Anais do Congresso Brasileiro de Iniciação Científica
(https://periodicos.unisanta.br/COB)

ISSN 2317-1316

DISPOSITIVO IoT PORTÁTIL PARA MONITORAMENTO DA QUALIDADE DO AR E REGISTRO GEORREFERENCIADO DE CRISES EM PESSOAS COM ASMA

PORTABLE IoT DEVICE FOR AIR QUALITY MONITORING AND GEOREFERENCED LOGGING OF ATTACKS IN PEOPLE WITH ASTHMA

Brenda Cruz Santana, Jonatas Rogeres Santos Alves, Julio Brandasse de Abreu Lima, Maria Eduarda Aguiar Hader, Maria Eduarda Almeida Aquino, Renan Augusto Silvestre da Costa, Kelly Cristina Abou Arabi de Mendonça, Nina Maria Bueno

Universidade Santa Cecília, Faculdade de Engenharia, Curso de Engenharia da Computação
E-mail para contato: renancosta2702@gmail.com

RESUMO – A asma é uma doença respiratória crônica cujas crises podem ser desencadeadas por fatores ambientais, como material particulado, gases e variações de temperatura e umidade. Este trabalho apresenta um dispositivo IoT portátil, baseado no microcontrolador ESP32 e nos sensores PMS5003 e BME680, que monitora a qualidade do ar e transmite os dados via Bluetooth Low Energy a um aplicativo desenvolvido em Flutter. O aplicativo calcula uma pontuação de risco, emite alertas e permite registrar crises com data, hora e geolocalização em nuvem. Os ensaios confirmaram a leitura dos sensores, a detecção de fumaça e a transmissão em tempo real, resultando em uma ferramenta acessível de apoio à prevenção de crises.

Palavras-chave: Asma; Qualidade do ar; Internet das Coisas; Material particulado; ESP32.

ABSTRACT – Asthma is a chronic respiratory disease whose attacks may be triggered by environmental factors such as particulate matter, gases and changes in temperature and humidity. This paper presents a portable IoT device, based on the ESP32 microcontroller and the PMS5003 and BME680 sensors, which monitors air quality and transmits data via Bluetooth Low Energy to an application developed in Flutter. The application computes a risk score, issues alerts and allows attacks to be logged with date, time and geolocation in the cloud. Tests confirmed sensor readings, smoke detection and real-time transmission, resulting in an accessible tool to support attack prevention.

Keywords: Asthma; Air quality; Internet of Things; Particulate matter; ESP32.

ISSN 2317-1316

1 INTRODUÇÃO

A asma é uma doença respiratória crônica que afeta milhões de pessoas em todo o mundo, caracterizada pela inflamação das vias aéreas e pela ocorrência de crises desencadeadas, entre outros fatores, por exposições ambientais (GINA, 2024; BRASIL, [s.d.]). Entre os principais gatilhos estão a poluição do ar, as mudanças bruscas de temperatura, a umidade muito baixa ou muito alta e a presença de compostos químicos no ambiente (SBPT, [s.d.]). A exposição a material particulado fino, em especial, associa-se ao agravamento dos sintomas e ao aumento de atendimentos de urgência por asma (GUARNIERI; BALMES, 2014).

Por esse motivo, a Organização Mundial da Saúde revisou, em 2021, seus valores de referência para poluentes atmosféricos, tornando-os mais restritivos (WHO, 2021). No Brasil, os padrões nacionais de qualidade do ar são definidos pela Resolução CONAMA nº 491/2018 (BRASIL, 2018a). As estações oficiais de monitoramento, contudo, são fixas e esparsas, e não refletem a exposição individual de quem se desloca entre ambientes ao longo do dia.

Com os avanços da Internet das Coisas (IoT) e dos sistemas embarcados, tornou-se possível desenvolver dispositivos portáteis capazes de monitorar variáveis ambientais em tempo real com sensores de baixo custo, cujas leituras, embora indicativas, são úteis para identificar tendências e variações bruscas (KARAGULIAN et al., 2019). Trabalhos recentes empregam microcontroladores da família ESP com sensores de partículas e de gases para esse fim (MAHETALIYA, 2021; MOKASHI et al., 2025), mas raramente associam as medições ao registro dos episódios de crise vividos pelo usuário.

