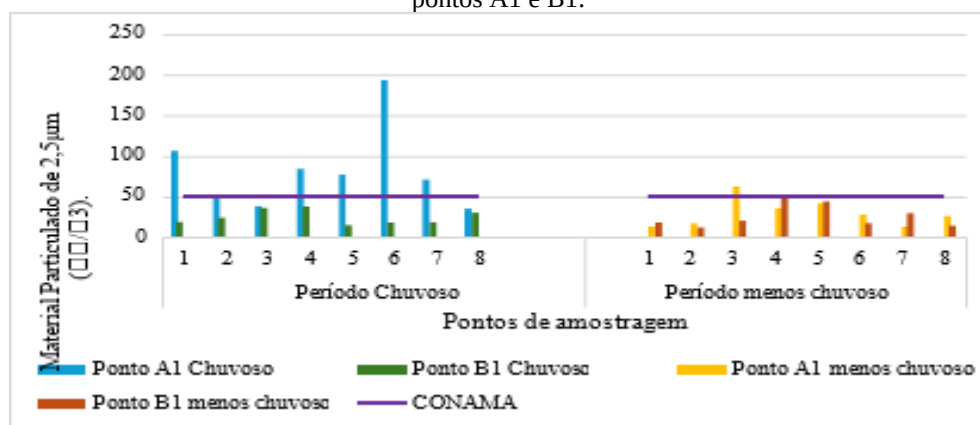


Fonte: Elaborado pelas autoras, 2025.

Conforme o Instituto Nacional de Tecnologia (2022), a ineficiência da combustão libera partículas finas e gases poluentes, o que reforça a relação observada nas áreas estudadas, onde a queima de serragem e caroço de açaí, muitas vezes de forma incompleta, intensifica a emissão de MP2,5. Esse processo agrava a qualidade do ar e expõe trabalhadores e moradores a maiores riscos. Evidências científicas mostram que a inalação prolongada de MP2,5 está associada ao agravamento de enfermidades respiratórias, como Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica (DPOC), bronquite crônica e asma, além de doenças cardiovasculares (Porto *et al.*, 2025).

Para complementar esta análise, a Figura 16, apresenta os níveis médios monitorados de MP2,5 nos pontos A1 e B1 que estão localizados a aproximadamente 200 m das indústrias ceramistas. Essa visualização permite uma avaliação da dispersão das partículas finas em áreas próximas às fontes emissoras, evidenciando como as emissões podem influenciar a degradação do ar.

Figura 16- Concentração média diária de Material Particulado 2,5µm nos períodos chuvoso e menos chuvoso nos pontos A1 e B1.



Fonte: Elaborado pelas autoras, 2025.

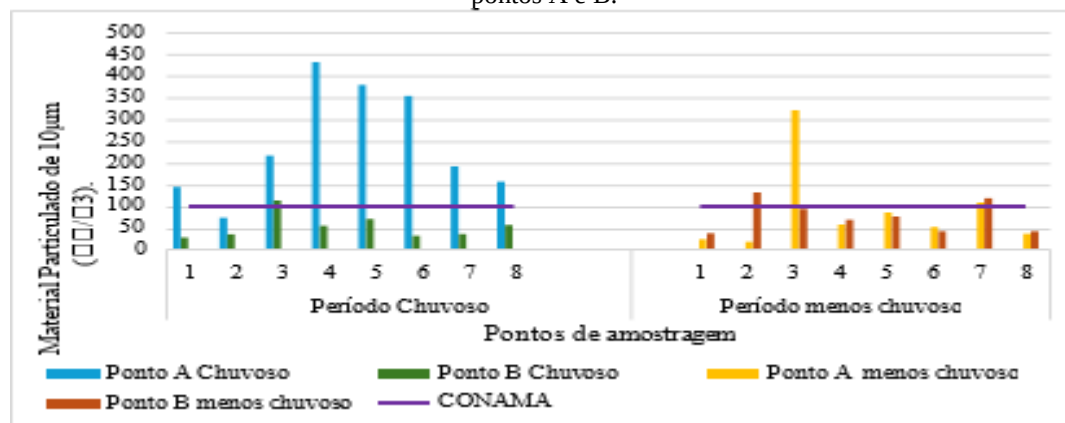
A Figura 16 apresenta os níveis de MP 2,5 coletados no ponto A1 e B1, permitindo analisar a dispersão do material particulado em áreas próximas às indústrias cerâmicas. Observa-se que determinados valores excederam o padrão estabelecido no ponto A1 em seis dias de medições no período chuvoso, apresentando médias diárias de 105,33µm, 51,66 µm, 83,33 µm, 76 µm, 192,33 µm e 70 µm, ao passo que no período menos chuvoso, apenas um dia no ponto A1, com o valor de 63 µm e em um dia no ponto B1 (51,33 µm), superaram o limite de 50 µg/m³. Detecta-se que, mesmo a uma distância de aproximadamente 200 metros das fontes emissoras, os níveis de material particulado permanecem acima do limite estabelecido pela resolução do CONAMA 506/2024, implicando diversos riscos à saúde da população.

Os resultados apresentados nas Figuras 15 e 16 mostram excedências recorrentes de MP_{2,5} acima de 50 µg/m³, sobretudo no ponto A. Esse comportamento está associado à combustão ineficiente de serragem e caroço de açaí em fornos sem sistemas de filtragem, o que favorece a emissão de partículas finas. Situação semelhante foi registrada por Câmara *et al.* (2015) em Santa Catarina, onde cerâmicas vermelhas apresentaram médias de 75,9 mg/Nm³ de material particulado e eficiência limitada de remoção.

