

TRAUMA, CIRURGIA E MEDICINA INTENSIVA

EDIÇÃO X

Capítulo 6

INFECÇÕES HOSPITALARES POR BACTÉRIAS MULTIRRESISTENTES: ESTRATÉGIAS DE PREVENÇÃO E NOVOS ANTIBIÓTICOS

PEDRO GUILHERME NASCIMENTO TETERICZ PRO-
PODOLSKI¹
CLARA CASTIEL DE FREITAS¹
EDUARDA DE SOUZA PITAMIGLIO¹
SARAH TABAJARA FAGGION¹
MATHEUS FAGUNDES FISCHER¹

MATHEUS VINÍCIUS HENRIQUE¹
LUANA POHLMANN KEHRWALD¹
NATÁLIA DE WALLAU¹
ANA LUIZA RECKZIEGEL RODRIGUES¹
VICTÓRIA CONSTANCE DA FONSECA SCHEFFEL¹
KERELIN NEVES DOS REZES¹

¹Discente - Medicina da Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS).

Palavras-chave: Infecções Hospitalares; Bactérias Multirresistente; Antibióticos.

DOI

10.59290/7512028211

P EDITORA
PASTEUR

INTRODUÇÃO

As infecções hospitalares causadas por bactérias multirresistentes representam um dos maiores desafios para a saúde contemporânea, sobretudo em Unidades de Terapia Intensiva (UTIs), onde pacientes críticos apresentam maior vulnerabilidade devido ao uso frequente de dispositivos invasivos e antimicrobianos de amplo espectro.

No Brasil, pesquisas revelam índices alarmantes: em um hospital público de ensino no Piauí, a prevalência de infecção hospitalar em UTIs atingiu 60,8%, valor expressivamente superior à média nacional de 15,5% (MOURA *et al.*, 2007). Já em Ribeirão Preto, identificou-se a ocorrência de 12,98% de bactérias multirresistentes, destacando-se *Staphylococcus aureus* e *Staphylococcus sp.* coagulase-negativo, agentes associados a altas taxas de morbimortalidade (ANDRADE *et al.*, 2006).

No cenário global, a resistência antimicrobiana (RAM) é considerada pela Organização Mundial da Saúde uma das dez maiores ameaças à saúde pública. Investigações científicas detalham a questão crescente da resistência a medicamentos especialmente nas bactérias do gênero *Klebsiella* (LI *et al.*, 2025). Estimativas recentes apontam que apenas em 2021 ocorreram 4,71 milhões de mortes associadas à RAM e 1,14 milhão diretamente atribuídas a ela.

Destaca-se ainda o aumento do número de infecções da corrente sanguínea (bacteremias) causadas por bactérias resistentes a múltiplos antibióticos (MDROs), tanto gram-positivas quanto gram-negativas. Essa intensificação é vista como um problema sério nos ambientes clínicos, exigindo medidas significativas para impedir que a situação se agrave e que essas bactérias se difundam. Além disso, verificam-se mudanças não apenas na quantidade dessas

bactérias, mas também na sua capacidade de resistir aos tratamentos. Caso medidas eficazes não sejam implementadas, até 2050 a mortalidade pode alcançar 8,22 milhões de óbitos anuais, com impactos mais severos na Ásia Meridional e na América Latina (NAGHAVI *et al.*, 2024).

Diante dessa realidade, as estratégias de prevenção assumem papel central. Essas mudanças afetam especialmente a população idosa e representam desafios consideráveis para os hospitais e instituições de saúde, tanto públicas quanto privadas, que precisam lidar com essas infecções (BANAWAS *et al.*, 2023). Medidas como o fortalecimento dos programas de controle de infecção hospitalar, a implementação rigorosa da higiene das mãos, o uso racional de antimicrobianos e o monitoramento contínuo da resistência bacteriana são fundamentais para conter a disseminação desses microrganismos (ALTHAQAFI *et al.*, 2023).

