IMPACTO DA LIMPEZA NA CONTAMINAÇÃO MICROBIANA DO AR EM SALAS OPERATÓRIAS: UM ESTUDO TRANSVERSAL

Palavras-Chave: Análise do Ar, Efeitos da Contaminação do Ar, Salas Cirúrgicas.

Autores(as):

Mauro Donisete Pressato Junior, FEnf - UNICAMP
Profª. Drª.Angélica Zaninelli Schreiber - FCM - UNICAMP
Flávio Andrade Oliveira - Divisão de Patologia Clínica do HC - UNICAMP
Profª. Drª. Kazuko Uchikawa Graziano - Escola de Enfermagem, USP
Profª. Drª. Camila Quartim de Moraes Bruna - Escola de Enfermagem, USP
Profª. Drª. Caroline Lopes Ciofi-Silva (Orientadora)- FEnf - UNICAMP

INTRODUÇÃO

O controle da qualidade do ar em salas operatórias (SO) é um dos pilares fundamentais na prevenção de infecções relacionadas à assistência à saúde (Romano et al., 2020), como a infecção de sítio cirúrgico (ISC). Esse tipo de infecção é a segunda causa mais prevalente tanto na Europa quanto nos Estados Unidos (Xie et al., 2024; Dallolio et al., 2017).

A implementação de sistemas eficazes de ventilação e descontaminação ambiental contribui significativamente para a redução da carga microbiana no ambiente, protegendo pacientes e profissionais. Estudos indicam que a contaminação do ar pode ocorrer tanto por contato direto quanto indireto, influenciada por fatores como movimentação de pessoas dentro da sala, abertura de portas e ressuspensão de partículas presentes em superfícies (Sadrizadeh et al., 2021; Annaqeeb et al., 2021). Nesse contexto, tecnologias como o fluxo de ar unidirecional (UDAF), associadas ao uso de vestimentas cirúrgicas que reduzem a dispersão de contaminantes e manutenção de sistemas de filtragem demonstram grande potencial na redução de partículas transportadoras de microrganismos, especialmente em cirurgias de alta complexidade (Friedericy et al., 2024; Whyte et al., 2019).

Além da ventilação, a limpeza criteriosa da SO é um componente essencial no controle da contaminação. A literatura descreve diferentes fases de limpeza (preparatória, operatória, concorrente e terminal) as quais devem ser realizadas rigorosamente e com técnica adequada para garantir um ambiente seguro (COREN-SP, 2009). A limpeza concorrente, realizada ao término de cada cirurgia, tem como objetivo a retirada de resíduos e reorganização da sala para o próximo procedimento, considerando todas as cirurgias com potencial de contaminar o ambiente, independentemente do tipo de procedimento (COREN-SP, 2009). Pesquisas como as de Fu Shaw e colaboradores (2018) e Dai e colaboradores. (2015) apontam que os níveis de contaminação do ar aumentam significativamente nos períodos de preparação e limpeza da sala.

Contudo, os estudos existentes ainda não analisaram de forma detalhada o impacto da limpeza concorrente, associada ao funcionamento dos sistemas de ventilação, na qualidade microbiológica do ar da sala operatória. Por isso, torna-se pertinente a proposta deste projeto que caracterizou o perfil microbiológico do ar antes e após a realização da limpeza concorrente.