A influência climática também se fez evidente. O estudo de Santos *et al.* (2018) observou que os parâmetros meteorológicos precipitação e temperatura do ar mostraram uma correlação relevante com as concentrações de MP_{2,5}, dentro do nível de significância considerado, padrão compatível com os picos no período chuvoso no ponto A, onde a saturação do ar e ventos fracos restringiram o transporte das partículas. Esses resultados são reforçados por Cardoso (2017), que identificou correlação negativa da precipitação e da temperatura com os níveis de MP, explicando a persistência dos valores elevados em áreas internas e externas da indústria manual.

O material particulado inalável (MP₁₀), também foi monitorado no presente estudo, por sua relevância na caracterização da poluição atmosférica oriunda do processo de queima dos fornos cerâmicos. A Figura 17 apresenta as concentrações médias obtidas nos pontos A e B, permitindo observar o comportamento desse poluente nos dois períodos analisados, chuvoso e menos chuvoso.

Figura 17- Concentração média diária de Material Particulado 10 µm nos períodos chuvoso e menos chuvoso nos pontos A e B.



Fonte: Elaborado pelas autoras, 2025.

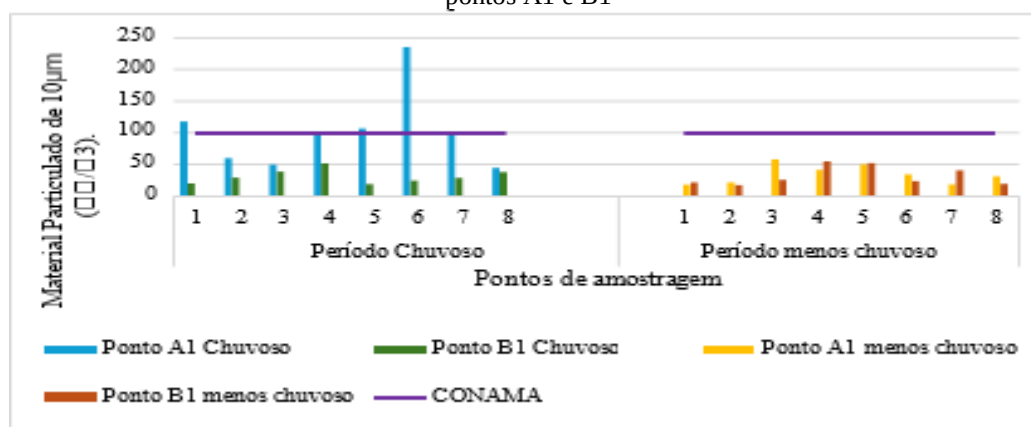
A análise dos dados apresentados na Figura 17 evidencia que, em ambos os períodos monitorados, os valores de MP₁₀ se mantiveram elevados ou próximos do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 506/2024. Durante o período chuvoso, o ponto A apresentou sete dias

com concentrações elevadas, apresentando médias diárias de 142,33 μm , 215 μm , 431,66 μm , 378,66 μm , 353,33 μm , 190 μm e 154,66 μm , enquanto o ponto B registrou apenas um dia com valor superior a 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ que foi de 113,66 μm . No período menos chuvoso, o ponto A evidenciou dois dias de valores acima do padrão, 319 μm e 106 μm e o ponto B apresentou média superior ao limite em dois dias de medições, 132,66 μm e 119 μm .

Observa-se que, nos meses de menor temperatura (fevereiro a março), conforme mostrado na Figura 9, as concentrações de MP10 apresentaram valores elevados em comparação ao período menos chuvoso, como apresentado na Figura 17, concordando com o estudo de Nogarotto, Lima e Pozza (2020), que afirmam que, nos meses de menores temperaturas, as concentrações de material particulado tendem a ser mais elevadas, evidenciando a influência de fatores sazonais e meteorológicos sobre a poluição atmosférica.

Para avaliar a dispersão do MP10 em áreas próximas, porém fora do perímetro das cerâmicas, a Figura 18 apresenta as médias diárias obtidas nos oito dias de monitoramento durante as duas campanhas. No período chuvoso, o ponto A1 registrou três médias diárias com concentrações elevadas 117,33 μm , 106,33 μm e 235,66 μm , enquanto o ponto B1 se manteve dentro dos padrões estabelecidos. No período menos chuvoso, todas as médias em ambos os pontos permaneceram dentro do limite de 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Figura 18 - Concentração média diária de Material Particulado 10 μm nos períodos chuvoso e menos chuvoso nos pontos A1 e B1



Fonte: Elaborado pelas autoras, 2025.

As Figuras 17 e 18 evidenciam que as concentrações de MP10 também permaneceram elevadas, com sete excedências, em comparação com a legislação, no período chuvoso no ponto A e três no ponto A1. A dispersão limitada associada à menor velocidade dos ventos contribuiu para a permanência das partículas na atmosfera local, comportamento coerente com observações

de Nogarotto, Lima e Pozza (2020), que descrevem a redução da dispersão em cenários de baixa ventilação. Situações críticas semelhantes foram reportadas por Sousa (2016), que modelou concentrações diárias de MP10 superiores a 6.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ próximas a pátios de secagem, impulsionadas por estradas não pavimentadas e baixa precipitação.

Além disso, Camara (2013) identificou emissões anuais de MP associadas à combustão de biomassa com baixa eficiência de remoção, contribuindo para agravos como DPOC, asma e bronquite, efeitos também citados na literatura recente. Apesar da redução dos valores no ponto B1, a manutenção de excedências em áreas residenciais próximas reforça que distâncias de 200 metros não são suficientes para dissipar completamente o material particulado, exigindo controle mais rigoroso das emissões e intervenções estruturais nos sistemas de queima.