Diante desse cenário, o objetivo deste trabalho é desenvolver um sistema portátil de monitoramento da qualidade do ar para pessoas com asma, composto por um dispositivo baseado no ESP32 e por um aplicativo móvel, capaz de identificar fatores de risco ambientais, emitir alertas ao usuário e registrar, com data, hora e localização, as condições do ambiente no momento de uma crise, como apoio à prevenção e ao acompanhamento da doença.

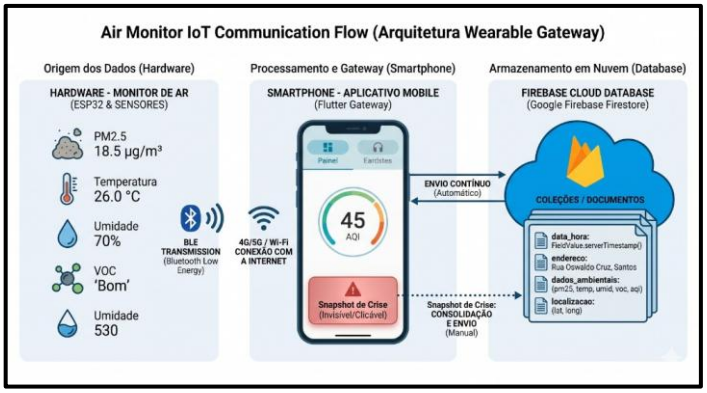
2 MATERIAIS E MÉTODOS

O sistema foi estruturado em três camadas, conforme a Figura 1, segundo o modelo de gateway móvel, no qual o smartphone do usuário intermedeia a comunicação entre o dispositivo

ISSN 2317-1316

e a internet (ALOI et al., 2016). Essa escolha dispensa a conexão direta do dispositivo à rede e reduz seu consumo de energia, o que é essencial para o uso em deslocamento.

Figura 1 – Arquitetura do sistema em três camadas



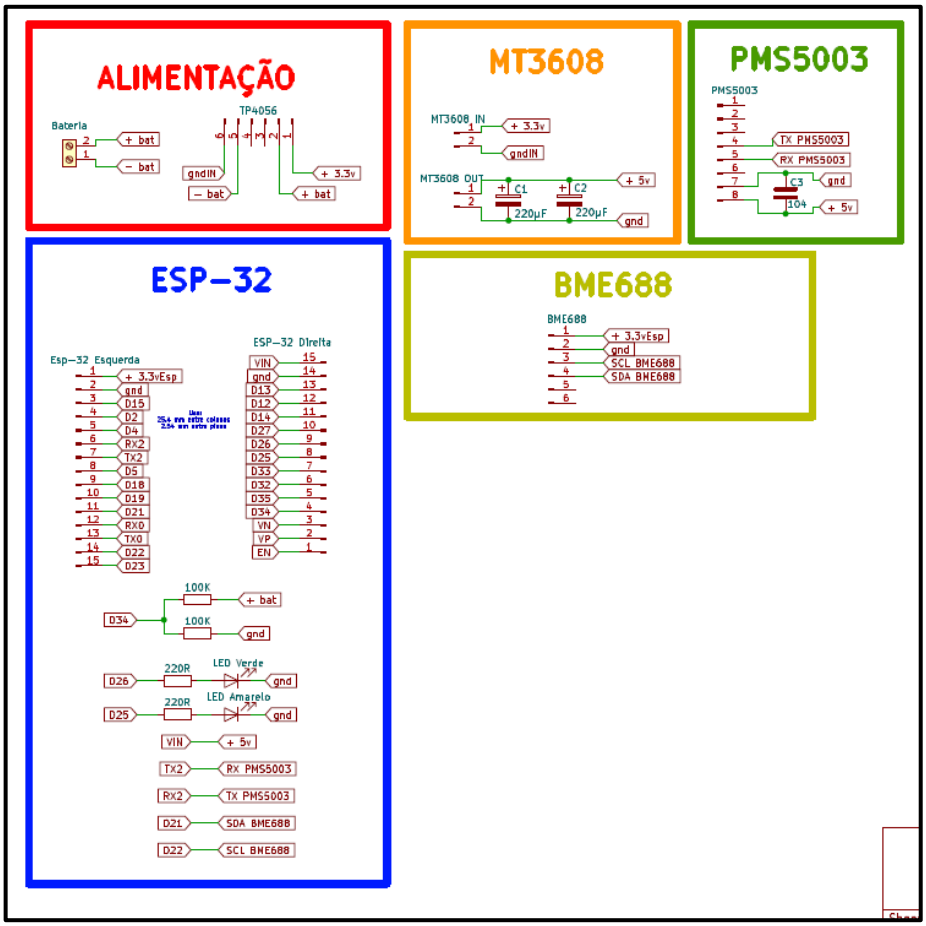
Fonte: Autores (2026).

