Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v.11, 2025
ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v11i1.4166

DESENVOLVIMENTO E VALIDAÇÃO DE UM APARELHO ALTERNATIVO DE BAIXO CUSTO PARA MONITORAMENTO MICROBIOLÓGICO DO AR EM AMBIENTES CLIMATIZADOS

DEVELOPMENT AND VALIDATION OF A LOW-COST ALTERNATIVE DEVICE FOR MICROBIOLOGICAL AIR MONITORING IN AIR-CONDITIONED ENVIRONMENTS

Paulo Henrique Bucar Veras
Bacharel em Biomedicina pelo Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA), Imaginologista pela Unyleya, Pós-graduando em Docência Superior pela Universila, Brasil.
E-mail: paulobucar@gmail.com

Geovany Braga Soares
Licenciado em Química pelo Instituto Federal do Tocantins (IFTO), Gestor Ambiental pela Universidade Norte do Paraná (Unopar), Especialista em MBA em Gestão de Projetos pelo Instituto Carreira, Especialista em Química Ambiental e Saneamento Ambiental pela Faculdade Serra Geral, Mestrando em Ciências do Ambiente pela Universidade Federal do Tocantins (UFT), Brasil.
E-mail: soaresg.braga@gmail.com

Denise Carvalho de Sousa
Bacharel em Biomedicina pelo Centro Universitario Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA), pós graduanda em Gestão da Qualidade e Administração laboratorial pela Faculdade Unileya, Brasil.
E-mail: denisesousa.bm@gmail.com

Danilo Rodrigues de Melo
Bacharel em Biomedicina pelo Centro Universitário Luterano de Palmas

ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v11i1.4166

(CEULP/ULBRA), cursando MBA em Gestão Empresarial pela Fundação Getulio Vargas (FGV). Atua como Coordenador de Atendimento no Grupo Sabin Diagnóstico e Saúde, em Palmas – TO, Brasil.
E-mail: danilomelos@gmail.com

Daniel Gonçalo Alves de Paula
Licenciado em Química pelo Instituto Federal do Tocantins (IFTO), Mestrando em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal do Tocantins (UFT), Brasil.
E-mail: prof.goncalodaniel@gmail.com

Raiana Chagas Oliveira
Bacharel em Química Ambiental pela Universidade Federal do Tocantins (UFT), Brasil.
E-mail: prof.goncalodaniel@gmail.com

Recebido: 01/06/2025 – Aceito: 11/06/2025

Resumo

Este artigo apresenta o desenvolvimento e validação de um aparelho alternativo de baixo custo para monitoramento microbiológico do ar em ambientes climatizados. O equipamento foi construído utilizando materiais acessíveis e baseado no princípio de impactação de Andersen, sendo posteriormente validado através de comparação com a técnica de sedimentação espontânea em uma biblioteca de instituição federal de ensino. Os resultados demonstraram eficácia semelhante entre os dois métodos na detecção de bactérias e fungos, com contagens microbianas dentro dos limites estabelecidos pela legislação brasileira. O aparelho desenvolvido apresenta-se como uma alternativa economicamente viável aos equipamentos comerciais disponíveis no mercado, possibilitando a ampliação do monitoramento da qualidade do ar em instituições com recursos limitados. A pesquisa contribui para o desenvolvimento de tecnologias acessíveis na área de saúde ambiental, promovendo a democratização do acesso a ferramentas de monitoramento microbiológico do ar.