Vale destacar que, nos pontos A e B, os fornos cerâmicos não são equipados com filtros ou sistemas de controle de partículas, o que contribui para a liberação direta de material particulado na atmosfera. Além disso, segundo Pereira *et al.* (2015), a não utilização de filtros nas chaminés das cerâmicas vermelhas contribui significativamente para a emissão de poluentes atmosféricos.

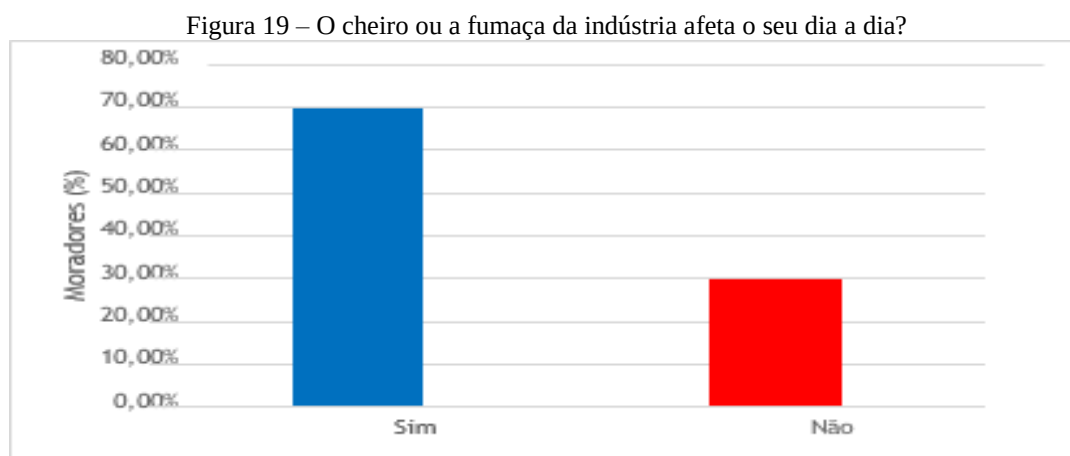
Percepção Comunitária sobre a Qualidade do Ar

A fim de complementar a análise dos dados meteorológicos e as concentrações dos indicadores atmosféricos, foi realizado a aplicação de um questionário com 139 pessoas, sendo que 6 (somente 4,3% do total) se recusaram a responder. Entre os participantes da pesquisa, a maior parte encontra-se na faixa etária de 36 a 60 anos, representando 54,9% das respostas. Em seguida, 33,1% dos respondentes têm entre 19 e 35 anos, indicando um grupo adulto jovem expressivo. Já pessoas com mais de 60 anos correspondem a 11,3% da amostra. Quanto ao sexo, 52,6% dos participantes são do sexo feminino e 47,4% do masculino.

A Figura 19 evidencia que aproximadamente 69,10% dos respondentes afirmam ser afetados pelo cheiro e pela fumaça industrial, indicando elevada percepção comunitária de desconforto e possível impacto respiratório, um padrão que se aproxima de estudos realizados na mesma região por Santos *et al.* (2017), onde 63,3% dos moradores relataram sintomas respiratórios associados às cerâmicas locais. Essa percepção torna-se ainda mais relevante quando comparada aos dados obtidos por meio da medição dos indicadores de qualidade do ar mencionados nas Figuras 15, 16, 17 e 18, que registraram concentrações de MP2,5 e MP10 acima

dos limites recomendados em diversos pontos e períodos. Ademais, conforme mostram as Figuras 9 e 10 mencionadas anteriormente, o período menos chuvoso apresentou temperaturas mais elevadas e ventos mais fracos, condições que influenciam a dispersão dos poluentes e favorecem seu acúmulo na atmosfera.

A proporção minoritária de 30,10% que afirma não perceber impactos pode refletir adaptações fisiológicas, diferenças no tempo de exposição ou distanciamento geográfico das fontes emissoras, conforme já observado em populações expostas a MP 10 e outros poluentes em zonas industriais paulistas (Mizutani *et al.*, 2023). Esse predomínio da resposta afirmativa sugere que a poluição atmosférica percebida pela comunidade se alinha ao estudo de Bigliardi *et al.* (2022), que destaca a relação entre emissões de partículas e efeitos respiratórios, sobretudo em áreas com atividades industriais contínuas.



Fonte: Elaborado pelas autoras, 2025.

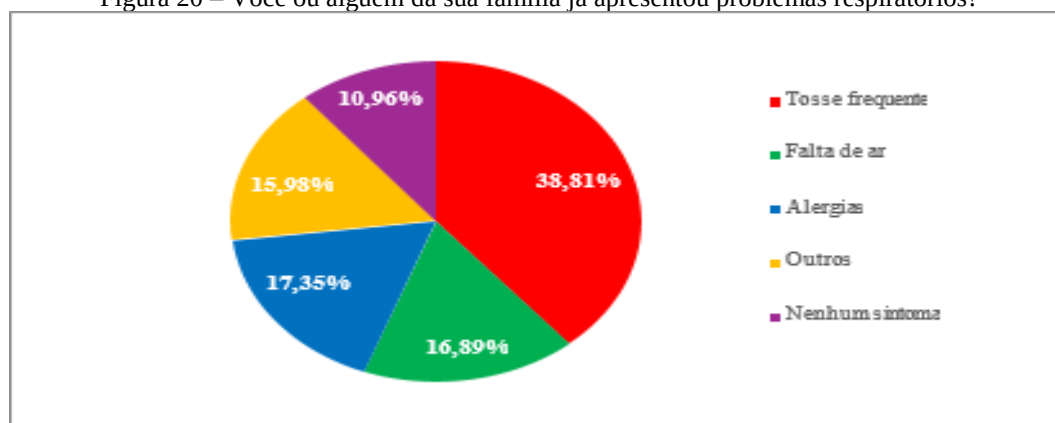
A Figura 20 complementa essa análise e apresenta os sintomas relatados pela população. Ao todo, 38,81% dos participantes afirmam sentir tosse frequente, seguida por alergias (17,35%) e falta de ar (16,89%), configurando um quadro respiratório compatível com exposições a Monóxido de Carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂) e material particulado fino (MP_{2,5} e MP₁₀). Esses achados se relacionam diretamente às concentrações registradas no monitoramento ambiental: nos períodos em que CO e MP_{2,5} apresentaram picos acima dos valores de referência, observaram-se também temperaturas mais baixas e velocidades de vento reduzidas, condições que favorecem a dispersão limitada dos poluentes e ampliam sua permanência próxima ao solo. Assim, o comportamento simultâneo desses parâmetros corrobora a maior probabilidade de ocorrência de sintomas respiratórios na população exposta.