Paralelamente, o desenvolvimento de novos antibióticos e terapias inovadoras busca oferecer alternativas diante do esgotamento da eficácia das drogas atualmente disponíveis (NAGHAVI *et al.*, 2024). Nesse contexto, a inteligência artificial (IA) e o aprendizado de máquina (AM) despontam como ferramentas promissoras, capazes de analisar grandes volumes de dados biomédicos, prever padrões de resistência e acelerar a descoberta de novos compostos antimicrobianos (LI *et al.*, 2024). Assim, a integração entre estratégias preventivas e inovação científica torna-se essencial para enfrentar o avanço das bactérias multirresistentes em ambientes hospitalares. Além disso, sua rápida identificação permite que os médicos escolham regimes antibióticos mais adequados enquanto aguardam os resultados microbiológicos (CAPSONI *et al.*, 2024).

Diante desse panorama, o presente estudo tem como objetivo analisar as infecções hospitalares por bactérias multirresistentes, discutindo as principais estratégias de prevenção e as perspectivas no desenvolvimento de novos antibióticos, a partir de evidências nacionais e internacionais.

MÉTODO

Trata-se de uma revisão bibliográfica, com intuito de pesquisar os fatores no que concerne sobre infecções hospitalares por bactérias multirresistentes na prática clínica, sob o ponto de vista teórico, através de materiais que foram publicados sobre o tema, mediante análise e interpretação da literatura, de forma ampla com foco na descrição e discussão do tema proposto. A pesquisa foi realizada em setembro de 2025, por meio de pesquisas nas bases de dados: *Scientific Electronic Library Online* (SciELO) e Biblioteca Virtual em Saúde (BVS). Foram utilizados os descritores: Infecção hospitalar, bactérias e antibacterianos. Desta busca foram encontrados 156 artigos, posteriormente submetidos aos critérios de seleção.

Os critérios de inclusão foram: artigos nos idiomas inglês, português e espanhol; publicados no período de 2020 a 2025, e que abordavam as temáticas propostas para esta pesquisa, estudos do tipo revisão, revisão sistemática, ensaios clínicos e meta-análises disponibilizados na íntegra. Os critérios de exclusão foram: trabalhos repetidos, disponibilizados na forma de resumo, estudos que não possuíam como enfoque o tema do trabalho, e também os estudos que não atendiam aos demais critérios de inclusão.

Após os critérios de seleção, restaram 09 artigos os quais foram submetidos à leitura minuciosa para coleta de dados. Além disso, também foi utilizado livros, revistas e sites para detalhar as informações acerca desse assunto.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A resistência bacteriana aos antimicrobianos (AMR) configura-se como um dos maiores desafios da saúde global contemporânea, com impacto direto na morbimortalidade humana. Estimativas globais recentes apontam que, em 2019, a AMR foi responsável por aproximadamente 1,27 milhão de óbitos, superando importantes crises sanitárias como HIV/AIDS e malária. Projeções indicam ainda que, na ausência de estratégias globais efetivas de enfrentamento, a resistência antimicrobiana poderá tornar-se uma das principais causas de morte até 2050, ultrapassando inclusive o câncer (NAGHAVI *et al.*, 2024). Nesse contexto, a disseminação de bactérias multirresistentes (MDR) em ambientes hospitalares representa não apenas um desafio clínico, mas também epidemiológico e organizacional, demandando respostas integradas, coordenadas e imediatas.

Nas unidades de terapia intensiva, especialmente nas neonatais, o impacto da resistência antimicrobiana é ainda mais perceptível. A ocorrência de infecções por *Klebsiella pneumoniae*, *Pseudomonas aeruginosa* e *Acinetobacter* spp. com perfis de resistência ampliada (XDR) ou até pan-resistência (PDR) evidencia a gravidade do cenário e o risco de falha terapêutica, principalmente em pacientes com peso muito baixo ao nascer e submetidos a várias intervenções invasivas (LIMA *et al.*, 2023). A identificação de surtos clonais de *A. baumannii* em UTINs brasileiras, confirmados por análise molecular, mostra como a transmissão cruzada pode sustentar ciclos de infecção dentro do ambiente hospitalar, tornando ainda mais complexa a contenção desses patógenos (FREITAS *et al.*, 2024).