Na primeira camada, o hardware é composto pelo microcontrolador ESP32, responsável pela leitura dos sensores, pelo processamento dos dados e pela comunicação Bluetooth; pelo sensor PMS5003, que mede a concentração de material particulado nas faixas PM1.0, PM2.5 e PM10 — partículas com diâmetro aerodinâmico igual ou inferior a 1, 2,5 e 10 µm, respectivamente (PLANTOWER, 2016); e pelo sensor BME680, que mede temperatura, umidade relativa, pressão atmosférica e a resistência de um elemento sensível a gases, que diminui na presença de compostos orgânicos voláteis (VOC) e de outros gases redutores (BOSCH SENSORTEC, 2021). O PMS5003 comunica-se com o ESP32 por interface serial (UART) e o BME680, por barramento I²C. A alimentação é feita por uma bateria recarregável de íons de lítio 18650 (3,7 V nominais), carregada pelo módulo TP4056, cuja tensão é elevada a 5 V pelo conversor MT3608 para atender ao PMS5003. Dois LEDs indicam o estado do dispositivo: amarelo, quando está pronto, mas sem conexão com o aplicativo, e verde, quando a conexão é estabelecida.

O esquemático elétrico foi desenvolvido no software KiCad (Figura 2) e as ligações foram inicialmente validadas em protoboard, com testes individuais de cada componente, incluindo o conjunto de carga formado pelo TP4056 e pela bateria. Em seguida, a placa de circuito impresso (PCI) foi projetada no mesmo software e usinada em fenolite cobreado com uma máquina prototipadora do INOVFABLAB, laboratório de fabricação digital da Universidade Santa Cecília, seguida da soldagem dos componentes (Figura 3).

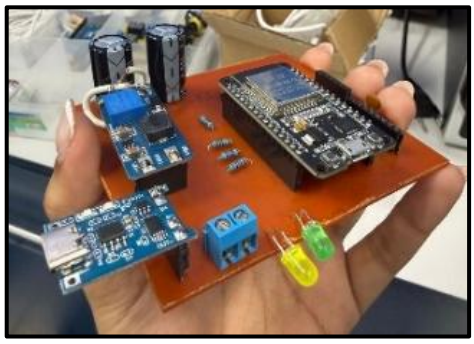
ISSN 2317-1316

Figura 2 – Esquemático elétrico desenvolvido no KiCad



Fonte: Autores (2026).

Figura 3 – Placa de circuito impresso usinada e protótipo montado



Fonte: Autores (2026).

O firmware foi desenvolvido em C++ na Arduino IDE, com bibliotecas compatíveis com o ESP32-WROOM-32 e com os sensores, e implementa a leitura periódica das variáveis ambientais, a cada 1 segundo, e seu envio ao smartphone. Nos testes iniciais, a transmissão foi feita por Bluetooth Classic e verificada com o aplicativo Serial Bluetooth Terminal; na versão

ISSN 2317-1316

final, adotou-se o Bluetooth Low Energy (BLE), que oferece a mesma funcionalidade com menor consumo de energia, sendo a compatibilidade verificada com o aplicativo BLE Scanner.

Na segunda camada, o aplicativo desenvolvido em Flutter recebe os dados via BLE e exerce três funções: apresenta ao usuário um painel com as variáveis medidas e a classificação do ambiente; encaminha os dados à nuvem, utilizando a conexão móvel do smartphone; e oferece um botão de registro rápido de crise, que associa as variáveis ambientais do momento à localização obtida pelo GPS do aparelho. Na terceira camada, o Google Firebase (Cloud Firestore) armazena os registros: em cada crise, é gravado um documento com data e hora do servidor, endereço geocodificado, coordenadas de latitude e longitude e os valores ambientais medidos. Por envolverem dados de saúde e de localização, esses registros são tratados como dados pessoais sensíveis, nos termos da Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (BRASIL, 2018b).

