



RESISTÊNCIA BACTERIANA EM AMBIENTES NOSOCOMIAIS: FATORES, MECANISMOS E ESTRATÉGIAS DE PROFILAXIA

LAYANE RAIELLY CORDEIRO RODRIGUES; EVELYN OLIVEIRA DOS SANTOS

RESUMO

A resistência antimicrobiana (RAM) em ambientes de saúde representa uma grave crise de saúde pública, com projeções de 10 milhões de mortes anuais até 2050 e perdas econômicas superiores a US\$ 100 bilhões. Esta problemática global ameaça diretamente a eficácia de tratamentos, elevando a morbidade e mortalidade em diversos cenários clínicos. Este estudo revisou criticamente os mecanismos de resistência bacteriana, os fatores ambientais e operacionais que perpetuam a disseminação de patógenos multirresistentes (MDR) em ambientes de saúde, e as estratégias emergentes para seu controle. Trata-se de uma revisão narrativa da literatura, baseada em artigos científicos publicados entre 2016 e 2025, obtidos em bases como PubMed, Scopus, LILACS e Web of Science, além de normativas, relatórios e diretrizes como OMS e ANVISA. Os resultados evidenciaram que a produção de β -lactamases, bombas de efluxo e modificação de sítios-alvo são alguns dos principais mecanismos responsáveis pela resistência bacteriana. Estes são significativamente agravados por fatores como falhas na higienização das mãos, superfícies e instrumentos de saúde, superlotação de pacientes e o uso inadequado de antimicrobianos, que contribuem para a seleção e disseminação de cepas resistentes. Ambientes de alto risco, como UTIs, concentram patógenos como *Klebsiella pneumoniae* (KPC) e *Staphylococcus aureus* (MRSA), bactérias associadas a infecções graves. Como medidas de controle, destacam-se programas de gerenciamento do uso de antimicrobianos, vigilância epidemiológica (ex.: sistema GLASS), o cumprimento rigoroso de protocolos de desinfecção e terapias alternativas como a fágica. Conclui-se que o combate contra a RAM exige ações integradas, desde o cumprimento correto e eficaz de procedimentos operacionais padronizados, da educação profissional, até investimentos em tecnologias, para mitigar seu impacto nos sistemas de saúde.

Palavras-chave: bactérias multirresistentes; infecções em saúde; controle de infecções.

1. INTRODUÇÃO

A Resistência Antimicrobiana (RAM) representa uma grave ameaça global de saúde pública e social, onde microrganismos deixam de responder a medicamentos como antibióticos, antivirais, antifúngicos e antiparasitários. Os antimicrobianos, essenciais para prevenir e tratar infecções, ao falharem elevam os riscos de complicações, transmissão e mortalidade (ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE [OMS], 2023). Estimada em 700.000 mortes anuais, projeta-se que a RAM causará 10 milhões de óbitos por ano até 2050, superando doenças cardíacas e câncer, com perdas econômicas acima de US\$ 100 bilhões (O'NEILL, 2016).

Segundo Ferdinand et al. (2024), a resistência bacteriana é considerada uma das principais ameaças à saúde pública no século XXI. Bactérias são microrganismos unicelulares procariotos. Esses microrganismos, em ambientes de saúde, encontram condições propícias para sua persistência e desenvolvimento de multirresistência a antimicrobianos (MDR). De acordo com Devi et al. (2024), a resistência bacteriana pode surgir por mecanismos intrínsecos ou adquiridos, como inativação enzimática, alterações no alvo, redução de permeabilidade e

efluxo ativo.

Falhas nos processos de higienização, desinfecção e esterilização de superfícies, instrumentos e equipamentos contribuem para a manutenção desses microrganismos multirresistentes (AMINI TAPOUK et al., 2020). Já a transferência horizontal de genes de resistência entre diferentes espécies bacterianas amplia ainda mais a prevalência e complexidade desses patógenos em ambientes nosocomiais (EVANS et al., 2020).

Diante desse cenário, torna-se imprescindível compreender os mecanismos que fundamentam a resistência bacteriana, bem como os fatores ambientais e operacionais que favorecem sua perpetuação em ambientes de saúde. Além disso, é fundamental analisar e discutir estratégias de controle e prevenção para mitigar os impactos das infecções por microrganismos multirresistentes como bactérias, contribuindo para a melhoria da segurança dos pacientes profissionais nos sistemas de saúde em relação a infecções nosocomiais.