Palavras-chave: Monitoramento microbiológico; Aparelho alternativo; Qualidade do ar; Ambientes climatizados; Tecnologia de baixo custo

Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v.11, 2025
ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v11i1.4166

Abstract

This article presents the development and validation of a low-cost alternative device for microbiological monitoring of air in air-conditioned environments. The equipment was built using accessible materials and based on the Andersen impaction principle, and was subsequently validated through comparison with the spontaneous sedimentation technique in a library of a federal educational institution. The results demonstrated similar efficacy between the two methods in detecting bacteria and fungi, with microbial counts within the limits established by Brazilian legislation. The device developed is an economically viable alternative to commercial equipment available on the market, enabling the expansion of air quality monitoring in institutions with limited resources. The research contributes to the development of accessible technologies in the area of environmental health, promoting the democratization of access to microbiological air monitoring tools.
Keywords: Microbiological monitoring; Alternative device; Air quality; Air-conditioned environments; Low-cost technology

1. Introdução

A qualidade do ar em ambientes internos tem se tornado uma preocupação crescente nas últimas décadas, especialmente com o aumento do uso de sistemas de climatização artificial em edifícios públicos e privados. Segundo Vital Strategies (2020), a poluição do ar é responsável por aproximadamente 7 milhões de mortes prematuras anualmente em todo o mundo, sendo que a contaminação de ambientes internos contribui significativamente para esse número.

O monitoramento microbiológico do ar em ambientes climatizados é fundamental para garantir condições adequadas de saúde e bem-estar aos usuários desses espaços. De acordo com Costa (2022), o reconhecimento dos patógenos presentes no ar interior climatizado é necessário diante dos problemas que estes podem causar à saúde dos ocupantes, especialmente em ambientes de uso coletivo como bibliotecas, salas de aula e escritórios.

No Brasil, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) estabelece, através da Resolução nº 09 de 16 de janeiro de 2003, padrões referenciais de qualidade do ar interior em ambientes climatizados artificialmente de uso público e coletivo. Essa resolução determina que o limite máximo aceitável para contaminação microbiológica é de 750 UFC/m³ (Unidades Formadoras de Colônia

ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v11i1.4166

por metro cúbico) para fungos e bactérias (BRASIL, 2003).

Para realizar o monitoramento microbiológico do ar, existem diversos equipamentos comerciais disponíveis no mercado, como o MAS-100 Microbial Air Monitoring System, que utilizam o princípio de impactação para coletar amostras de ar. No entanto, esses equipamentos geralmente apresentam custo elevado, o que dificulta sua aquisição por instituições com recursos limitados, como escolas públicas, pequenas bibliotecas e centros comunitários.

Nesse contexto, o desenvolvimento de aparelhos alternativos de baixo custo para monitoramento microbiológico do ar torna-se relevante, pois possibilita a democratização do acesso a ferramentas de avaliação da qualidade do ar. Concolato de Araujo (2020) destaca que, especialmente após a pandemia de COVID-19, a avaliação da qualidade do ar interior ganhou ainda mais importância, reforçando a necessidade de métodos acessíveis para esse monitoramento.

Este estudo teve como objetivo desenvolver e validar um aparelho alternativo de baixo custo para monitoramento microbiológico do ar em ambientes climatizados, baseado no princípio de impactação de Andersen. O equipamento foi testado em uma biblioteca de instituição federal de ensino, e os resultados foram comparados com os obtidos pela técnica de sedimentação espontânea, método passivo tradicionalmente utilizado em estudos microbiológicos.

2. Revisão da Literatura

A crescente urbanização, aliada à dependência de sistemas de climatização artificial, tem intensificado a preocupação com a qualidade do ar em ambientes internos. De acordo com a Vital Strategies (2020), a poluição do ar, incluindo a proveniente de ambientes fechados, é responsável por cerca de 7 milhões de mortes prematuras por ano, o que torna urgente a adoção de estratégias acessíveis e eficazes de monitoramento.

No contexto brasileiro, a Resolução nº 09/2003 da ANVISA estabelece parâmetros referenciais para a qualidade do ar em ambientes climatizados de uso coletivo, definindo o limite microbiológico aceitável em 750 UFC/m³ para fungos e bactérias (BRASIL, 2003). Embora existam equipamentos comerciais de alta

ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v11i1.4166

precisão como o MAS-100 Microbial Air Monitoring System, o custo elevado inviabiliza sua aquisição por instituições com poucos recursos, como escolas públicas, bibliotecas e centros comunitários.