Esses efeitos já foram associados, em diferentes regiões industriais do país, à irritação das vias aéreas e à redução da função pulmonar (Mizutani *et al.*, 2023; Bigliardi *et al.*, 2022). A proporção de indivíduos sem sintomas (10,96%) dialoga com estudos que descrevem fatores protetores individuais, como menor tempo de exposição ou condições de saúde prévias (Jia *et al.*, 2023).

Sendo que o predomínio de sintomas respiratórios, presente em cerca de 89% da amostra, reforça os resultados da pesquisa de Jia *et al.* (2023), que associaram aumentos de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de MP2,5 a maiores admissões hospitalares por doenças pulmonares, indicando repercussões relevantes mesmo em exposições de curta duração. Esse cenário também converge com pesquisas sobre trabalhadores da indústria cerâmica, nos quais a exposição contínua a poeira e sílica desencadeia dispneia, chiado e sibilância (Dantas, 2024), sugerindo que, embora a população geral não esteja em ambiente ocupacional, compartilha o risco ampliado pela proximidade a fontes emissoras.

Além disso, os resultados do presente estudo corroboram essa relação, uma vez que foram observados valores de MP2,5 e MP10 acima dos limites legais em diversos momentos do monitoramento, indicando que a população está de fato exposta a concentrações elevadas de poluentes, o que ajuda a explicar a alta frequência de sintomas registrados no questionário.

Figura 20 – Você ou alguém da sua família já apresentou problemas respiratórios?



Fonte: Elaborado pelas autoras, 2025.

Entretanto, os sintomas não persistem ao longo do dia. A Tabela 3 indica que o agravamento dos sintomas respiratórios ocorre principalmente à noite (48,30%), o que pode estar relacionado a fenômenos atmosféricos como a inversão térmica com temperaturas mais baixas, devido à falta de radiação solar, que favorece o acúmulo de poluentes em camadas mais próximas ao solo, especialmente em regiões tropicais e úmidas, como apontam Honscha *et al.* (2022). Esse

padrão também foi observado em estudos sobre cerâmicas paulistas, onde concentrações de MP10 permaneciam elevadas no período noturno, ampliando irritações respiratórias em grupos suscetíveis (Mizutani *et al.*, 2023).

Durante a tarde e a manhã, com 17,69% e 15,65%, podem refletir picos de atividade industrial, alterações de vento e maior circulação humana, enquanto os 18,37% que não percebem variações podem estar expostos a sintomas persistentes, semelhantes ao que ocorre em trabalhadores de cerâmicas que apresentam quadros respiratórios contínuos (Dantas, 2024). Essa percepção dialoga com os resultados do monitoramento, que registraram concentrações mais elevadas de MP2,5 e MP10 justamente em determinados horários do dia, incluindo manhã e tarde. Além disso, a presença de níveis elevados durante todo o período de coleta pode explicar por que parte dos moradores não identifica variações, já que a exposição contínua tende a tornar as mudanças menos perceptíveis.

Tabela 3 – Em qual horário durante o dia você sente que agrava o seu estado?

Período	Porcentagem
Manhã	15,65%
Tarde	17,69%
Noite	48,30%
Não percebo	18,37%

Fonte: Elaborado pelas autoras, 2025.

A partir dos dados apresentados, essa pesquisa demonstra que o aumento do número de indústrias cerâmicas na região foi acompanhado por maior pressão sobre a qualidade do ar local, com episódios acima dos limites de CO e de material particulado fino e inalável tanto em pontos internos quanto em áreas externas às plantas industriais.

Embora a temperatura apresente pouca variação e a velocidade do vento contribua para a dispersão atmosférica, verificou-se que, especialmente na indústria de caráter mais manual, fatores como combustão ineficiente de biomassa e ausência de sistemas de controle favorecem a acumulação de CO, CO₂ e MP 2,5/MP 10. Os resultados do questionário aplicado à população reforçam essa leitura, ao revelar que a maioria dos moradores percebe impactos ambientais e apresenta sintomas respiratórios associados à exposição prolongada aos poluentes gerados pelas cerâmicas.

CONCLUSÃO

As medições realizadas nas duas campanhas revelaram a presença de concentrações elevadas de CO, CO₂, MP2,5 e MP10, especialmente nos pontos internos das indústrias e em áreas externas próximas, evidenciando que as emissões geradas pelos fornos influenciam tanto o ambiente ocupacional quanto a comunidade circunvizinha. Nos pontos internos, foram observados valores como 11,66 ppm de CO, 1.030 ppm de CO₂ e picos superiores de MP, com máximas de 363 µg/m³ de MP2,5 e 431,66 µg/m³ de MP10. Mesmo nos pontos externos a 200 metros das fontes emissoras, registraram-se valores relevantes, como 9,33 ppm de CO, cerca de 1.029 ppm de CO₂ e níveis de MP2,5 e MP10 que ultrapassaram 100 µg/m³ em vários dias.