Assim, esta revisão crítica tem como objetivos discorrer sobre os principais mecanismos de resistência bacteriana em ambientes nosocomiais, evidenciar os fatores ambientais e operacionais que contribuem para a sua perpetuação em locais como unidades de terapia intensiva (UTIs), enfermarias e centros cirúrgicos, além de discutir estratégias emergentes para o controle da resistência, incluindo programas de gerenciamento do uso de antimicrobianos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Esta pesquisa caracteriza-se como uma revisão narrativa da literatura, com o objetivo de compilar, analisar e integrar informações sobre os principais mecanismos de resistência bacteriana em ambientes nosocomiais, fatores ambientais e operacionais que perpetuam a prevalência desses microrganismos e as medidas profiláticas para sua contenção. O estudo foi realizado em Cuiabá, Mato Grosso, Brasil, entre junho e julho de 2025.

A busca bibliográfica contemplou as bases de dados LILACS, PubMed, Web of Science, SciELO e Scopus, além de normativas, relatórios técnicos e diretrizes emitidas por órgãos como a ANVISA e a Organização Mundial da Saúde (OMS). Foram incluídos artigos publicados entre 2016 e 2025, redigidos em português, inglês ou espanhol, que abordassem a resistência bacteriana em ambientes de saúde e estratégias de prevenção e controle.

Foram excluídos trabalhos acadêmicos como TCCs, dissertações e teses, artigos anteriores a 2016 e publicações sem acesso ao texto completo. A estratégia de busca combinou descritores e palavras-chave como “antimicrobial resistance”, “multidrug-resistant bacteria”, “nosocomial infections”, “nosocomial pathogen” e “infection control” etc., além de seus correspondentes em português e espanhol, utilizando operadores booleanos (AND, OR) para ampliar e refinar os resultados conforme a base consultada.

Após a análise de títulos e resumos, aplicaram-se os critérios de elegibilidade e realizou-se a leitura completa dos textos selecionados. Foram incluídos na amostra final 22 documentos considerados pertinentes aos objetivos do estudo. Os dados extraídos foram organizados para subsidiar a discussão sobre os mecanismos de resistência bacteriana a antimicrobianos, os fatores que favorecem a disseminação de cepas multirresistentes em ambientes de saúde e as medidas profiláticas recomendadas na literatura científica, diretrizes e normativas.

3. RESULTADOS

Em ambientes de saúde, especialmente nos hospitais (denominados ambientes nosocomiais, do grego *nosokomeion*, ‘local de tratamento de doentes’), microrganismos encontram condições ideais para desenvolver e disseminar resistência, devido ao uso intenso de antimicrobianos e à vulnerabilidade dos pacientes (DYAR et al., 2017). Isso favorece a emergência de cepas multirresistentes, agravada por falhas na adesão a medidas de controle de infecção e pelo uso frequente de dispositivos invasivos. Como consequência, surgem infecções de difícil contenção, aumentando o risco de transmissão cruzada entre pacientes.

As bactérias possuem diversos mecanismos para o desenvolvimento de multirresistência. A transferência horizontal de genes (como exemplo conjugação, transformação, transdução) é a forma como as bactérias adquirem os genes que codificam para os mecanismos. Os mecanismos de resistência (como as enzimas que inativam antimicrobianos etc.) são a estratégia bioquímica ou fisiológica que a bactéria usa para combater o antimicrobiano, uma vez que ela já possui o gene para isso (EVANS et al., 2020; DEVI et al., 2024).

Entre os principais mecanismos, destaca-se a produção de enzimas inativadoras de antimicrobianos, como as β -lactamases e carbapenemases, que hidrolisam antibióticos β -lactâmicos, comprometendo tratamentos de última linha (LOGAN; WEINSTEIN, 2017). Há também a modificação do sítio-alvo, quando bactérias alteram estruturas onde os antimicrobianos atuam (BAKHTIYARI et al., 2024). Esses mecanismos reduzem significativamente a eficácia terapêutica.

Outro mecanismo importante são as bombas de efluxo, que expulsam antimicrobianos do interior da célula, reduzindo a concentração intracelular e conferindo resistência, como ocorre por exemplo em *Pseudomonas aeruginosa* (LORUSSO et al., 2022). Além disso, ocorre a redução da permeabilidade da membrana externa por alteração ou perda de porinas, dificultando a entrada de fármacos, como relatado em cepas de *Klebsiella pneumoniae* resistentes a carbapenêmicos (HUSSEIN et al., 2024).