METODOLOGIA

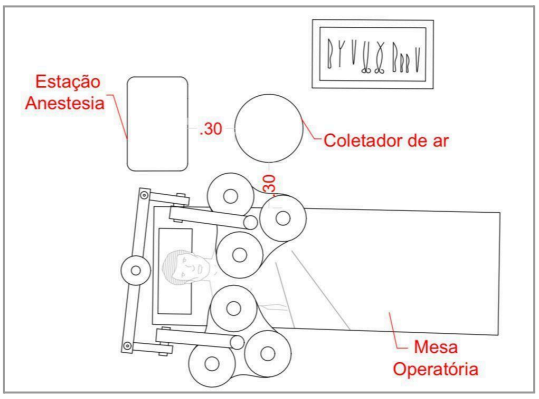
Este estudo caracteriza-se como descritivo, transversal e de abordagem quantitativa, sendo conduzido no Centro Cirúrgico Geral do Hospital de Clínicas da Unicamp, que conta com 16 salas operatórias e realizou mais de 13 mil cirurgias em 2024 (HC-UNICAMP, 2023). O Centro Cirúrgico da instituição em estudo dispõe de sistemas de climatização individualizados por sala operatória, todos do tipo *fan coil*, distribuídos em três distintas casas de máquinas. O funcionamento desses equipamentos baseia-se na captação do ar ambiente, que é impulsionado por um ventilador através de uma serpentina de resfriamento alimentada por água gelada. Nesse processo, ocorre a troca térmica responsável pela redução da temperatura do ar, que é posteriormente distribuído ao ambiente. A regulação da temperatura é realizada por meio de termostatos, que controlam tanto a velocidade do ventilador quanto a abertura da válvula de passagem da água (Ranade et al., 2019).

As amostras de ar foram coletadas nos meses de junho a agosto de 2025 por conveniência, em salas onde ocorreram cirurgias potencialmente contaminadas, devido ao maior risco de dispersão microbiana. As amostras de ar foram coletadas utilizando o equipamento Coriolis®u. O processo de coleta consiste em direcionar o fluxo de ar para o interior de um cone previamente preenchido com 15 mL água destilada estéril .Por meio de um movimento rotacional, as partículas presentes no ar são lançadas contra as paredes internas do cone pela força centrífuga, o que permite sua separação do ar e concentração na solução líquida para posterior análise (Ciofi-Silva, 2017).

Antes da realização da coleta de amostras no centro cirúrgico, foi realizado um estudo-piloto no laboratório de microbiologia do HC-UNICAMP com o objetivo de testar os procedimentos de coleta e processamento de amostras, considerando por essa ser uma área com alta carga microbiana no ambiente, Foram coletadas nove amostras, sendo uma área de processamento de amostras bacterianas (bacteriologia), três na de amostras fúngicas (micologia) e três na área de processamento de micobactérias. O aparelho foi posicionado em uma bancada próxima a área de processamento e manipulação das amostras microbiológicas, onde foram coletadas três amostras de cada local por 10 minutos com o fluxo de ar de 300L/min.

No centro cirúrgico, foram coletadas amostras do ar em dois momentos distintos: momento 1 - após a saída do paciente da sala; momento 2 - após a realização da limpeza concorrente na sala operatória, ou seja, antes do próximo procedimento cirúrgico. O aparelho foi posicionado a 30 cm da mesa cirúrgica e a 30 cm carrinho de anestesia, a 1 metro do chão, em áreas consideradas críticas para a contaminação, conforme ilustrado na figura 1 (Rufino et.al, 2020; Kanamori et al.,2020; Ochoa et al., 2020).

Figura 1: Ilustração do posicionamento do coletador de ar na sala operatória



Fonte: próprio autor

Para cada sala operatória, foram coletadas três amostras de ar em cada momento (três no momento 1 e três no momento 2). Como no teste piloto, cada coleta ocorreu durante 10 minutos, com o fluxo de ar de 300L/min. Também foram coletados os seguintes dados: temperatura, umidade, tipo e duração da cirurgia, número de profissionais e aberturas de porta, sem envolver identificação de pacientes ou profissionais, garantindo sigilo e ética.

As amostras foram processadas no LAPEX HC-UNICAMP, onde foram filtradas por membranas de 0,22 µm e semeadas em ágar sangue. Após serem incubadas por 48h, a 37°C, no laboratório de microbiologia do HC-UNICAMP, foi realizada a contagem macroscópica das unidades formadoras de colônias (UFC) e a identificação dos microrganismos foi realizada por espectrometria de massa (MALDI-TOF). Também será analisado o perfil de resistência antimicrobiana, por meio de antibiograma, de microrganismos considerados relevantes, conforme rotina do laboratório.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos no teste piloto foram satisfatórios e demonstraram uma diversidade microbiana nas três salas, com predominância dos gêneros *Bacillus*, *Micrococcus* e fungos do gênero *Aspergillus*, amplamente reconhecidos como habitantes comuns de ambientes laboratoriais e hospitalares (Hassan & Zeeshan, 2022). Esse resultado inicial foi essencial para assegurar a viabilidade do método selecionado para obtenção e processamento das amostras deste estudo bem como para a reprodutibilidade das técnicas aplicadas no ambiente cirúrgico.