A ausência de detecção de SO₂ e NO₂ indica particularidades do processo produtivo e do tipo de combustível utilizado, mas não reduz a relevância dos demais poluentes identificados. A pesquisa também constatou que a combinação entre combustão ineficiente, ausência de sistemas de controle e características estruturais dos fornos do tipo paulista contribui significativamente para o aumento das concentrações registradas.

Ao comparar os dois períodos de coleta, observou-se que o período chuvoso apresentou maiores concentrações de CO, MP2,5 e MP10, influenciado pelas temperaturas mais baixas e pela menor velocidade do vento, condições que dificultam a dispersão e favorecem o acúmulo de poluentes próximos ao solo. No período menos chuvoso, embora as temperaturas mais elevadas contribuam para maior diluição, houve dias com baixa ventilação que favoreceram o aumento de CO₂, MP2,5 e MP10. Esses resultados demonstram que temperatura e velocidade do vento estão diretamente relacionadas ao comportamento das concentrações atmosféricas, interferindo tanto no interior das cerâmicas quanto nas áreas habitadas ao redor.

A percepção da população reforça esse diagnóstico, pois a maioria dos respondentes relatou sentir os efeitos da fumaça e apresentar sintomas respiratórios compatíveis com a exposição contínua aos poluentes monitorados. Esses achados apontam para uma relação direta entre as emissões atmosféricas das cerâmicas e os impactos percebidos pela comunidade, atendendo ao objetivo específico de investigar essa percepção.

Assim, conclui-se que a atividade ceramista local exerce influência direta sobre a qualidade do ar e sobre a saúde da população, destacando a necessidade de aprimorar práticas de operação, modernizar os fornos e ampliar as medidas de monitoramento, com isso os resultados servem como base para estudos futuros que explorem séries temporais mais longas, inclusão de

novos parâmetros e análise de estratégias de mitigação.

REFERÊNCIAS

ABCERAM – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA. **Informações Técnicas: Processos de Fabricação**. São Paulo: ABCERAM, [s.d.]. Disponível em: <https://abceram.org.br/processo-de-fabricacao/>. Acesso em: 22 fev. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA - ANVISA. **Parâmetros de qualidade do ar em ambientes internos**. Brasília: ANVISA, 2003. Acesso em: 22 fev. 2025.

AGÊNCIA PORTUGUESA DO AMBIENTE. **Lista NIMs 2021-2025**. Lisboa: Apambiente, 2021. Disponível em: <https://apambiente.pt/clima/lista-nims-2021-2025>. Acesso em: 10 abril 2025.

AGUIAR, M. C. de; GADIOLI, M. C. B.; SANT'ANNA, M. A. K.; ALMEIDA, K. M. de; GIORI, A. J. N. **Processos de fabricação de cerâmica vermelha**. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2022. 53p. – (Série Tecnologia Ambiental; 118).

ALVES, H.; MELCHIADES, F.; BOSCHI, A. O. **Brazilian ceramic tile industry: Thermal energy consumption and CO₂ emissions**. In: Qualicer, 2012, Castellón. Proceedings... Castellón: Qualicer, 2012. p. 1-13.

AMORIM, F. S.; SOUZA, M. P. de; BORGES, C. H. A.; COSTA, R. M. C.; VASCONCELOS, A. D. M. **Impactos ambientais gerados no processo de produção de cerâmicas no extremo sul do Piauí**. Agropecuária Científica no Semiárido, Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Universidade Federal de Campina Grande, 2017.

ANICER – ASSOCIAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA CERÂMICA, 2023. **Dados do setor**. Disponível em: <https://www.anicer.com.br/>. Acesso em: 22 fev. 2025.

ANVISA – AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Resolução nº 09, de 16 de janeiro de 2003**. Disponível em: <
https://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/2718376/RE_09_2003_.pdf/8cca9c91-14374695-8e3a-2a97deca4e10>. Acesso em: 15 abr. 2025.

APL CERÂMICA VERMELHA – SERIDÓ. **Emissões Atmosféricas em Fornos**. Nº 05/2022. Instituto Nacional de Tecnologia (INT). Disponível em: <https://www.gov.br/int/pt-br/central-de-conteudos/ceramica-vermelha>. Acesso em: 27 abr. 2025.

BIGLIARDI, A. P.; SANTOS, M. dos; FERNANDES, C. L. F.; GARCIA, E. M.; SANTOS, M. E. T. dos; JONES, M. H.; SOARES, M. C. F.; MUCCILLO-BAISCH, A. L.; SILVA JÚNIOR, F. M. R. da. **Lung function among residents from the largest coal region in Brazil**. Environmental Science and Pollution Research, v. 29, n. 31, p. 46803-46812, 2022.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35169947/>.

BORGES, J.; JAFELICE, R.; OLIVEIRA, L.; BERTONE, A. **Estudo da Concentração da Poluição do Ar com Parâmetro Fuzzy**. Proceeding Series of the Brazilian Society of Applied and Computational Mathematics, v. 6, n. 1, 2018.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA Nº 506, de 5 de julho de 2024. Estabelece padrões nacionais de qualidade do ar e fornece diretrizes para sua aplicação**. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 9 jul. 2024.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 381, de 14 de dezembro de 2006. Altera dispositivos da Resolução nº 306, de 5 de julho de 2002, sobre auditoria ambiental**. Diário Oficial da União: Brasília, DF, 15 dez. 2006.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE E MUDANÇA DO CLIMA. **Relatório anual de acompanhamento da qualidade do ar 2023**. Brasília: Governo Federal, 2023. Disponível em: <<https://www.gov.br/meioambiente/relatorio-qualidade-ar-2023>>. Acesso em: 23 mai. 2025.