Para a classificação do ambiente, foi elaborado um sistema de pontuação de risco (Tabela 1). As faixas de PM2.5 e PM10 foram adaptadas das categorias do Índice de Qualidade do Ar da agência ambiental norte-americana (US EPA, 2018), e as faixas de PM1.0, temperatura, umidade e resistência do sensor de gases foram definidas pelos autores com base na literatura sobre gatilhos da asma (GINA, 2024; SBPT, [s.d.]). A soma dos pontos de todos os parâmetros determina o status do ambiente (Tabela 2), e o aplicativo emite um alerta ao usuário a partir do status, armazenando-o com sua localização.

Tabela 1 – Pontuação de risco por parâmetro ambiental

Parâmetro	Faixa	Classificação	Possível efeito respiratório	Pontos
PM1.0	0–10 µg/m³	Excelente	Impacto mínimo	0
	11–20 µg/m³	Moderado	Leve irritação em sensíveis	1
	21–40 µg/m³	Ruim	Aumento da inflamação respiratória	2
	> 40 µg/m³	Muito ruim	Alta concentração de partículas ultrafinas	3
PM2.5	0–12 µg/m³	Excelente	Seguro para a maioria	0
	13–35 µg/m³	Moderado	Desconforto em asmáticos sensíveis	2
	36–55 µg/m³	Ruim	Aumento do risco de crise asmática	4
	56–150 µg/m³	Muito ruim	Elevada irritação pulmonar	6
	> 150 µg/m³	Perigoso	Risco respiratório severo	8

ISSN 2317-1316

Parâmetro	Faixa	Classificação	Possível efeito respiratório	Pontos
PM10	0–54 µg/m³	Bom	Baixo impacto	0
	55–154 µg/m³	Moderado	Irritação nasal/alérgica	1
	155–254 µg/m³	Ruim	Agravamento respiratório	3
	≥ 255 µg/m³	Muito ruim	Desconforto respiratório intenso	5
Temperatura	20–26 °C	Ideal	Conforto respiratório	0
	15–19 °C	Atenção	Possível irritação leve	1
	< 15 °C	Frio crítico	Broncoconstrição em asmáticos	2
	27–32 °C	Quente	Desconforto moderado	1
	> 32 °C	Calor crítico	Agravamento respiratório	2
Umidade relativa	40–60%	Ideal	Melhor condição respiratória	0
	30–39%	Baixa	Leve ressecamento	1
	< 30%	Muito baixa	Irritação das vias aéreas	3
	61–70%	Alta	Desconforto leve	1
	> 70%	Muito alta	Favorece mofo e ácaros	3
Gases/VOC (resistência do BME680)	> 100 kΩ	Excelente	Ar limpo	0
	50–100 kΩ	Bom	Pequenas variações ambientais	1
	20–50 kΩ	Ruim	Possível presença de VOC	3
	< 20 kΩ	Muito ruim	Potencial irritação respiratória	5

Fonte: Autores (2026), com faixas de PM2.5 e PM10 adaptadas de US EPA (2018).

Tabela 2 – Classificação do ambiente pela soma dos pontos

Soma dos pontos	Status do ambiente
0–3	Seguro
4–7	Atenção
8–12	Risco elevado
> 12	Alto risco de crise asmática

Fonte: Autores (2026).

Por fim, foram realizados ensaios funcionais do sistema: leitura dos sensores em condições normais de operação; exposição controlada do PMS5003 à fumaça de um palito de fósforo recém-apagado, para verificar sua resposta a variações bruscas de material particulado; verificação da carga e da distribuição de energia pela bateria; e testes de conexão, transmissão e exibição dos dados no aplicativo, incluindo o armazenamento dos alertas e dos registros de crise no banco de dados.