A magnitude do problema não se restringe ao Brasil. Dados multicêntricos peruanos de-

monstram prevalência significativa de resistência entre bacilos Gram-negativos em infecções da corrente sanguínea: mais de 59% resistentes a cefalosporinas de terceira geração, 16,5% resistentes a carbapenêmicos e até 60,8% de resistência entre isolados de *Acinetobacter* spp. A mortalidade hospitalar associada a esses perfis alcançou um terço dos casos, ressaltando o impacto clínico direto da resistência antimicrobiana sobre os desfechos dos pacientes (KRAPP *et al.*, 2023). Nesse mesmo estudo, verificou-se que mais de um terço dos tratamentos empíricos administrados foram inativos, principalmente em infecções por *Acinetobacter* spp. e *P. aeruginosa*. Mesmo nas infecções comunitárias, observou-se elevada taxa de resistência, como no caso de *E. coli*, com mais de 60% de resistência às cefalosporinas de terceira geração. Esses achados posicionam o Peru entre os percentis mais elevados de resistência reportados pelo GLASS para países de baixa e média renda, reforçando a magnitude do desafio latino-americano. De forma semelhante, em hospital de referência da Amazônia, observou-se elevada frequência de *Staphylococcus aureus* resistente à meticilina (MRSA) e *Enterobacteriaceae* produtoras de ESBL, demonstrando que tanto microrganismos Gram-positivos quanto Gram-negativos mantêm papel central de infecções resistentes em nosso contexto (FERREIRA *et al.*, 2023).

Diante dessa realidade, duas linhas de enfrentamento surgem como complementares. A primeira diz respeito às estratégias preventivas, que incluem higiene rigorosa das mãos, uso racional de dispositivos invasivos, vigilância microbiológica ativa e programas de *stewardship* antimicrobiano. O sucesso dessas intervenções é corroborado pela literatura. Em unidades de terapia intensiva adultas, a implementação de um conjunto de medidas baseadas em evidên-

cias demonstrou efetividade na redução da incidência de bactérias Gram-negativas multirresistentes. Tais resultados reforçam a relevância de estratégias proativas e multifacetadas no controle e na contenção da disseminação desses patógenos. A recorrência de microclones em intervalos curtos demonstra que falhas em medidas básicas de biossegurança podem sustentar ciclos endêmicos de reinfeção (FREITAS *et al.*, 2024; ALTHAQAFI *et al.*, 2023). A segunda linha envolve a inovação terapêutica. Embora novas moléculas e antibióticos de reserva estejam sendo introduzidos, sua eficácia já se encontra ameaçada por altas taxas de resistência mesmo entre fármacos de última escolha, como colistina e tigeciclina (KRAPP *et al.*, 2023).

Nesse contexto, destaca-se o papel crescente da Inteligência Artificial (IA) e do Aprendizado de Máquina (ML) como ferramentas capazes de transformar o enfrentamento da resistência antimicrobiana. Modelos como Máquinas de Vetores de Suporte, Florestas Aleatórias, redes neurais profundas e XGBoost têm alcançado acurácia superior a 90% na previsão de resistência com base em dados genômicos, permitindo diagnósticos em poucas horas e maior precisão na escolha empírica dos antimicrobianos. Além do impacto diagnóstico, a IA tem impulsionado a descoberta de novas moléculas, com triagens virtuais de milhões de compostos e design de peptídeos antimicrobianos eficazes contra patógenos multirresistentes. Apesar de desafios como a escassez e a qualidade dos dados, a interpretabilidade dos modelos e a variabilidade interespecífica, avanços recentes como o uso de redes generativas (GANs) e autocodificadores variacionais (VAEs) apontam para um futuro em que a IA poderá se consolidar como a principal ferramenta no combate à RAM (LI *et al.*, 2024). Outro avanço relevante é a fotofarmacologia, com os chamados fotoantibióticos, cuja atividade pode ser modulada de for-

ma reversível pela luz. Essa característica permite maior precisão espaço-temporal, redução de efeitos adversos sistêmicos e possibilidade de aplicação em contextos específicos, como em sítios cirúrgicos ou dispositivos implantáveis. Ainda que desafios persistam, sobretudo na equiparação da potência antimicrobiana com antibióticos convencionais, os progressos dos últimos dez anos demonstram que essa linha de pesquisa é promissora (BHUNIA *et al.*, 2025). Assim, avanços científicos, como a fotofarmacologia e o uso de inteligência artificial na descoberta de novas drogas, apontados na literatura recente, precisam ser considerados como parte de uma estratégia integrada e de longo prazo (LIMA *et al.*, 2023; FERREIRA *et al.*, 2023).