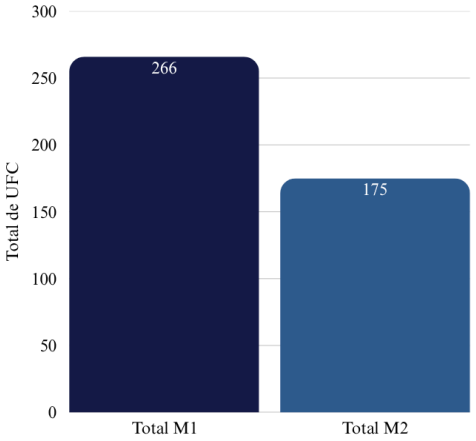
Nas coletas realizadas em salas operatórias, obteve-se nove amostras, sendo cinco para o M1 (totalizando 131 minutos de coleta) e quatro para o M2 (totalizando 112 minutos). Os microrganismos identificados e as UFC nos dois momentos estão apresentados nas figuras 2 e 3 respectivamente:

Figura 2: Microrganismos identificados e frequência em cada momento da coleta. Campinas, 2025.

Momento 1		**Momento 2**	
Microrganismo Identificado	**Frequência**	**Microrganismo Identificado**	**Frequência**
Acinetobacter baumannii	1	*Arthrobacter pascens*	1
Bacillus altitudinis	1	*Bacillus cereus*	1
Bacillus cereus	1	*Bacillus licheniformis*	2
Bacillus megaterium	1	*Bacillus megaterium*	2
Bacillus oceanisediminis	2	*Bacillus simplex*	1
Bacillus simplex	1	*Bacillus subtilis*	1
Bacillus sp	1	*Micrococcus luteus*	6
Bacillus subtilis	1	*Moraxella osloensis*	1
Dermacoccus nishinomiyaensis	1	*Pseudomonas luteola*	1
Micrococcus luteus	3	*Rhizopus delemar*	1
Pseudomonas stutzeri	1	*Staphylococcus capitis*	1
Staphylococcus cohnii	1	-	
Staphylococcus haemolyticus	1	-	

Fonte: próprio autor

Figura 3: Total de unidades formadoras de colônias de acordo com o momento de coleta. Campinas, 2025.



Fonte: próprio autor

Observou-se a identificação de *Acinetobacter baumannii* multirresistente (resistente a Ciprofloxacino, Amicacina, Gentamicina, Sulfametoxazol-trimetroprim, Imipenem) antes da limpeza da sala operatória, o qual é um microrganismo com alto potencial patogênicos Já em M2, os microrganismos isolados foram predominantemente de baixa virulência e comumente encontrados no ambiente hospitalar, como *Micrococcus luteus*, *Bacillus spp.* e *Moraxella osloensis* (Fernández-Rodríguez et al., 2024).

A presença de *Acinetobacter baumannii* em M1 é particularmente relevante do ponto de vista clínico, pois se trata de um patógeno oportunista comumente associado a infecções nosocomiais, resistente a múltiplos antimicrobianos. A detecção de *Micrococcus luteus* em ambos os momentos, embora com maior frequência em M2, é compatível com a literatura, que o classifica como um microrganismo ambiental e de baixa patogenicidade, frequentemente isolado de superfícies e do ar hospitalar (Fernández-Rodríguez et al., 2024).

A presença de Pseudomonas stutzeri e Staphylococcus capitis em M2, também observada em procedimentos considerados assépticos em um estudo alemão, sugere que para a completa eliminação de microrganismos do ar é necessária a associação com sistemas de ventilação com manutenção adequada, controle rigoroso do fluxo de pessoas e aberturas de portas (Harnoss et al., 2017).