CAMARA, V. F.; LISBOA, H. M.; HOINASKI, L.; DAVID, P. C. Levantamento das emissões atmosféricas da indústria da cerâmica vermelha no sul do estado de Santa Catarina, Brasil. **Cerâmica**, São Paulo, v. 61, n. 358, p. 213-218, abr./jun. 2015.

CAMARA, V. **Panorama das emissões atmosféricas das olarias do sul de Santa Catarina**. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

CARDOSO, E.; OLIVEIRA, W. **Impactos ambientais ocasionado pela extração industrial de argila no município de São Miguel do Guamá-PA**. In V Congresso Internacional das Ciências Agrárias, 2019.

CARDOSO, K. **Poluição atmosférica no distrito de Assistência, Rio Claro/SP: reflexo do Polo Cerâmico de Santa Gertrudes/SP**. 2017. Trabalho de Graduação (Geografia) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Rio Claro, 2017.

CETESB – COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Padrões de qualidade do ar**. São Paulo: CETESB; 2017. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/ar/padroes-de-qualidade-do-ar/>. Acesso em: 12 abr. 2025.

CETESB – COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Qualidade do ar no Estado de São Paulo 2021**. São Paulo: CETESB; 2022. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/ar/wp-content/uploads/sites/28/2022/10/Relatorio-de-Qualidade-do-Ar-no-Estado-de-Sao-Paulo-2021>. Acesso: 08 dez. 2025.

CETESB – COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Padrões de qualidade do ar**. São Paulo: CETESB; 2024. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/ar/padroes-de-qualidade-do-ar/>. Acesso em 10 mar. 2025.

CETESB – COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Plano de Negócios**

2025 e Estratégia de Longo Prazo 2025-2029. São Paulo: CETESB; 2025. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/2024/12/Plano-de-Negocios-2025-e-Estrategia-de-Longo-Prazo-2025-2029-final.pdf>. Acesso em: 15 mar. 2025.

D'AMELIO, M.; CAMPOS, L.; ALVIM, D. Estudo da variabilidade do monóxido de carbono atmosférico nas cidades de Campinas, Paulínia e São Paulo. **Ensaio**, Bragança Paulista, v. 2, n. 2, p. 11-21, .2017.

DANTAS, A. T. da S. **Impactos na saúde dos trabalhadores da indústria de cerâmica vermelha: uma revisão de escopo.** 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Enfermagem) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Faculdade de Ciências da Saúde do Trairi, Santa Cruz, 2024.

D'AMELIO, M. T. S.; SILVA, J. G. Estudo da influência de variáveis na concentração de CO atmosférico. **Ensaio** USF, Itatiba, v. 5, n. 1, p. 41-52, 2018. Disponível em: <http://ensaio.usf.edu.br/>.

DA SILVA, U; COSTA, F. Gestão e organização territorial em são miguel do guamá: transformações socioespaciais, ocorridas a partir da segunda metade do século XX. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 8, n. 6, p. 1861-1882, 2022.

DE LIMA, J. G. Á.; MORAIS, T. T.; ALBUQUERQUE, D. de A. R. de; COSTA, C. V. V.; SILVA, M. M. da; LOBACK, A. B.; GUERRA, M. L. F.; PINHEIRO, P. D.; ARENAS, M. da S.; SILVESTRE, R. G. M.; DANTAS, A. L. S.; CÂMARA, J. P.; CELESTINO, P. A.; SILVA, É. L. B.; BARROS, R. L. de S. A relação entre poluição do ar e o aumento de doenças respiratórias crônicas em populações urbanas. **Brazilian Journal of Implantology and Health Sciences**, v. 7, n. 1, p. 1049-1059, 2025.

FREITAS, B; MARQUES, B. **Análise dos impactos ambientais em uma indústria de cerâmica vermelha localizada no estado do Ceará.** Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, 2025.

GIL, A. **Métodos e técnicas de pesquisa social.** 7. ed. São Paulo: Atlas, 2019.

GONZÁLEZ, I.; BARBA-BRIOSO, C.; CAMPOS, P. Reduction of CO₂ diffuse emissions from the traditional ceramic industry by the addition of Si-Al raw material. **Journal of Environmental Management**, Amsterdam, v. 180, p. 190-196, set. 2016.

GOUVEIA, N. da C.; LEON, A. P. de; JUNGER, W. L.; LINS, J. de F.; FREITAS, C. U. de. Poluição do ar e impactos na saúde na Região Metropolitana de Belo Horizonte – Minas Gerais, Brasil. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 24, n. 10, p. 3773-3781, 2019.

HENRIQUE JUNIOR, Mauricio.; RODRIGUES, Joaquim Augusto P. **Cerâmica Vermelha – Projeto EELA no Brasil.** – Rio de Janeiro: INT/ MCTIC, 2017. 135p.

HONSCHA, L. C.; GARCIA, E. M.; SILVA JÚNIOR, F. M. R. da; CORRÊA, L. B.; DIAS, J.

F.; DUARTE, F. A. R.; GARCIA, S. C.; MESKO, M. F.; AIKAWA, P.; MORESCO, R. N.; MUCCILLO-BAISCH, A. L.; MILANI, M. M. Health impact assessment of air pollution in an area of the largest coal mine in Brazil. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 29, n. 10, p. 14176-14184, 2022. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34601686/>.

INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ - IAP. **Fontes de Poluição Atmosférica**.

