

RESISTÊNCIA ANTIMICROBIANA NO AMBIENTE HOSPITALAR HUMANO E VETERINÁRIO

Andressa Martins da Nobrega¹, Rodrigo Garcia Motta², Marilda Onghero Taffarel³

¹Mestranda no Programa de Pós-graduação em Produção Sustentável e Saúde Animal da Universidade Estadual de Maringá (pg406172@uem.br), Umuarama-Brasil.

²Professor Doutor no curso de graduação em Medicina Veterinária e no curso de Pós-graduação em Produção Sustentável e Saúde Animal da Universidade Estadual de Maringá, Umuarama-Brasil.

³Professora Doutora no curso de graduação em Medicina Veterinária e no curso de Pós-graduação em Produção Sustentável e Saúde Animal da Universidade Estadual de Maringá, Umuarama-Brasil.

Recebido em: 15/08/2025 – Aprovado em: 15/09/2025 – Publicado em: 30/09/2025

DOI: 10.18677/EnciBio_2025C12

RESUMO

O uso de antimicrobianos é essencial no combate a infecções tanto na medicina humana, quando na veterinária, contudo, seu uso indiscriminado favorece a seleção de microrganismos multirresistentes. Os hospitais configuram um ambiente ainda mais propício à disseminação da resistência antimicrobiana, devido a fatores de risco como pacientes imunocomprometidos, procedimentos invasivos e exposição a antibióticos, tornando-se um reservatório ilimitado de genes de resistência. As espécies de bactérias multirresistentes mais frequentemente envolvidas em infecções no ambiente de saúde são: *Enterococcus faecium*, *Staphylococcus aureus*, *Klebsiella pneumoniae*, *Acinetobacter baumannii*, *Pseudomonas aeruginosa* e espécies de enterobactérias, as quais constituem a sigla ESKAPE. Esses patógenos apresentam perfis de resistência únicos, como a formação de biofilmes, produção de enzimas e toxinas e a capacidade de se adaptar rapidamente a diferentes ambientes e trocar genes de resistência. Para tornar mais lento o desenvolvimento de resistência antimicrobiana, algumas medidas podem ser tomadas, como fornecer informações adequadas aos pacientes sobre o processo de mutação microbiana e conscientizá-los quanto a correta utilização desses fármacos. Além disso, é importante que os profissionais de saúde tenham consciência dessa problemática e que dessa forma, sejam estabelecidas medidas de rotina nos centros de saúde, para que se tenha como hábito aprofundar a investigação do quadro clínico e da necessidade de utilização desses fármacos. Nesse contexto, o conceito de "One Health" se revela de extrema importância, pois aborda a interdependência entre a saúde humana, animal e ambiental, destacando que o controle da resistência antimicrobiana deve ser uma responsabilidade compartilhada entre as áreas.

PALAVRAS-CHAVE: Antimicrobianos. Microbiologia. Multirresistência.

ANTIMICROBIAL RESISTANCE IN THE HUMAN AND VETERINARY HOSPITAL ENVIRONMENT

ABSTRACT

The use of antimicrobials is essential in combating infections in both human and veterinary medicine. However, their indiscriminate use favors the selection of multidrug-resistant microorganisms. Hospitals provide an environment that is even more conducive to the spread of antimicrobial resistance due to risk factors such as immunocompromised patients, invasive procedures, and antibiotic exposure, making them an unlimited reservoir of resistance genes. The most frequently involved multidrug-resistant bacterial species in healthcare-associated infections are: *Enterococcus faecium*, *Staphylococcus aureus*, *Klebsiella pneumoniae*, *Acinetobacter baumannii*, *Pseudomonas aeruginosa*, and species of Enterobacteriaceae, which make up the acronym ESKAPE. These pathogens exhibit unique resistance profiles, such as biofilm formation, production of enzymes and toxins, the ability to rapidly adapt to different environments, and exchange resistance genes. To slow down the development of antimicrobial resistance, some measures can be taken, such as providing patients with adequate information about microbial mutation processes and raising awareness about the correct use of these drugs. Moreover, it is important that healthcare professionals are aware of this issue so that routine measures are established in health centers, fostering a habit of thoroughly investigating the clinical condition and the actual need for these drugs. In this context, the concept of "One Health" is of utmost importance, as it addresses the interdependence between human, animal, and environmental health, emphasizing that the control of antimicrobial resistance must be a shared responsibility among all sectors.