Entre os patógenos mais preocupantes, alguns exemplos de bactérias de alta relevância clínica são *S. aureus* resistente à meticilina (MRSA), *K. pneumoniae* produtora de carbapenemase (KPC), *A. baumannii* e *P. aeruginosa* multirresistentes (LOGAN; WEINSTEIN, 2017; AMINI TAPOUK et al., 2020). Esses microrganismos estão associados a infecções graves, como pneumonia associada à ventilação mecânica e bacteremias, aumentando mortalidade e custos hospitalares.

Segundo a OMS (2022a), a resistência bacteriana em ambientes nosocomiais, como Unidades de Terapia Intensiva (UTIs), está diretamente associada a falhas nas práticas de prevenção e controle de infecções, principalmente nos fatores ambientais e operacionais. Isso inclui a higiene ambiental inadequada e a persistência de microrganismos multirresistentes em superfícies e equipamentos médicos. Além disso, a alta densidade de pacientes e a superlotação em UTIs e enfermarias são fatores ambientais cruciais que aumentam significativamente o risco de transmissão cruzada de patógenos.

Complementando os aspectos ambientais, a infraestrutura do local é igualmente crítica. A ventilação e o fluxo de ar deficientes em ambientes mal projetados ou sem manutenção adequada contribuem significativamente para a dispersão de agentes infecciosos e a contaminação cruzada. A ausência de filtros HEPA ou controle de pressão é um exemplo claro de deficiência ambiental que agrava essa problemática (CDC, 2019).

No aspecto operacional, o uso inadequado de antimicrobianos, como a prescrição excessiva e o emprego desnecessário, contribui para o surgimento de cepas resistentes. Esse fator é particularmente agravado em UTIs, onde pacientes frequentemente recebem múltiplos antibióticos (BARLAM et al., 2016). O aumento da resistência pode levar à maior utilização de medicamentos de último recurso, como os carbapenêmicos, cuja eficácia é comprometida, elevando os riscos de infecções intratáveis (OMS, 2023).

Outros fatores operacionais críticos incluem falhas na adesão às precauções de contato, como a higienização inadequada das mãos e o uso incorreto de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs). Tais falhas transformam profissionais de saúde em vetores involuntários de patógenos, situação especialmente crítica em centros cirúrgicos, com alto risco de contaminação cruzada. Ademais, a esterilização deficiente de materiais reutilizáveis contribui para prevalência de reservatórios de bactérias MDR, dificultando o controle de infecções (JOSEPHS-SPAULDING; SINGH, 2021).

Para combater a resistência bacteriana em ambientes nosocomiais, é essencial adotar práticas profiláticas embasadas em normas técnicas, legislações e diretrizes nacionais e internacionais, apoiadas por evidências científicas recentes (ANVISA, 2021; OMS, 2022b). Nesse contexto, os Programas de Gestão Antimicrobiana (PGA) emergem como estratégia excelente para garantir maior segurança aos pacientes. A classificação AWaRe, recomendada pela OMS (2022b), é relevante ao orientar a priorização de antibióticos de espectro restrito e o uso criterioso de drogas de última linha, representando um importante instrumento no controle da disseminação de microrganismos resistentes.

Os Programas de Stewardship Antimicrobiano (PSA) são ferramentas indispensáveis, reconhecidas pela Organização Mundial da Saúde (OMS, 2022b), para enfrentar a resistência em saúde. A OMS os orienta como intervenções custo-efetivas para otimizar o uso de antimicrobianos, melhorar resultados de pacientes e reduzir a resistência e infecções associadas à assistência à saúde. A vigilância da resistência e uso de antimicrobianos, via sistemas como o Global Antimicrobial Resistance and Use Surveillance System (GLASS), é prioridade para aprimorar essas iniciativas.

A limpeza e desinfecção de ambientes, equipamentos, dispositivos, e a esterilização de materiais em serviços de saúde no Brasil devem seguir Procedimentos Operacionais Padrão (POPs) alinhados às normativas da ANVISA, Ministério da Saúde e outras normas técnicas. Essas práticas são cruciais para eliminar microrganismos, prevenir biofilmes e garantir um ambiente seguro. A manutenção periódica dos sistemas de ar-condicionado e ventilação é igualmente vital para a qualidade do ar e controle de partículas, minimizando a dispersão de patógenos.

Segundo Maillard e Centeleghe (2023), a remoção eficaz de biofilmes em ambientes nosocomiais é de suma importância no combate a RAM e exige estratégias específicas: para biofilmes hidratados, deve-se reduzir a carga microbiana e monitorar o recrescimento com desinfetantes como hipoclorito de sódio; para biofilmes secos, é necessário combinar remoção mecânica e desinfecção, avaliando a transferência bacteriana. Em dispositivos médicos, recomenda-se limpeza manual, desinfecção de alto nível e secagem adequada.