Disponível em: <<http://www.iap.pr.gov.br/pagina-1415.html>>. Acesso em: 23 mai. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Indicadores**

socioeconômicos do Brasil. São Miguel do Guamá. Panorama: IBGE, 2023. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/sao-miguel-do-guama/panorama>. Acesso em: 10 abril 2025.

INSTITUTO DE PESQUISA AMBIENTAL DA AMAZÔNIA. **Com nova metodologia, Brasil se torna referência em medição de emissões de carbono**. IPAM Amazônia, 2024.

Disponível em: <https://ipam.org.br/com-nova-metodologia-brasil-se-torna-referencia-em-medicao-de-emissoes-de-carbono/>. Acesso em: 20 abr. 2025.

KUASOSKI, M.; KUZMA, E; MENON, M.; DOLIVEIRA, S. Sustentabilidade em indústrias de cerâmica vermelha por meio da utilização deecoinovações. **Revista Gestão Industrial**, v. 12, n. 3, 2016.

LAKATOS, E; MARCONI, M. **Fundamentos de metodologia científica**. 9. ed. São Paulo: Atlas, 2021.

LOPES, G. **Uso energético de resíduos madeireiros em um pólo de produção de cerâmicas vermelhas do Estado de São Paulo**. Tese de Doutorado - Universidade de São Paulo, 2012.

MAESTRI, K. C. Y. O.; COSTA, E. S. da; GUIMARÃES, B. M. D.; AUZIER, C. D.; SAATKAMP, C. J.; ALMEIDA, A. C. de; MAESTRI, R. P. Avaliação da exposição ao monóxido de carbono em trabalhadores de indústrias de cerâmicas no bairro Jaderlândia em Santarém-Pará. **Saúde Meio Ambiente, Concórdia**, v. 4, n. 2, p. 90-102, jul./dez. 2015.

MAGALHÃES, F. **Análise dos danos ambientais causados pela extração de argilas no município de São Miguel do Guamá-PA**. Marabá: Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará – UNIFESSPA, 2016.

MAIA, J; NETTO, V.; COSTA, B. Forma urbana e poluição atmosférica: impactos na cidade do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 11, e20180145, 2019.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. s.d. **Poluentes Atmosféricos**. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/qualidade-do-ar/poluentes-atmosf%C3%A9ricos.html> Acesso em: 8 abr. 2025.

MIZUTANI, R. F.; DE PAULA SANTOS, U.; ARBEX, R. F.; ARBEX, M. A.; TERRA-FILHO, M. An evaluation of the impact of air pollution on the lung functions of high school students living in a ceramic industrial park zone. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, 2023, v. 20, n. 21, p. 6964. DOI: 10.3390/ijerph20216964. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ijerph20216964>.

MORAES, S.; ALMENDRA, R; SANTANA, P.; GALVANI, E. Variáveis meteorológicas e poluição do ar e sua associação com interações respiratórias em crianças: estudo de caso em São Paulo, Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 35, n. 7, p. 1-16, 2019.

NAKAKOJI, N; NARUSAWA, Í; CARDOSO, E.; FERREIRA, C. **Avaliação agrônômica dos elementos minerais da cinza vegetal proveniente do distrito industrial cerâmico de São Miguel do Guamá**. In. V Congresso Internacional das Ciências Agrárias, 2019.

NAZÁRIO, L; SANTOS, A; LUCENA, L; SILVA, V. **Panorama da indústria de cerâmica vermelha e os impactos ambientais na região do Seridó**. Anais do Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental e Sustentabilidade – Congestas 2018. Disponível em: Congestas 2018. Acesso em: 9 março 2025.

NOGAROTTO, D.; LIMA, G.; POZZA, D. A poluição atmosférica e seus impactos na saúde humana: uma revisão integrativa. **Revista Científica da Faculdade de Educação e Meio Ambiente**, Ariquemes, v. 11, n. 2, p. 157–174, jul./dez. 2020.
<https://doi.org/10.15628/holos.2020.8649> Acesso em: 31 out. 2025.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. **Qualidade do ar e saúde global**. Disponível em: <https://www.who.int>. Acesso em: 27 abr. 2025.

ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE. **Novas Diretrizes Globais de Qualidade do Ar da OMS visam salvar milhões de vidas da poluição atmosférica**. Disponível em: <https://www.paho.org>. Acesso em: 13 abr.2025.

PAINEL INTERGOVERNAMENTAL SOBRE MUDANÇA DO CLIMA. Mudança do Clima 2023: **Relatório Síntese**. **Genebra: IPCC**, 2023. Disponível em:https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_LongerReport_PO.pdf. Acesso em: 10 abr. 2025.

PÉREZ, I. A.; GARCÍA, M. A.; SÁNCHEZ, M. L.; PARDO, N. Influence of Wind Speed on CO₂ and CH₄ Concentrations at a Rural Site. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, Basel, v. 18, n. 16, p. 8397, ago. 2021. DOI:

PEREIRA, L. C.; FARÍAS, N. S. N.; VIANA, L. S.; XAVIER, M. R. R.; BALBINO, M. V.; SILVA, T. M. L. **Perigos e riscos ambientais em atividade de cerâmica vermelha**. Universidade do Estado do Pará, 2015. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/332388767_PERIGOS_E_RISCOS_AMBIENTAIS_EM_ATIVIDADE_DE_CERAMICA_VERMELHA. Acesso em: 13 out. 2025.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO MIGUEL DO GUAMÁ. **Relatório Diagnóstico para Ações de Prevenção**. São Miguel do Guamá, 2021. Disponível em: <https://saomigueldoguama.pa.gov.br/wp-content/uploads/2021/07/relatorio-diagnostico.pdf>. Acessado em: 15 abr. 2025.