KEYWORDS: Antimicrobials. Microbiology. Multidrug resistance.

INTRODUÇÃO

Os antibióticos podem ser definidos como metabólitos microbianos de baixo peso molecular, que podem eliminar ou inibir o crescimento de bactérias. Já o termo “agente antimicrobiano” refere-se tanto a antibióticos quanto a compostos sintéticos com atividade antimicrobiana (QUINN *et al.*, 2016). Desde a sua descoberta, os antimicrobianos têm sido fundamentais, tratando infecções que frequentemente levavam a óbito (COSTA *et al.*, 2025).

Apesar do uso desses fármacos ser essencial para a medicina, seu uso indiscriminado tem contribuído de maneira significativa para o surgimento de microrganismos multirresistentes (SFACIOTTE *et al.*, 2021). Costa *et al.* (2025) explicam que, quando os microrganismos são expostos aos agentes antimicrobianos, ocorrem alterações em seu código genético, com o objetivo de sobreviver frente a esses medicamentos. Ainda, complementam relatando que essas modificações são transmitidas geneticamente, fato que a longo prazo, resulta em um acúmulo de adaptações que caracterizam a resistência antimicrobiana (RAM).

Tendo em vista o aumento da RAM, há uma redução da eficácia desses medicamentos sobre os microrganismos, o que tem dificultado o manejo clínico, sendo necessário, muitas vezes, o uso de protocolos terapêuticos mais tóxicos e caros, o que contribui para o agravamento do quadro clínico, podendo levar pacientes à óbito (OLIVEIRA *et al.*, 2025).

Os hospitais configuram um ambiente ainda mais propício à disseminação de cepas resistentes, devido a fatores de risco como: internação hospitalar,

procedimentos invasivos como inserção de cateter urinário, incisão de traqueia, inserção de cateter venoso central, inserção de sonda gástrica e exposição a antibióticos. Dessa forma, o ambiente se torna um reservatório ilimitado de genes de resistência (MACHADO *et al.*, 2021).

As infecções adquiridas em hospitais são chamadas “infecções nosocomiais” ou “infecções associadas à assistência à saúde” e são causadas por patógenos cuja fonte está dentro do hospital. Dentre os pontos críticos de contaminação, cita-se: maçanetas de portas, interruptores de luz, computadores, celulares, estetoscópios, termômetros, protetores bucais e especialmente as mãos de médicos e funcionários. Quando não há higiene e desinfecção adequadas das mãos, as chances de contaminação ambiental e possíveis infecções hospitalares aumentam (SFACIOTTE *et al.*, 2021). No contexto hospitalar veterinário, Sfaciotte *et al.* (2021) descrevem que a disseminação de patógenos multirresistentes não impacta apenas a saúde dos animais, mas afeta médicos veterinários, tutores de animais e todos os funcionários envolvidos nesse local, tendo em vista que muitos desses microrganismos são transmissíveis entre animais e seres humanos, seja por contato direto ou indireto. Portanto, as pessoas que possuem acesso a esse local estão susceptíveis a adquirir zoonoses, configurando um grave problema de saúde única.

De forma sucinta, o termo “Saúde Única” pode ser considerado como um enfoque que integra aspectos que envolvem a saúde humana, saúde ambiental e o meio ambiente concomitantemente (SOARES, 2020). De acordo com a Organização Mundial da Saúde – (OMS, 2017), “é uma abordagem para projetar e implementar programas, políticas, legislação e pesquisa nas quais vários setores se comunicam e trabalham juntos para alcançar melhores resultados de saúde pública”. Considerando o impacto da RAM na saúde humana, animal e ambiental, esse trabalho busca destacar o papel do ambiente hospitalar humano e veterinário na seleção de microrganismos multirresistentes, apresentando as principais cepas encontradas nesse local e as medidas que podem ser adotadas para evitar o desenvolvimento de resistência.