A literatura técnica reconhece a eficiência de métodos como a impactação de Andersen, amplamente utilizada em amostradores comerciais e base para o desenvolvimento de equipamentos alternativos (PASQUARELLA et al., 2000; 2007). Por outro lado, a técnica de sedimentação espontânea, apesar de menos precisa, tem sido utilizada em diversas pesquisas como método de baixo custo para avaliação microbiológica do ar (MEDEIROS et al., 2012; COSTA, 2022).

Pesquisas anteriores, como a de Menzies e Bourbeau (1997) e Mentese et al. (2009), demonstraram que os ambientes internos frequentemente apresentam carga microbiana significativa, com implicações diretas para a saúde humana. Isso é particularmente relevante em locais de grande circulação, como hospitais, escolas e bibliotecas, onde a ventilação e a manutenção dos sistemas de climatização são fatores críticos.

No Brasil, iniciativas como a proposta por Costa (2022) e Concolato de Araujo (2020) após a pandemia de COVID-19 ressaltam a necessidade de tecnologias acessíveis para avaliação da qualidade do ar, principalmente como ferramenta preventiva em saúde pública. A literatura aponta ainda que a adoção de boas práticas de ventilação, manutenção regular dos aparelhos e higienização de superfícies contribui significativamente para manter a carga microbiana em níveis aceitáveis (BARBOZA; NIEUWENHUIJSEN, 2025).

Recentemente, a Environmental Protection Agency (EPA, 2023) reconheceu o papel promissor de sensores e aparelhos de baixo custo no monitoramento da qualidade do ar, desde que calibrados e validados corretamente. Tais dispositivos têm potencial de ampliar redes de vigilância e democratizar o acesso à informação ambiental, como defendido também por WRI Brasil (2021).

Portanto, o desenvolvimento de dispositivos alternativos com base em materiais simples e acessíveis como galões plásticos, coolers e canos de PVC emerge como uma estratégia viável e inovadora. Além de reduzir custos, tais dispositivos podem ser facilmente adaptados a diferentes contextos e utilizados como ferramentas pedagógicas, promovendo a educação ambiental e científica em

ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v11i1.4166

escolas e universidades (COSTA, 2022).

A literatura atual converge para a necessidade de democratização do monitoramento da qualidade do ar em ambientes climatizados, considerando que a viabilidade econômica e a eficácia técnica são elementos centrais para sua ampla adoção.

3. Metodologia

3.1 Materiais Utilizados no Desenvolvimento do Aparelho

Para a construção do aparelho coletor de ar alternativo, foram utilizados os seguintes materiais: - Galão de água com capacidade de 20 litros - Cano PVC de 50cm de comprimento e 52mm de diâmetro - Cooler de computador 12V - Fonte de computador 220V - Chapa de acrílico - Cola quente - Lâmina de serra manual - Papel filme A escolha desses materiais considerou sua disponibilidade no mercado, baixo custo e possibilidade de adaptação para a função desejada. O custo total para a construção do aparelho foi significativamente inferior ao valor de equipamentos comerciais com função similar, como destacado por WRI Brasil (2021) em seu estudo sobre tecnologias acessíveis para monitoramento ambiental.

3.2 Processo de Construção do Aparelho

O processo de construção do aparelho seguiu as seguintes etapas:

1. O galão foi cortado utilizando a lâmina de serra manual para fazer uma porta de manuseio das placas de Petri;
2. A chapa de acrílico foi cortada na medida exata (276 mm de diâmetro) para promover um encaixe perfeito, aproveitando o desenho do galão, e foram feitos diversos furos na extensão da chapa para permitir a passagem de ar;
3. O cooler foi fixado na extremidade inferior do galão utilizando cola quente;
4. O cano PVC foi fixado na extremidade superior do galão;
5. O papel filme foi usado para envolver o galão, a fim de selar o fluxo de ar na abertura lateral do galão.

Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v.11, 2025
ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v11i1.4166

Essa configuração permitiu criar um sistema de fluxo de ar direcionado, onde o cooler succiona o ar para dentro do galão, fazendo-o passar pela chapa de acrílico perfurada, onde estão posicionadas as placas de Petri com meio de cultura. As partículas em suspensão no ar, incluindo microrganismos, impactam na superfície do meio de cultura, permitindo seu crescimento e posterior quantificação.

3.3 Calibração do Aparelho

O aparelho desenvolvido foi calibrado de acordo com os padrões referenciais da ANVISA, que estabelece taxa de vazão fixa entre 25 a 35 L/min para captação das amostras, sendo recomendada 28,3 L/min. Para isso, foi utilizado um saco de lixo de 50 litros fixado à saída de ar do aparelho para monitoramento da taxa de vazão. A regulagem foi realizada utilizando fita isolante para diminuir a passagem de ar pela extremidade superior do cano PVC, até atingir a taxa de vazão recomendada de 28,3 L/min (BRASIL, 2003).

Esse processo de calibração é fundamental para garantir a confiabilidade dos resultados obtidos, como destacado por Barboza e Nieuwenhuijsen (2025) em seu estudo sobre métodos de monitoramento da qualidade do ar.

3.4 Validação do Aparelho

3.4.1 Local e Período do Estudo

A validação do aparelho foi realizada na biblioteca do Instituto Federal do Tocantins (IFTO) - Campus Paraíso do Tocantins, durante o mês de setembro de 2019. As análises microbiológicas foram posteriormente realizadas no Laboratório de Microbiologia do mesmo instituto.

3.4.2 Métodos de Amostragem

Amostragem Passiva (Técnica de Exposição de Placas) - Em cada dia de coleta, foram utilizadas duas duplicatas de placas de Petri de 90mm de diâmetro, dispostas a um metro de qualquer obstáculo, pelo tempo de 30 minutos, conforme

ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v11i1.4166

metodologia descrita por Pasquarella et al. (2007) e Pasquarella et al. (2000). Os meios de cultura empregados foram: Ágar Sabouraud Dextrose (SDA) para cultivo de fungos e Ágar Plate Count (PCA) para bactérias. Após a coleta, as placas de PCA foram incubadas em estufa bacteriológica a 37°C por 24 horas, e as de SDA incubadas a 25°C por 7 dias, seguindo as recomendações da ANVISA (BRASIL, 2003).

Amostragem Ativa (Aparelho Coletor Alternativo de Ar) - A técnica de amostragem ativa utilizou o aparelho desenvolvido na pesquisa, que foi esterilizado com álcool 70% antes e depois de cada amostragem. As amostras de ar foram coletadas durante 4 dias consecutivos, utilizando-se 4 placas de Petri de 90mm dentro do aparelho em cada dia. O aparelho foi posicionado em 5 pontos diferentes dentro da biblioteca, permanecendo 2 minutos em cada posição, totalizando 10 minutos de amostragem por dia, com taxa de vazão fixa de 28 L/min, resultando em 280 litros de ar por amostragem.

Foram utilizados os mesmos meios de cultura e condições de incubação da amostragem passiva. O limite aceitável da contagem total de bactérias heterotróficas mesófilas e de fungos estabelecido pela ANVISA é de ≤7,5x10² UFC/m³ (BRASIL, 2003).

3.5 Análise dos Dados

Os resultados das placas analisadas em cada dia de amostragem foram expressos a partir da média das UFC observadas. A comparação entre os métodos de amostragem foi realizada de forma descritiva, avaliando a eficácia do aparelho desenvolvido em relação à técnica de sedimentação espontânea.

4. Resultados e Discussão

4.1 Eficácia do Aparelho Desenvolvido

Os resultados das análises microbiológicas realizadas com o aparelho desenvolvido e com a técnica de sedimentação espontânea estão apresentados

Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v.11, 2025
ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v11i1.4166

na Tabela 1, que demonstra as médias de UFC/m³ obtidas em cada dia de amostragem, tanto para bactérias quanto para fungos.