Diante das evidências, observa-se que o enfrentamento da resistência antimicrobiana exige uma abordagem multifacetada. A prevenção, embora essencial, é insuficiente se não acompanhada por inovações diagnósticas e terapêuticas. Da mesma forma, novos antibióticos e tecnologias emergentes não terão impacto duradouro se medidas básicas de biossegurança forem negligenciadas. Assim, a integração entre vigilância epidemiológica, políticas públicas, *stewardship* antimicrobiano e inovação científica constitui o único caminho viável para conter o avanço da resistência e mitigar seus efeitos clínicos e sociais.

CONCLUSÃO

As evidências reunidas neste capítulo permitem constatar que as infecções hospitalares causadas por bactérias multirresistentes representam uma das principais ameaças à saúde pública contemporânea, configurando-se como problema de ordem global, com impacto direto sobre a morbimortalidade e sobre os sistemas de saúde (NAGHAVI *et al.*, 2024). O aumento da prevalência desses microrganismos, notadamente em unidades de terapia intensiva e em

pacientes vulneráveis, como recém-nascidos e idosos, reforça a gravidade do cenário e a necessidade de respostas rápidas, eficazes e sustentáveis (LIMA *et al.*, 2023; FREITAS *et al.*, 2024).

Constata-se que microrganismos como *Klebsiella pneumoniae*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Acinetobacter* spp. e *Staphylococcus aureus* resistentes a múltiplas classes de antibióticos estão diretamente associados a falhas terapêuticas e à elevação das taxas de mortalidade hospitalar (KRAPP *et al.*, 2023; FERREIRA *et al.*, 2023). Além disso, estudos multicêntricos apontam a inadequação frequente da antibioticoterapia empírica inicial, evidenciando a urgência em identificar precocemente os pacientes com risco aumentado para infecções por microrganismos multirresistentes e, assim, otimizar a escolha de esquemas antimicrobianos (CAPSONI *et al.*, 2024).

Diante desse panorama, duas frentes de enfrentamento se mostram imprescindíveis. A primeira consiste na adoção rigorosa de estratégias preventivas, tais como a higiene adequada das mãos, o uso racional de dispositivos invasivos, a vigilância microbiológica ativa, o monitoramento epidemiológico e os programas de *stewardship* antimicrobiano. Tais intervenções, quando aplicadas de maneira contínua e sistematizada, apresentam resultados consistentes na redução da incidência e disseminação de bactérias resistentes (ALTHAQAFI *et al.*, 2023; BANAWAS *et al.*, 2023).

A segunda frente é representada pela inovação científica. Observa-se que o arsenal terapêutico disponível encontra-se progressivamente limitado, visto que a resistência já alcança inclusive antibióticos de última escolha, como colistina e tigeciclina (KRAPP *et al.*, 2023). Nesse sentido, destacam-se os avanços no uso da inteligência artificial e do aprendizado de máquina, capazes de prever padrões de resis-

tência, auxiliar na tomada de decisão clínica e acelerar a descoberta de novas moléculas antimicrobianas (LI *et al.*, 2024). Paralelamente, a fotofarmacologia, com o desenvolvimento dos chamados fotoantibióticos, surge como alternativa promissora, ao permitir controle espaço-temporal da atividade antimicrobiana e reduzir potenciais efeitos adversos, ampliando as perspectivas terapêuticas futuras (BHUNIA *et al.*, 2025).