HISTÓRICO DOS ANTIMICROBIANOS

Um dos maiores marcos na história da terapia antimicrobiana, foi a descoberta da Penicilina, por Alexander Fleming, no ano de 1928. Fleming descobriu esse antibiótico ao observar uma placa de Petri, semeada com *Staphylococcus aureus*. Ao ser descartada, a placa foi contaminada com fungos do gênero *Penicillium* e Fleming observou que onde houve crescimento fúngico, as bactérias pareciam estar morrendo (GERBERI, 2024). A descoberta da penicilina destacou-se como um marco revolucionário devido à sua eficácia no combate a diversas bactérias causadoras de infecções até então intratáveis, transformando-se em um divisor de águas na história da medicina (COSTA *et al.*, 2025).

A partir disso, seguiram-se anos de descobertas, contudo, desde 1980, nenhuma classe nova de antimicrobianos foi encontrada, sendo que atualmente, todos os novos antimicrobianos lançados no mercado, são variações das classes descobertas até a década de 1980 (MARQUES *et al.*, 2023). Com o tempo, porém, o número de classes verdadeiramente novas de antibióticos começou a diminuir, enquanto as taxas de resistência antimicrobiana aumentaram constantemente. Como resultado, a resistência antimicrobiana é agora uma ameaça à prática da medicina em todo o mundo (OLIVEIRA *et al.*, 2020).

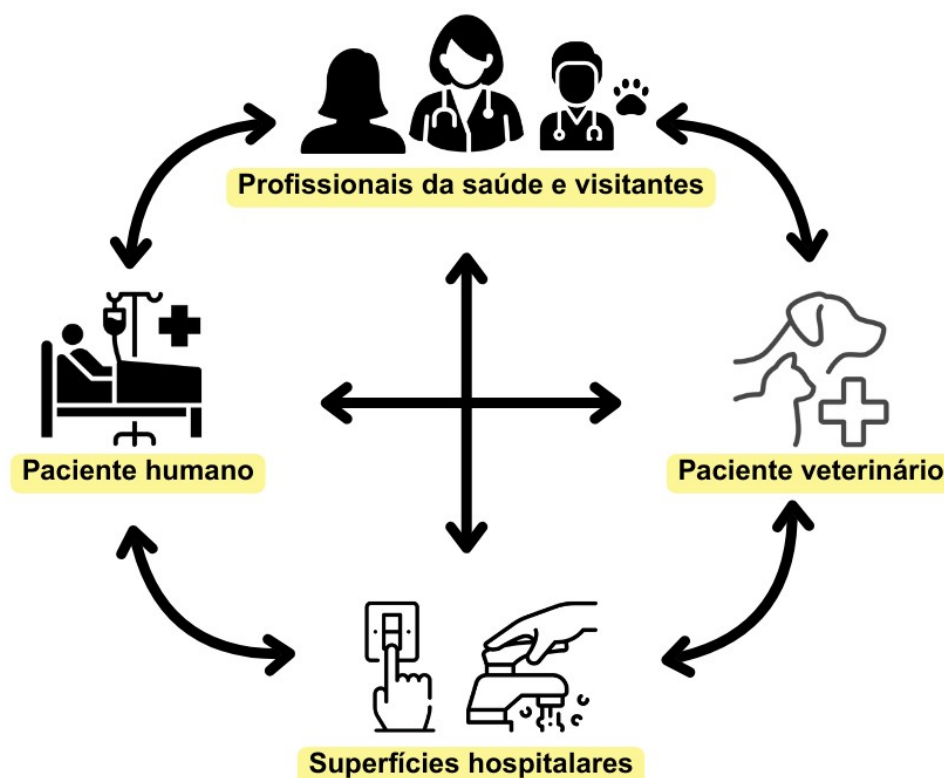
RESISTÊNCIA ANTIMICROBIANA NO AMBIENTE HOSPITALAR

Entende-se que bactérias multirresistentes são aquelas que possuem resistência a pelo menos um antimicrobiano dentro de três ou mais classes diferentes (AMIN *et al.*, 2020). De acordo com Quinn *et al.* (2016), a resistência de um organismo pode ser inata, também chamada intrínseca, ou adquirida, também denominada extrínseca. A resistência intrínseca é descrita como aquela que é codificada cromossomicamente e se relaciona a fisiologia geral de um organismo, decorrente de suas propriedades existentes, como a composição da parede celular, mecanismos de efluxo ou inativação enzimática de um antibiótico. Por outro lado, a resistência adquirida pode surgir de uma mutação em um gene residente ou da transferência de material genético que codifica genes de resistência por meio de plasmídeos, bacteriófagos portadores de genes de resistência, contendo sequências de integrons.