É vital estabelecer controles da vigilância epidemiológica em ambientes nosocomiais. O Sistema GLASS da OMS (2022b) padroniza a coleta de dados, enquanto a ANVISA (2021) reforça a importância da vigilância da resistência e da notificação das Infecções Relacionadas à Assistência à Saúde (IRAS). Adicionalmente, é sugerido neste estudo que o monitoramento da microbiota ambiental, com a coleta periódica de amostras e o uso de marcadores para a produção de relatórios, constituem ferramentas importantes para identificar riscos e ajustar protocolos.

A gestão da capacidade da unidade de saúde e do fluxo de pacientes é fundamental para evitar a superlotação, que aumenta o risco de transmissão cruzada. Em hospitais, por exemplo, o planejamento de leitos, a agilização de altas e transferências, e a implementação de políticas de isolamento eficazes são cruciais para manter um ambiente seguro e controlado (OMS, 2022a).

Além das medidas de profilaxia em relação aos fatores ambientais e operacionais mencionados, novas estratégias terapêuticas avançam no enfrentamento da resistência bacteriana. Destacam-se antimicrobianos inovadores como o cefiderocol, uma sideróforo-cefalosporina eficaz contra Gram-negativos multirresistentes (CREARY; HEIL; TAMMA, 2021), e o antibiótico teixobactina, que atua na parede celular por meio da ligação a precursores essenciais da síntese de peptidoglicano (CARDENAS; MERCHANT; LOPEZ, 2019).

Adicionalmente, a fagoterapia surge como uma alternativa terapêutica contra a RAM, utilizando vírus bacteriófagos para eliminar bactérias patogênicas específicas, apresentando bons resultados contra cepas multirresistentes (PALMA; QI, 2024). Essas inovações complementam medidas tradicionais e reforçam a necessidade de investimento em pesquisa

translacional para conter a crise global da RAM.

Por fim, a educação continuada, capacitação profissional e o uso correto de EPIs são de extrema importância. A NR 32 (Brasil, 2005) destaca a necessidade de capacitar os profissionais sobre riscos biológicos e medidas de prevenção, incluindo o uso adequado de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs), que são cruciais para proteger a equipe e evitar a contaminação cruzada. A combinação dessas estratégias é fundamental para reduzir a disseminação de bactérias resistentes e garantir a segurança dos pacientes e profissionais de saúde.

4. CONCLUSÃO

A resistência antimicrobiana (RAM) em ambientes nosocomiais exige uma abordagem multifatorial, combinando vigilância rigorosa, otimização do uso de antimicrobianos e inovações terapêuticas. A presente revisão, ao consolidar evidências, mostra a urgência de integrar protocolos baseados em evidências, da higienização adequada e programas de gerenciamento do uso de antimicrobianos ao investimento em novas tecnologias, para conter a disseminação de bactérias multirresistentes. O enfrentamento dessa problemática complexa depende não apenas de soluções técnicas, mas de um compromisso coletivo entre profissionais, gestores e políticas públicas, visando a eficácia terapêutica, a segurança dos pacientes e profissionais de saúde. Ações coordenadas e contínuas são cruciais para mitigar esse panorama e preservar a eficácia dos tratamentos antimicrobianos no futuro.

REFERÊNCIAS

AMINI TAPOUK, F. et al. Comparative efficacy of hospital disinfectants against nosocomial infection pathogens. *Antimicrobial Resistance & Infection Control*, v.9, art. 115, 2020. DOI: 10.1186/s13756-020-00781-y.

ANVISA. **Segurança do paciente e qualidade em serviços de saúde: Prevenção de infecções por microrganismos multirresistentes em serviços de saúde**. Brasília, DF: Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/centraisdeconteudo/publicacoes/servicosdesaude/publicacoes/manual-prevencao-de-multirresistentes7.pdf>. Acesso em: 08 jul. 2025.

BAKHTIYARI, N. et al. Strategies to overcome antimicrobial resistance in nosocomial infections: a review and update. *Infectious Disorders - Drug Targets*, v. 24, n. 6, p. 49–62, set. 2024. DOI: <https://doi.org/10.2174/0118715265276529231214105423>.

BARLAM, T. F. et al. Implementing an Antibiotic Stewardship Program: Guidelines by the Infectious Diseases Society of America and the Society for Healthcare Epidemiology of America. *Clinical Infectious Diseases*, v. 62, n. 10, p. e51–e77, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1093/cid/ciw118>.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Regulamentadora 32 (NR 32): segurança e saúde no trabalho em serviços de saúde**. Brasília, DF: Ministério do Trabalho e Emprego, 2005. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/servicos/seguranca-e-saude-no-trabalho/normas-regulamentadoras/nr-32-atualizada-2023.pdf>. Acesso em: 08 jul. 2025.