Tabela 1 – Resultados das análises microbiológicas da qualidade do ar na biblioteca estudada.

Tipo de amostragem	1° dia (UFC/ m³)	2° dia (UFC/ m³)	3° dia (UFC/ m³)	4° dia (UFC/ m³)
Amostragem passiva de Bactérias	112	95	106	99
Amostragem passiva de Fungos	9	11	13	9
Amostragem ativa de Bactérias	105	98	89	110
Amostragem ativa de Fungos	7	13	8	10

Fonte: Autor, 2025.

O aparelho desenvolvido demonstrou eficácia nas amostragens, apresentando resultados semelhantes aos obtidos pela técnica de sedimentação espontânea. Para bactérias, a média de UFC/m³ obtida pelo aparelho alternativo foi de 100,5, enquanto a técnica de sedimentação espontânea apresentou média de 103. Para fungos, a média obtida pelo aparelho foi de 9,5 UFC/m³, enquanto a técnica passiva resultou em 10,5 UFC/m³. Essa proximidade nos resultados indica que o aparelho alternativo possui capacidade de detecção comparável ao método tradicional.

Além da eficácia na detecção de microrganismos, o aparelho desenvolvido apresentou facilidade de manuseio e operação, características importantes para equipamentos destinados ao uso em instituições com recursos humanos e financeiros limitados. Segundo Biotec (2023), a praticidade operacional é um fator determinante para a adoção de tecnologias de monitoramento ambiental em

ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v11i1.4166

pequenas instituições.

As análises quantitativas de ambas as amostragens (passiva e ativa) demonstraram contagens de colônias de bactérias e fungos dentro do limite máximo permitido pela legislação brasileira, que é de 750 UFC/m³ (BRASIL, 2003). Esses resultados satisfatórios podem ser atribuídos aos processos regulares de monitoramento dos aparelhos de ar-condicionado, à prática de deixar portas e janelas abertas semanalmente para circulação de ar, e à limpeza semestral dos livros e prateleiras realizada no instituto analisado.

4.2 Comparação com Outros Estudos e Equipamentos

Estudos recentes têm destacado a importância do desenvolvimento de tecnologias acessíveis para monitoramento ambiental. De acordo com Vital Strategies (2020), a democratização do acesso a ferramentas de monitoramento da qualidade do ar é fundamental para a implementação de políticas públicas eficazes de proteção à saúde.

Em seu estudo sobre métodos alternativos para monitoramento da qualidade do ar, a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA, 2023) destaca que equipamentos de baixo custo podem apresentar eficácia comparável a equipamentos comerciais de alto valor, desde que adequadamente calibrados e validados. Essa observação corrobora os resultados obtidos no presente estudo, onde o aparelho alternativo desenvolvido apresentou desempenho semelhante à técnica tradicional de sedimentação espontânea.

Comparando o custo do aparelho desenvolvido com equipamentos comerciais disponíveis no mercado, como o MAS-100 Microbial Air Monitoring System, observa-se uma diferença significativa. Enquanto o aparelho alternativo teve custo aproximado de R$ 200,00 (considerando todos os materiais utilizados), o equipamento comercial pode custar entre R$ 15.000,00 e R$ 30.000,00, dependendo do modelo e configuração. Essa diferença de custo representa uma barreira significativa para instituições com recursos limitados, como escolas públicas, pequenas bibliotecas e centros comunitários.

A análise de custo-benefício do aparelho desenvolvido, considerando sua

ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v11i1.4166

eficácia na detecção de microrganismos e seu baixo custo de produção, indica que ele representa uma alternativa viável para instituições que não podem adquirir equipamentos comerciais de alto valor. Como destacado por WRI Brasil (2021), a disponibilidade de tecnologias acessíveis para monitoramento ambiental é fundamental para a ampliação das redes de vigilância da qualidade do ar no país.