Conforme afirmam Batista *et al.* (2024), um dos desafios mais preocupantes da medicina moderna atualmente é a resistência antimicrobiana nos ambientes de saúde, pois dificulta o estabelecimento de protocolos clínicos e afeta negativamente os resultados dos pacientes. À vista disso, é essencial entender as principais causas pelas quais esses agentes evoluem e desenvolvem resistência aos antibióticos convencionais, como o uso excessivo e inadequado de antimicrobianos, medidas inadequadas de controle de infecções e a seleção natural de cepas resistentes. Falando-se de ambiente hospitalar, os dispositivos de saúde representam um fator de risco considerável para o desenvolvimento de resistência a múltiplos medicamentos em bactérias. Certos dispositivos médicos, como tubos endotraqueais, cateteres urinários, linhas vasculares e tubos de alimentação são reconhecidos como fatores de alto risco (BHARADWAJ *et al.*, 2022).

Blake *et al.*, (2021) afirmam que esses patógenos podem contaminar e persistir em superfícies de alto contato, como interruptores de luz, botões de chamada e grades de cabeceira, bem como no encanamento do edifício, e podem ser transmitidos entre pacientes por meio de profissionais de saúde e visitantes (Figura 1). Os sistemas de encanamento dos hospitais são submetidos a padrões rigorosos para reduzir a transmissão de infecções a pessoas vulneráveis. No entanto, o ambiente aquoso apresenta desafios únicos para a prevenção e controle de infecções com superfícies úmidas fornecendo a interface sólido-líquido que predispõe à formação de biofilme (CHIA *et al.*, 2020).

FIGURA 1 - Ciclo de transmissão de patógenos no ambiente hospitalar humano e veterinário.



Fonte: Arquivo pessoal (2025).

Considerando que o ambiente hospitalar favorece a seleção de microrganismos multirresistentes, pacientes submetidos a internações prolongadas e que necessitam do uso de dispositivos médicos invasivos, como ventiladores e cateteres venosos centrais, são classificados como grupos de risco para o desenvolvimento de infecções hospitalares resistentes a medicamentos, como também maiores complicações e morte. Isso se dá pela junção de fatores, como a exposição repetida ao ambiente hospitalar, sistema imunológico comprometido e uso de antibioticoterapia empírica (AMIN *et al.*, 2020).

Assim como os hospitais humanos, os hospitais veterinários favorecem a seleção e transmissão dos microrganismos multirresistentes devido a fatores como à alta densidade de pacientes suscetíveis e à pressão seletiva exercida pelo uso de antimicrobianos de ação ampla. Baseado nisso, animais podem adquirir patógenos resistentes e considerando que hoje, cães e gatos vivem muito próximos de seus tutores, os animais de companhia podem ser uma fonte de infecção para os seres humanos com os quais convivem (DAZIO *et al.*, 2021).

Além do impacto clínico, as infecções por bactérias multirresistentes também colocam em risco a segurança dos profissionais de saúde e contribuem para a disseminação intra-hospitalar desses microrganismos. Algo que favorece a transmissão cruzada entre pacientes é quando não há aderência rigorosa às medidas de prevenção e controle de infecções. Salienta-se, ainda, que a colonização e infecção por esses patógenos está diretamente relacionada ao aumento da mortalidade hospitalar (OLIVEIRA *et al.*, 2025).