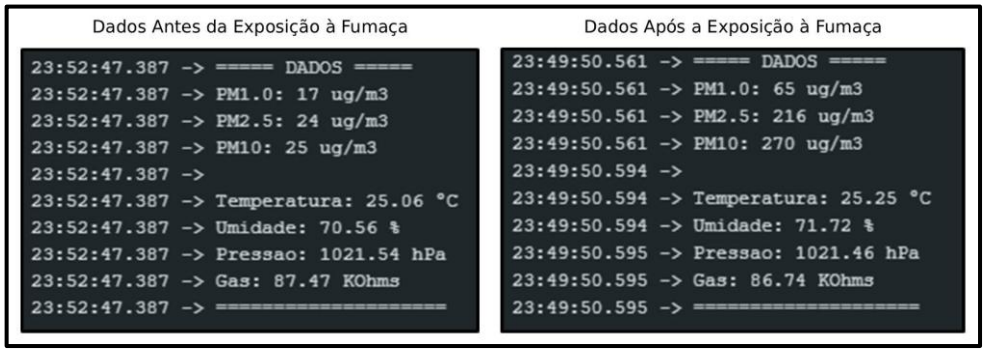
ISSN 2317-1316

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O sistema desenvolvido realizou o monitoramento da qualidade do ar em tempo real, com identificação de gatilhos particulados e gasosos e de variações de temperatura e umidade, atuando como tecnologia assistiva voltada à autonomia do paciente asmático. Nos testes em protoboard, os sensores PMS5003 e BME680 forneceram leituras consistentes de todas as variáveis, e a transmissão via Bluetooth para o smartphone foi confirmada, o que estabeleceu a base para as etapas seguintes. O conjunto formado pela bateria, pelo TP4056 e pelo MT3608 garantiu a carga e a alimentação adequada do circuito, viabilizando o uso portátil do dispositivo.

No ensaio com fumaça, o PMS5003 registrou elevação expressiva das concentrações de material particulado imediatamente após a exposição, como ilustra a Figura 4, demonstrando sensibilidade a variações bruscas típicas de ambientes com fumaça, um dos gatilhos mais comuns de crises. Esse comportamento é coerente com a literatura sobre sensores ópticos de baixo custo, cujas medições são adequadas para indicar tendências e alterações rápidas, ainda que não substituam equipamentos de referência (KARAGULIAN et al., 2019).

Figura 4 – Resposta do sensor PMS5003 à exposição controlada à fumaça



Fonte: Autores (2026).

A placa de circuito impresso foi fabricada com sucesso na primeira tentativa, e os testes funcionais com o firmware definitivo confirmaram a operação correta do circuito, com a execução das funcionalidades previstas e a transmissão dos dados ao dispositivo móvel. A migração para o BLE manteve a comunicação com o aplicativo com menor consumo de energia: os dados foram recebidos, exibidos ao usuário e, quando gerado um alerta, armazenados no banco de dados. As principais telas do aplicativo são apresentadas na Figura 5.

ISSN 2317-1316

Figura 5 – Telas do aplicativo: painel de monitoramento, alerta e registro de crise



Fonte: Autores (2026).

O sistema de pontuação traduz as variáveis medidas em uma indicação simples e imediata — seguro, atenção, risco elevado ou alto risco —, o que facilita a interpretação pelo usuário, que não precisa conhecer os valores de referência de cada poluente. A ponderação maior atribuída ao PM2.5 reflete a evidência de que as partículas finas são as mais associadas ao agravamento da asma (GUARNIERI; BALMES, 2014; WHO, 2021). Já o registro de crise com geolocalização constitui o principal diferencial da proposta: ao associar cada episódio às condições ambientais e ao local em que ocorreu, o histórico armazenado permite ao paciente e ao profissional de saúde identificar padrões de exposição e ambientes de maior risco ao longo do tempo.

Por se basear em sensores de baixo custo, o dispositivo fornece medições de caráter indicativo, adequadas ao alerta e ao acompanhamento individual, e não se destina a substituir estações oficiais de monitoramento nem a avaliação médica. Como continuidade, destacam-se a otimização da comunicação BLE em uso prolongado, o refinamento do layout da placa, a inclusão de conteúdos informativos sobre cada variável no aplicativo e o desenvolvimento de um invólucro que proteja o circuito e permita o uso seguro do dispositivo no dia a dia.

4 CONCLUSÃO

O desenvolvimento deste projeto resultou em um sistema portátil capaz de monitorar, em tempo real, parâmetros de qualidade do ar que influenciam a saúde de pessoas com asma — material particulado, gases, temperatura e umidade — e de alertar o usuário sobre as condições do ambiente em que se encontra. A integração do ESP32 com os sensores PMS5003 e BME680, a comunicação por BLE, o aplicativo em Flutter e o armazenamento no Firebase mostraram-se

ISSN 2317-1316

eficazes, e os ensaios confirmaram o funcionamento dos sensores, da alimentação por bateria e da transmissão dos dados, bem como a detecção de fumaça pelo sensor de partículas.