Embora os resultados tenham evidenciado uma diversidade microbiana com predominância de bactérias ambientais, a presença de fungos como *Rhizopus delemar* e *Aspergillus* merece destaque devido ao seu potencial

patogênico e toxigênico. Esses fungos são frequentemente encontrados no ar hospitalar e estão associados a infecções oportunistas, reações alérgicas e produção de micotoxinas. Estudos recentes mostram que mesmo em baixas concentrações, fungos como *Aspergillus*,podem causar inflamação pulmonar e citotoxicidade celular, o que representa um risco à saúde respiratória de pacientes e, sobretudo, dos trabalhadores da saúde expostos continuamente ao ambiente (Sham et al., 2021; Huang et al., 2025).

Essa investigação fornece subsídios científicos para reforçar a importância das práticas de higienização e controle ambiental, fundamentais para garantir que a SO deverá estar segura, do ponto de vista microbiológico, para a cirurgia subsequente.

CONCLUSÕES

Os resultados deste estudo revelam uma significativa diversidade microbiológica no ar das salas operatórias, com destaque para a presença de bactérias e fungos reconhecidos como contaminantes ambientais. Observou-se menor quantidade de colônias no ar após a limpeza da SO. A identificação de uma bactéria multirresistente merece destaque, pois indica não apenas a circulação de microrganismos de maior risco, mas também a possibilidade de deposição em superfícies críticas. A contaminação do ar também pode comprometer a assepsia do campo operatório e favorecer a ocorrência de infecções, evidenciando a importância do controle rigoroso da qualidade do ar como medida complementar às práticas de limpeza e desinfecção.

Por fim, destaca-se a adoção de um método inovador para processamento das amostras. Os dados obtidos servem de base para aprimorar os protocolos institucionais de limpeza e controle ambiental, além de fomentar novas pesquisas que investiguem, de forma mais abrangente, os fatores que interferem na qualidade microbiológica do ar em salas cirúrgicas.

BIBLIOGRAFIA

Annaqeeb MK, Zhang Y, Dziedzic JW, Xue K, Pedersen C, Stenstad LI, Novakovic V, Cao G. Influence of surgical team activity on airborne bacterial distribution in the operating room with a mixing ventilation system: a case study at St. Olavs Hospital. *J Hosp Infect.* 2021 Oct;116:91-98. doi: 10.1016/j.jhin.2021.08.009. Epub 2021 Aug 14. PMID: 34403767.

Ciofi-Silva CL. *Recuperação de norovirus no piso e no ar após diferentes protocolos de descontaminação* [Internet]. Universidade de São Paulo - Escola de Enfermagem; 2017. Disponível em: http://dx.doi.org/10.11606/T.7.2018.tde-18092018-113258

Conselho Regional de Enfermagem de São Paulo (COREN-SP). *Limpeza hospitalar.* São Paulo, 2009. Disponível em: https://portal.coren-sp.gov.br/sites/default/files/Limpeza%20hospitalar.pdf.

Dai C, Zhang Y, Ma X, Yin M, Zheng H, Gu X, Xie S, Jia H, Zhang L, Zhang W. Real-time measurements of airborne biologic particles using fluorescent particle counter to evaluate microbial contamination: results of a comparative study in an operating theater. *Am J Infect Control.* 2015 Jan;43(1):78-81. doi:10.1016/j.ajic.2014.10.004. PMID: 25564128.

Dallolio L, Raggi A, Sanna T, Mazzetti M, Orsi A, Zanni A, et al. Surveillance of environmental and procedural measures of infection control in the operating theatre setting. *Int J Environ Res Public Health* [Internet]. 2017;15(1):46. Disponível em: http://dx.doi.org/10.3390/ijerph15010046

Fernández-Rodríguez D, Tarabichi S, Golankiewicz K, Zappley N, Parvizi J. Operating Room Air May Harbor Pathogens: The Role of an Ultraviolet Air Filtration Unit. *J Arthroplasty.* 2024 Nov;39(11):2857-2862. doi: 10.1016/j.arth.2024.05.072. Epub 2024 May 31. PMID: 38823518.