CARDENAS, L. L.; MERCHAN, M. A.; LOPEZ, D. P. New antibiotics against bacterial

resistance. *Infectio, Bogotá*, v. 23, n. 4, p. 382-387, out./dez. 2019. DOI: 10.22354/in.v23i4.807.

CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION (CDC). **Guidelines for environmental infection control in health-care facilities**. Atlanta: Centers for Disease Control and Prevention, Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee (HICPAC), 2003. Atualizado em 2019. Disponível em: <https://www.cdc.gov/infection-control/media/pdfs/guideline-environmental-h.pdf>. Acesso em: 30 jun. 2025.

CREARY, E. K.; HEIL, E. L.; TAMMA, P. D. New Perspectives on Antimicrobial Agents: Cefiderocol. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, Washington, v. 65, n. 8, jul. 2021. DOI: 10.1128/aac.02171-20.

DEVI, N. S. et al. Overview of antimicrobial resistance and mechanisms: the relative status of the past and current. *Microbe*, [s.l.], v. 3, art. 100083, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.microb.2024.100083>.

DYAR, O. J. et al. What is antimicrobial stewardship? *Clinical Microbiology and Infection*, v. 23, n. 11, p. 793–798, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cmi.2017.08.026>.

EVANS, D. R. et al. Systematic detection of horizontal gene transfer across genera among multidrug-resistant bacteria in a single hospital. *eLife*, v.9, e53886, 2020. DOI: 10.7554/eLife.53886.

FERDINAND, A. S. et al. Development of a cross-sectoral antimicrobial resistance capability assessment framework. *BMJ Global Health*, [s.l.], v. 9, n. 1, e013280, 16 jan. 2024. DOI: <https://doi.org/10.1136/bmjgh-2023-013280>.

HUSSEIN, R. A.; AL-KUBAISY, S. H.; AL-OUQAILI, M. T. S. The influence of efflux pump, outer membrane permeability and β -lactamase production on the resistance profile of multi, extensively and pandrug resistant *Klebsiella pneumoniae*. *Journal of Infection and Public Health*, v. 17, n. 11, art. 102544, nov. 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jiph.2024.102544>.

JOSEPHS-SPAULDING, J.; SINGH, O. V. Medical device sterilization and reprocessing in the era of multidrug-resistant (MDR) bacteria: issues and regulatory concepts. *Frontiers in Medical Technology*, v. 2, art. 587352, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmedt.2020.587352>.

LOGAN, L. K.; WEINSTEIN, R. A. The epidemiology of carbapenem-resistant Enterobacteriaceae: the impact and evolution of a global menace. *Journal of Infectious Diseases*, v. 215, suppl. 1, p. S28-S36, mar. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1093/infdis/jiw282>.

LORUSSO, A. B. et al. Role of efflux pumps on antimicrobial resistance in *Pseudomonas aeruginosa*. *International Journal of Molecular Sciences*, v. 23, n. 24, art. 15779, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms232415779>.

MAILLARD, J.; CENTELEGHE, I. How biofilm changes our understanding of cleaning and disinfection. *Antimicrobial Resistance and Infection Control*, v. 12, art. 95, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13756-023-01290-4>.

O'NEILL, J. **Tackling drug-resistant infections globally: final report and recommendations**. London: Wellcome Trust; HM Government, 2016. 84 p. Disponível em: https://amr-review.org/sites/default/files/160518_Final%20paper_with%20cover.pdf. Acesso em: 30 jun. 2025.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). **Global report on infection prevention and control**. Geneva: World Health Organization, 2022a. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240051164>. Acesso em: 30 jun. 2025.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). **Global antimicrobial resistance and use surveillance system (GLASS) report**. Geneva: World Health Organization, 2022b. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240062702>. Acesso em: 06 jul. 2025.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). **Resistência antimicrobiana**. 21 nov. 2023. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/antimicrobial-resistance>. Acesso em: 06 jul. 2025.

PALMA, M.; QI, B. Advancing Phage Therapy: A Comprehensive Review of the Safety, Efficacy, and Future Prospects for the Targeted Treatment of Bacterial Infections. *Infectious Disease Reports*, v. 16, n. 6, p. 1127-1181, nov. 2024. DOI: 10.3390/idr16060092.