O sistema de pontuação, fundamentado em referências da OMS, da US EPA e da literatura sobre asma, oferece ao usuário uma leitura clara do risco ambiental, e o registro georreferenciado de crises permite construir um histórico útil ao acompanhamento da doença. Dessa forma, os objetivos propostos foram alcançados, resultando em uma ferramenta funcional, acessível e com potencial para apoiar a prevenção de crises asmáticas.

5 DECLARAÇÃO DE USO DE IA

Durante a elaboração deste trabalho, utilizou-se o GPT-5.5 para correções gramaticais. A ferramenta Claude (Anthropic) foi utilizada na revisão da estrutura, da redação e da formatação das referências. O Gemini 3.1 PRO (Nanobanana) para a geração da figura 1. O conteúdo gerado foi revisado, editado e validado pelos autores, que assumem total responsabilidade pelo texto final.

6 REFERÊNCIAS

ALOI, G. et al. A mobile multi-technology gateway to enable IoT interoperability. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON INTERNET-OF-THINGS DESIGN AND IMPLEMENTATION (IoTDI), 1., 2016, Berlin. Proceedings [...]. Piscataway: IEEE, 2016. p. 259-264. DOI: 10.1109/IoTDI.2015.29.

BOSCH SENSORTEC. BME680: low power gas, pressure, temperature & humidity sensor – datasheet. Reutlingen: Bosch Sensortec, 2021. Disponível em: https://www.bosch-sensortec.com/products/environmental-sensors/gas-sensors/bme680/. Acesso em:21 mar. 2026.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 491, de 19 de novembro de 2018. Dispõe sobre padrões de qualidade do ar. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 21 nov. 2018a.

BRASIL. Lei nº 13.709, de 14 de agosto de 2018. Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD). Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 15 ago. 2018b.

BRASIL. Ministério da Saúde. Asma. Brasília, DF: Ministério da Saúde, [s.d.]. Disponível em: https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/a/asma. Acesso em: 11 mar. 2026.

GLOBAL INITIATIVE FOR ASTHMA (GINA). Global strategy for asthma management and prevention. [S. l.]: GINA, 2024. Disponível em: https://ginasthma.org/reports/. Acesso em: 15 mar. 2026.

ISSN 2317-1316

GUARNIERI, M.; BALMES, J. R. Outdoor air pollution and asthma. The Lancet, v. 383, n. 9928, p. 1581-1592, 2014. DOI: 10.1016/S0140-6736(14)60617-6.

KARAGULIAN, F. et al. Review of the performance of low-cost sensors for air quality monitoring. Atmosphere, v. 10, n. 9, art. 506, 2019. DOI: 10.3390/atmos10090506.

MAHETALIYA, Shreya; MAKWANA, Dipansh; PUJARA, Anchal; HANUMANTE, Sandeep. IoT based Air Quality Index Monitoring using ESP32. **International Research Journal of Engineering and Technology**, v. 8, n. 4, p. 5186–5191, 2021.

MOKASHI, S. S. et al. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON POWER ELECTRONICS AND ENERGY (ICPEE), 2025, Bhubaneswar. Proceedings [...]. Piscataway: IEEE, 2025. p. 1-6. DOI: 10.1109/ICPEE65973.2025.11410759.

PLANTOWER. **PMS5003 series data manual**. Beijing: Plantower Technology, 2016. Disponível em: https://cdn-shop.adafruit.com/product-files/3686/plantower-pms5003-manual_v2-3.pdf. Acesso em: 17 mar. 2026.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE PNEUMOLOGIA E TISIOLOGIA (SBPT). Espaço saúde respiratória: asma. Brasília, DF: SBPT, [s.d.]. Disponível em: https://sbpt.org.br/portal/espaco-saude-respiratoria-asma/. Acesso em: 11 mar. 2026.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (US EPA). Technical assistance document for the reporting of daily air quality: the Air Quality Index (AQI). Research Triangle Park: US EPA, 2018. (EPA-454/B-18-007).

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). WHO global air quality guidelines: particulate matter (PM2.5 and PM10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. Geneva: WHO, 2021. Disponível em: https://www.who.int/publications/i/item/9789240034228. Acesso em: 21 mar. 2026.