Portanto, conclui-se que o enfrentamento da resistência antimicrobiana não pode ser restrito a ações isoladas, mas deve ser entendido como

um esforço global, intersetorial e contínuo. É imprescindível que políticas públicas, protocolos hospitalares e investimentos em pesquisa caminhem de forma integrada, visando à redução da carga de infecções multirresistentes e à mitigação de seus impactos clínicos e sociais. Apenas por meio da articulação entre prevenção, vigilância e inovação científica será possível conter o avanço da resistência antimicrobiana, preservar a eficácia dos antimicrobianos existentes e garantir melhores desfechos para as gerações presentes e futuras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALTHAQAFI, A. *et al.* Evidence-Based Interventions to Reduce the Incidence of Common Multidrug-Resistant Gram-Negative Bacteria in an Adult Intensive Care Unit. *Cureus*, v. 15, n. 6, p. e39979, 2023. DOI: 10.7759/cureus.39979.
- ANDRADE, D.; LEOPOLDO, V.; HAAS, V. Ocorrência de Bactérias Multirresistentes em um Centro de Terapia Intensiva de Hospital Brasileiro de Emergências. *Revista Brasileira de Terapia Intensiva*, São Paulo, v. 18, n. 1, p. 27-33, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-507X2006000100006>.
- BANAWAS, S. *et al.* Prevalence of Multidrug-Resistant Bacteria in Healthcare-Associated Bloodstream Infections at Hospitals in Riyadh, Saudi Arabia. *Pathogens*, v. 12, n. 9, p. 1075, 2023. DOI: 10.3390/pathogens12091075.
- BHUNIA, S. *et al.* Progress of Photoantibiotics in Overcoming Antibiotic Resistance. *ChemMedChem*, v. 20, n. 4, p. e202400613, 2025. DOI: 10.1002/cmdc.202400613.
- CAPSONI, N. *et al.* Bloodstream Infections due to Multi-Drug Resistant Bacteria in the Emergency Department: Prevalence, Risk Factors and Outcomes-a Retrospective Observational Study. *Internal and Emergency Medicine*, v. 20, n. 2, p. 573-583, 2024. DOI: 10.1007/s11739-024-03692-7.
- FERREIRA, E. *et al.* Microbiological Profile of Bloodstream Infections and Antimicrobial Resistance Patterns at a Tertiary Referral Hospital in Amazon, Brazil. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*, v. 56, p. e0382, 2023. DOI: 10.1590/0037-8682-0382-2023.
- FREITAS, F. *et al.* Antimicrobial Resistance and Epidemic Clustering of Late-Onset Neonatal Infections in a Brazilian Intensive Care Unit. *Journal of Tropical Pediatrics*, v. 70, n. 1, p. fmad045, 2024. DOI: 10.1093/tropej/fmad045.
- KRAPP, F. *et al.* Prevalence of Antimicrobial Resistance in Gram-Negative Bacteria Bloodstream Infections in Peru and Associated Outcomes: VIRAPERU Study. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, v. 109, n. 5, p. 1095-1106, 2023. DOI: 10.4269/ajtmh.22-0556.
- LI, J. *et al.* Mechanisms of Antimicrobial Resistance in *Klebsiella*: Advances in Detection Methods and Clinical Implications. *Infectious Drug Resistance*, v. 18, p. 1339-1354, 2025. DOI: 10.2147/IDR.S509016.
- LIMA, C.; LIMA, H.; SILVA, C. Late-Onset Neonatal Infections and Bacterial Multidrug Resistance. *Revista Paulista de Pediatria*, v. 41, p. e2022068, 2023. DOI: 10.1590/1984-0462/2023/41/2022068.
- LI, Y. *et al.* Artificial Intelligence in Predicting Pathogenic Microorganisms' Antimicrobial Resistance: Challenges, Progress, and Prospects. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, v. 14, p. 1482186, 2024. DOI: 10.3389/fcimb.2024.1482186.
- MOURA, M. *et al.* Infecção Hospitalar: Estudo de Prevalência em um Hospital Público de Ensino. *Revista Brasileira de Enfermagem*, Brasília, v. 60, n. 4, p. 416-421, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0034-71672007000400011>.
- NAGHAVI, M. *et al.* Global Burden of Bacterial Antimicrobial Resistance 1990-2021: a Systematic Analysis with Forecasts to 2050. *Lancet*, v. 404, n. 10459, p. 1199-1226, 2024. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(24\)01867-1](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(24)01867-1).