ESPÉCIES BACTERIANAS MAIS COMUNS EM INFECÇÕES NOSOCOMIAIS

Com o objetivo de orientar a pesquisa e o desenvolvimento de antibióticos, em 2017, a OMS divulgou uma lista de patógenos cujo o desenvolvimento de novos antimicrobianos é necessário (Quadro 1). Dentre eles, destacam-se as espécies representadas pela sigla “ESKAPE” (*Enterococcus faecium*, *Staphylococcus aureus*, *Klebsiella pneumoniae*, *Acinetobacter baumannii*, *Pseudomonas aeruginosa* e espécies de *Enterobacter*), os quais apresentam resistência a múltiplos medicamentos e altos níveis de virulência, sendo associados a infecções relacionadas à assistência à saúde (IRAS) em diversos países, com tendência a “escapar” de antibióticos (ABBAN *et al.*, 2023). Isso traz desafios para o tratamento de infecções, o que representa uma grande morbidade e mortalidade para os pacientes e um aumento na utilização de recursos na área da saúde (MA *et al.*, 2020).

Tal como na medicina humana, os principais agentes associados às infecções hospitalares na medicina veterinária são: *Staphylococcus aureus* resistente à meticilina (MRS), *Enterococcus* resistente à vancomicina (VRE), bem como espécies de *Enterobacteriaceae*, *Pseudomonas aeruginosa* e *Acinetobacter baumannii*. Além disso, *Staphylococcus pseudintermedius* resistente à meticilina (MRSP) e *E. coli* produtoras de cefalosporinase e/ou ESBL (SFACIOTTE *et al.*, 2021).

QUADRO 1 - Lista de agentes patogênicos prioritários da OMS para a pesquisa e desenvolvimento de novos antibióticos.

Prioridade Crítica	<i>Acinetobacter baumannii</i> , resistente a carbapenêmicos <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , resistente a carbapenêmicos <i>Enterobacteriaceae</i> , resistente a carbapenêmicos e cefalosporinas de 3ª geração
Prioridade Alta	<i>Enterococcus faecium</i> , resistente à vancomicina <i>Staphylococcus aureus</i> , resistente a meticilina e vancomicina <i>Helicobacter pylori</i> , resistente a claritromicina <i>Campylobacter</i> spp., resistente às fluoroquinolonas <i>Salmonella</i> spp., resistentes às fluoroquinolonas <i>Neisseria gonorrhoeae</i> , resistente a cefalosporinas de 3ª geração e fluoroquinolonas
Prioridade Média	<i>Streptococcus pneumoniae</i> , resistente a penicilina <i>Haemophilus influenzae</i> , resistente a ampicilina <i>Shigella</i> spp, resistente às fluoroquinolonas

Fonte: World Organization for Animal Health, (2017).

Enterococcus faecium

Enterococcus faecium é uma causa proeminente de IRAS e linhagens adaptadas a hospitais estão cada vez mais resistentes a vancomicina (OLIVEIRA *et al.*, 2020). *Enterococcus* resistentes à vancomicina (VRE) representam um desafio clínico significativo devido às populações de pacientes que desenvolvem infecção e às opções limitadas de tratamento disponíveis (MILLER; ARIAS, 2024). Isso impacta em um custo excessivo para tratamento, além da necessidade de isolamento de pacientes e precauções de contato e limpeza (OLIVEIRA *et al.*, 2020).

O fenótipo de resistência de maior importância clínica entre os *Enterococcus* spp. é a resistência aos glicopeptídeos, especialmente à vancomicina. Essa resistência, está associada à alteração na biossíntese dos precursores de peptidoglicano, mediada pelos genes *van*, especialmente *vanA* e *vanB*. Os fenótipos mais comuns de resistência à vancomicina são VanA, VanB, VanC, VanD e VanE e além desses, existem outros fenótipos menos comuns, associados aos genes *vanG*, *vanH*, *vanL*, *vanM*, *vanN*. Normalmente, a vancomicina se liga ao dipeptídeo D-Ala-D-Ala (D-alanina-D-alanina) no final da cadeia de peptidoglicano, inibindo a síntese da parede celular. Dependendo do gene associado, haverá a substituição de D-Ala-D-Ala por D-Ala-D-Lac (D-alanina-D-lactato) ou D-Ala-D-Ser (D-alanina-D-serina) na formação do peptidoglicano. Os dipeptídeos terminados em lactato ou serina têm baixa afinidade pela vancomicina, impedindo sua ligação ao sítio-alvo, levando à resistência (BRASIL, 2020).