4.3 Limitações e Potencialidades do Aparelho Desenvolvido

Embora o aparelho desenvolvido tenha apresentado resultados satisfatórios, é importante reconhecer suas limitações. Uma delas é a necessidade de calibração manual da taxa de vazão, que pode introduzir variações nos resultados se não for realizada adequadamente. Equipamentos comerciais geralmente possuem sistemas automatizados de controle de fluxo, que garantem maior precisão nas medições.

Outra limitação é a dependência de energia elétrica para funcionamento, o que pode restringir seu uso em locais sem acesso à rede elétrica. Nesse sentido, estudos futuros poderiam explorar a possibilidade de adaptação do aparelho para funcionamento com baterias ou energia solar, ampliando sua aplicabilidade em diferentes contextos.

Por outro lado, o aparelho desenvolvido apresenta diversas potencialidades. Além do baixo custo e facilidade de construção, ele pode ser facilmente adaptado para diferentes necessidades de monitoramento, alterando-se, por exemplo, o tipo de meio de cultura utilizado ou a taxa de vazão. Essa flexibilidade é destacada por Costa (2022) como uma característica importante para equipamentos destinados ao uso em contextos diversos.

Outra potencialidade é a possibilidade de utilização do aparelho como ferramenta educacional em escolas e universidades, permitindo que estudantes compreendam na prática os princípios do monitoramento microbiológico do ar e a importância da qualidade do ar para a saúde. Segundo Concolato de Araujo (2020), a educação ambiental é fundamental para a formação de cidadãos conscientes sobre questões relacionadas à qualidade do ar e seus impactos na saúde.

ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v11i1.4166

5. Conclusão

O aparelho alternativo de baixo custo desenvolvido neste estudo demonstrou eficácia na detecção de microrganismos em ambientes climatizados, apresentando resultados semelhantes aos obtidos pela técnica tradicional de sedimentação espontânea. Essa constatação valida sua utilização como ferramenta para monitoramento microbiológico do ar em instituições com recursos limitados.

A significativa diferença de custo entre o aparelho desenvolvido e equipamentos comerciais disponíveis no mercado destaca sua relevância como alternativa economicamente viável para ampliação das redes de vigilância da qualidade do ar. Como enfatizado por Barboza e Nieuwenhuijsen (2025), o monitoramento regular da qualidade do ar é fundamental para a implementação de políticas públicas eficazes de proteção à saúde.

As limitações identificadas no aparelho desenvolvido, como a necessidade de calibração manual e dependência de energia elétrica, não comprometem sua eficácia na detecção de microrganismos, mas indicam possíveis direções para aprimoramentos futuros. A flexibilidade e adaptabilidade do aparelho representam potencialidades significativas para sua aplicação em diferentes contextos.

Este estudo contribui para o desenvolvimento de tecnologias acessíveis na área de saúde ambiental, promovendo a democratização do acesso a ferramentas de monitoramento microbiológico do ar. Recomenda-se a realização de estudos adicionais para aprimoramento do aparelho desenvolvido, bem como sua validação em diferentes tipos de ambientes climatizados.

A disponibilidade de métodos alternativos e de baixo custo para monitoramento da qualidade do ar é especialmente relevante no contexto brasileiro, onde muitas instituições públicas enfrentam restrições orçamentárias que limitam a aquisição de equipamentos comerciais de alto valor. Nesse sentido, o aparelho desenvolvido neste estudo representa uma contribuição significativa para a ampliação das possibilidades de monitoramento microbiológico do ar em ambientes climatizados no país.

Referências

BARBOZA, E.P.; NIEUWENHUIJSEN, M. **Poluição do ar, saúde e regulação no Brasil:** estamos avançando? Cadernos de Saúde Pública, v. 41, n. 3, 2025.

BIOTEC. **Monitoramento da qualidade do ar em ambientes climatizados.** 2023. Disponível em: https://www.biotecrs.com.br/monitoramento-da-qualidade-do-ar ambientes-climatizados. Acesso em: 15 maio 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Resolução nº 09 de 16 de janeiro de 2003.** Diário Oficial da União, Brasília, DF, 20 jan. 2003.