PORTO, C. C. C. S.; SOARES, P. F. C.; CERQUEIRA, W. C.; SOARES, A. R. S.; VIEIRA, J. L.; AMORIM, R. R.; MELLO, L. Impactos da poluição atmosférica na saúde pública: uma revisão integrativa (2019–2024). **Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana**, v. 23, n. 7, p. 1-18, 2025. DOI: 10.55905/oelv23n7-025.

ROCHA, A. L.; BARTOLOMEU, A. O.; BOTELHO, J. L.; NEVES, R. M. A produção industrial da cerâmica vermelha em São Miguel do Guamá e as recentes inovações adotadas pelo segmento em âmbito nacional. **Revista de Arquitetura IMED**, v. 2, n. 1, p. 1-9, 2013.

RODRIGUES, T.; RODRIGUES, C. Análise da concentração de dióxido de carbono em uma região urbana de Gurupi, Tocantins, Brasil. **Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro**, v. 9, n. 1, 2024.

SANTOS, A. H. V.; SALES, M. M. S.; COSTA, V. S. O. A educação ambiental no ensino de geografia: uma proposta de atividade pedagógica a partir dos impactos ambientais da produção de cerâmicas vermelhas. **Revista Movimentos Sociais e Dinâmicas Espaciais**, Recife, v. 8, n. 2, p. 66-81, 2019.

SANTOS, H. J.; FIALHO, M.; REIS, K.; FRANCO, M.; OLIVEIRA, R. **Relação entre poluentes atmosféricos e suas consequências para a saúde**. FAGU Faculdade do Guarujá, Guarujá, São Paulo, 2019.

SANTOS, F. S.; PINTO, J. A.; MACIEL, F. M.; HORTA, F. S.; ALBUQUERQUE, T. T. A.; ANDRADE, M. F. Avaliação da influência das condições meteorológicas na concentração de material particulado fino (MP_{2,5}) em Belo Horizonte, MG. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 24, n. 2, p. 371-381, mar./abr. 2019. DOI: 10.1590/S1413-41522019174045.

SANTOS, L. de O.; CARVALHO, C. R. S. de; SOUZA, A. C. L. de; NORMANDO, V. M. Ferreira. Sintomas respiratórios em população residente no entorno de indústrias cerâmicas: estudo piloto no município de Guamá - Brasil. **Revista Saúde e Meio Ambiente – RESMA**, Três Lagoas, v. 5, n. 3, p. 15–23, ago./dez. 2017. Edição especial. ISSN 2447-8822.

SCHWARZ, D. L. **Risco associado às emissões veiculares e industriais no município de Jaraguá do Sul/SC. orientador, Leonardo Hoinaski**. 2022. 75 p. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental, Florianópolis, 2022.

SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE DO PARÁ. **Monitoramento da qualidade do ar**. Disponível em: <<https://semas.pa.gov.br/hidromet/>>. Acesso em: 30 out. 2025.

SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE. **Plano de Controle de Poluição Veicular – PCPV 2023**. Pará: SEMAS, 2023. Disponível em: https://www.semas.pa.gov.br/hidromet/webroot/relatorio_qualiagua/plano_controle_poluicaveicular.pdf. Acesso em: 02 abr. 2025.

SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE, INFRAESTRUTURA E LOGÍSTICA. **Compromisso SP Carbono Zero**. São Paulo: SEMIL, 2024. Disponível em: <https://semil.sp.gov.br/2024/08/compromisso-sp-carbono-zero-ganha-adesao-de-mais-4-empresas-para-reducao-de-emissoes-de-gases/>. Acesso em: 10 de mar. de 2025.

SILVA, A. E. de P. da; MICHELETTI, D. H.; LIMA, A. B.; TRENTIN, I. C. L.; ROMANO, A. M.; OLIVEIRA, D. J. L. de; SILVA, I. T. da; FRIEDRICH, N. C.; OLIVEIRA, D. N. de; LEAL, M. da L.; MICHELETTI, D. H.; SILVA, M. D. C. da; SILVA, S. C. O. da; SILVA, E. C. da; CAVALCANTE, L. M. S.; CAVALCANTE, O. do S. F. Avaliação dos impactos da poluição atmosférica nas grandes cidades: consequências para a saúde pública e o meio ambiente. **IOSR Journal of Business and Management (IOSR-JBM)**, v. 27, n. 1, série 2, p. 25-34, jan. 2025.

SILVA, M. C.; MEDEIROS, R. M.; HOLANDA, R. M.; FRANÇA, M. V. Direção predominante do vento para Recife e Caruaru – Pernambuco, Brasil. **Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana**, Curitiba, v. 21, n. 10, p. 17087-17112, 2023. DOI: 10.55905/orel21n10-139.

SOUSA, J. Estimativa de emissões e modelagem matemática da dispersão de material particulado (MP10) oriundo das atividades da indústria cerâmica. 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2016.

TORRES, L.; PINHEIRO, C.; AZEVEDO, S.; RODRIGUES, P.; SANDIM, D. P. Poluição atmosférica em cidades brasileiras: uma breve revisão dos impactos na saúde pública e meio ambiente. **Naturae**, 2020; 2(1): 23–33.

VASSARI-PEREIRA, D.; VALVERDE, M.; ASMUS, G. Impacto das mudanças climáticas e da qualidade do ar em hospitalizações por doenças respiratórias em municípios da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), Brasil. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 27, n. 5, 2022.

YAMANE, T. Statistics: An Introductory Analysis, 2nd Edition, New York: Harper and Row. **American Journal of Applied Mathematics and Statistics**. Vol. 4 No. 6, 178-184, 2016, DOI: 10.12691/ajams-4-6-3.