Friedericy HJ, Friedericy AF, de Weger A, van Dorp ELA, Traversari RA, van der Eijk AC, et al. The effect of Unidirectional Airflow ventilation on Surgical Site Infection in Cardiac Surgery: environmental impact as a factor in the choice for Turbulent Mixed Airflow. *J Hosp Infect* [Internet]. 2024. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.jhin.2024.03.008

Fu Shaw L, Chen IH, Chen CS, Wu HH, Lai LS, Chen YY, Wang F. Factors influencing microbial colonies in the air of operating rooms. *BMC Infect Dis.* 2018 Jan 2;18(1):4. doi: 10.1186/s12879-017-2928-1. PMID: 29291707; PMCID: PMC5749012.

Harnoss JC, Assadian O, Diener MK, Müller T, Baguhl R, Dettenkofer M, Scheerer L, Kohlmann T, Heidecke CD, Gessner S, Büchler MW, Kramer A. Microbial Load in Septic and Aseptic Procedure Rooms. *Dtsch Arztebl Int.* 2017 Jul 10;114(27-28):465-475. doi: 10.3238/arztebl.2017.0465. PMID: 28764834; PMCID: PMC5545629.

Hassan A, Zeeshan M. Microbiological indoor air quality of hospital buildings with different ventilation systems, cleaning frequencies and occupancy levels. *Atmospheric Pollution Research.* 2022. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.apr.2022.101382

Hospital de Clínicas UNICAMP. *Guideline.* 2023 – [Internet]. Unicamp.br. Disponível em: https://hc.unicamp.br/imprensa/guideline/

Huang S, Wei Y, Yang W, Zhao Y, Wang Q, Das R, Zhu C, Jiang X, Liang Z. Pollution profiles, pathogenicity, and toxicity of bioaerosols in the atmospheric environment of urban general hospital in China. Environ Pollut. 2025 Mar 1;368:125739. doi: 10.1016/j.envpol.2025.125739. Epub 2025 Jan 23. PMID: 39862911.

Kanamori H, Rutala WA, Gergen MF, Weber DJ. Perioperative Bacterial Contamination from Patients on Contact Precaution in Operating Room Environment. *Open Forum Infect Dis.* 2020;7(11):ofaa508.

Ochoa SA et al. Control of Methicillin-Resistant Staphylococcus aureus Strains Associated With a Hospital Outbreak Involving Contamination From Anesthesia Equipment Using UV-C. *Front Microbiol.* 2020;11:600093.

Ranade, Akshay & Provan, Gregory & Mady, Alie & O' Sullivan, Dominic. (2019). A computationally efficient method for fault diagnosis of fan-coil unit terminals in building Heating Ventilation and Air Conditioning systems. Journal of Building Engineering. Disponpivel em: https://doi.org/10.1016/j.jobe.2019.100955

Romano F, Milani S, Gustén J, Joppolo CM. Surgical smoke and airborne microbial contamination in operating theatres: Influence of ventilation and surgical phases. *Int J Environ Res Public Health* [Internet]. 2020;17(15):5395. Disponível em: http://dx.doi.org/10.3390/ijerph17155395

Sadrizadeh S, Aganovic A, Bogdan A, Wang C, Afshari A, Hartmann A, et al. A systematic review of operating room ventilation. *Journal of Building Engineering.* 2021;40:102693. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.102693.

Sham, N. M., Ahmad, N. I., Pahrol, M. A., & Leong, Y.-H. (2021). Fungus and mycotoxins studies in hospital environment: A scoping review. *Building and Environment*, *193*, 107626. Disponível em: https://doi.org/10.1016/J.BUILDENV.2021.107626

Whyte W, Lytsy B. Ultraclean air systems and the claim that laminar airflow systems fail to prevent deep infections after total joint arthroplasty. *J Hosp Infect.* 2019 Sep;103(1):e9-e15. doi: 10.1016/j.jhin.2019.04.021. Epub 2019 May 3. PMID: 31059724.

Xie A, Sax H, Daodu O, et al. Environmental cleaning and disinfection in the operating room: a systematic scoping review through a human factors and systems engineering lens. *Infect Control Hosp Epidemiol* [Internet]. 2024;1-10. Disponível em: https://doi.org/10.1017/ice.2023.280