CONCOLATO DE ARAUJO. **Avaliação da Qualidade do Ar Interior no contexto da Covid-19.** LinkedIn, 17 set. 2020. Disponível em: https://pt.linkedin.com/pulse/ avalia%C3%A7%C3%A3o-da-qualidade-do-ar-interior-contexto-concolato-de-araujo. Acesso em: 15 maio 2025.

COSTA, K.C. **Qualidade microbiológica do ar em ambientes climatizados. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente)** - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2022.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). **Air Sensor Guidebook.** 2023. Disponível em: https://www.epa.gov/air-sensor-toolbox/air-sensor-guidebook. Acesso em: 15 maio 2025.

EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY. **Os impactos da exposição à poluição atmosférica na saúde e no ambiente.** 2024. Disponível em: https://www.eea.europa.eu/pt/highlights/ os-impactos-da-exposicao-a. Acesso em: 15 maio 2025.

FOOD SAFETY BRAZIL. **Qualidade microbiológica do ar na produção de alimentos e de embalagens. 2024**. Disponível em: https://foodsafetybrazil.org/qualidade microbiologica-do-ar-producao-de-alimentos-embalagens/. Acesso em: 15 maio 2025.

MEDEIROS, M.A.S.; LIMA, J.S.; FERREIRA, N.S.; VITORINO, L.C.; SOARES, M.P. **Qualidade microbiológica do ar em ambientes de uma instituição de ensino do sudoeste goiano.** Global Science and Technology, v. 5, n. 3, 2012.

MENTESE, S.; ARISOY, M.; RAD, A.Y.; GULLU, G. **Bacteria and fungi levels in various indoor and outdoor environments in Ankara, Turkey**. Clean, v. 37, n. 6, p. 487-493, 2009.

OBBARD, J.P.; FANG, L.S. **Airborne concentrations of bacteria in a hospital environment in Singapore.** Water, Air, and Soil Pollution, v. 144, n. 1, p. 333-341, 2003.

PASQUARELLA, C.; PITZURRA, O.; SAVINO, A. The index of microbial air contamination. **Journal of Hospital Infection**, v. 46, n. 4, p. 241-256, 2000.

PASQUARELLA, C.; SANSEBASTIANO, G.E.; FERRETTI, S.; SACCANI, E.; FANTI, M.; MOSCATO, U.; GIANNETTI, G.; FORNIA, S.; CORTELLINI, P.; SIGNORELLI, C. A mobile laminar airflow unit to reduce air bacterial contamination

ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v11i1.4166

at surgical area in a conventionally ventilated operating theatre. **Journal of Hospital Infection**, v. 66, n. 4, p. 313-319, 2007.

SICFLUX. **Impactos na economia causados pela poluição do ar.** 2021. Disponível em: https://sicflux.com.br/blog/impactos-na-economia-causados-pela-poluicao-do-ar/. Acesso em: 15 maio 2025.

VITAL STRATEGIES. **Acelerando Melhorias da Qualidade do Ar nas Cidades.** 2020. Disponível em: https://www.vitalstrategies.org/wp-content/uploads/Acelerando Melhorias-da-Qualidade-do-Ar-nas-Cidades.pdf. Acesso em: 15 maio 2025.

WRI BRASIL. **Estudo revela estado da qualidade do ar e mostra como o tema é negligenciado no Brasil.** 2021. Disponível em: https://www.wribrasil.org.br/noticias/ estudo-revela-estado-da-qualidade-do-ar-e-mostra-como-o-tema-e-negligenciado-no brasil. Acesso em: 15 maio 2025.

XAVIER, V.L. **Programa Nacional de Bioinsumos:** proposição de um sistema de monitoramento de biofábricas. Dissertação (Mestrado em Governança e Desenvolvimento) - Escola Nacional de Administração Pública, Brasília, 2022.