Staphylococcus aureus

Staphylococcus aureus é um importante patógeno que causa várias infecções, incluindo infecções de pele e tecidos moles, infecções osteoarticulares, pneumonia, endocardite infecciosa e infecções relacionadas a dispositivos (MILLER; ARIAS, 2024). A resistência à metilicina foi identificada pela primeira vez em *S. aureus* em 1961, como consequência do uso generalizado da penicilina. Atualmente, a incidência de *S. aureus* resistente a metilicina (MRSA) varia em todo o mundo. De modo geral, as infecções por MRSA acarretam ônus adicionais para os cuidados de saúde em termos de morbidade, tempo de internação hospitalar, custos com saúde e qualidade de vida (OLIVEIRA *et al.*, 2020).

Em *Staphylococcus* spp., o mecanismo de resistência mais importante para os β -lactâmicos, como a metilicina, é mediado pelo gene *mecA*, o que se traduz em resistência a todos os β -lactâmicos, com exceção das novas cefalosporinas ceftobiprole e ceftarolina. O gene *mecA* codifica uma proteína ligadora de penicilina ("Penicillin-binding Protein" – PBP) alterada, a PBP2a, que apresenta baixa afinidade pelos betalactâmicos, mas que preserva sua atividade de transpeptidase. Portanto, mesmo na presença de antibióticos betalactâmicos, a PBP2a consegue realizar a síntese da parede celular bacteriana, tornando a bactéria resistente à ação desses medicamentos. Isso significa que a metilicina e outros antibióticos betalactâmicos não conseguem inibir eficazmente a formação da parede celular bacteriana (BRASIL, 2020).

Acinetobacter baumannii

Infecções por *Acinetobacter baumannii* ocorrem tipicamente em pacientes hospitalizados ou com contato frequente com o ambiente hospitalar. Desde a década de 1970, *A. baumannii* tem se tornado cada vez mais comum em climas temperados, uma mudança amplamente atribuída à melhoria dos mecanismos de persistência

ambiental e ao desenvolvimento de doenças multirresistentes. Com o surgimento de isolados multiresistentes, os antibióticos de último recurso, como os carbapenêmicos e as polimixinas, não são mais eficazes (OLIVEIRA *et al.*, 2020). A capacidade de *A. baumannii* persistir em superfícies ambientais e resistir à morte por desinfetantes favorece a sobrevivência bacteriana no ambiente de saúde (MILLER, 2024).

A. baumannii é resistente à maioria dos betalactâmicos, especialmente penicilinas e cefalosporinas. A superexpressão de uma cefalosporinase cromossômica do tipo AmpC, também chamada de ADC (cefalosporinase derivada de *Acinetobacter*), pode ser o mecanismo mais comum de resistência aos β -lactâmicos e gera um fenótipo de resistência à ampicilina, cefalotina, piperacilina, cefotaxima e ceftazidima. As estirpes resistentes às cefalosporinas de terceira geração, que não exibem uma superprodução de ADC, podem possuir uma ESBL. Vários tipos de ESBLs foram descritos, dentre os quais encontramos variantes PER (PER-2), OXA (OXA-37), CTX-M (CTX-M-2, CTX-M-15), TEM (TEM-92), SHV (SHV-5, SHV-12), e VEB-1. Ademais, a produção de carbapenemases, como KPC-2 e do OXA, tem sido cada vez mais reportada nesta espécie.

Pseudomonas aeruginosa

Pseudomonas aeruginosa está presente na microbiota intestinal normal de humanos e amplamente distribuída no ambiente, incluindo, comumente, UTIs hospitalares (ABBAN *et al.*, 2023). É conhecida por causar infecções nosocomiais com sintomas como pneumonia. Ambientes favoráveis para *P. aeruginosa* são locais úmidos e podem ser encontrados principalmente em pias, arejadores e equipamentos respiratórios, porém se adapta e sobrevive a diversas condições ambientais (BHARADWAJ *et al.*, 2022).

A resistência intrínseca de *P. aeruginosa* se deve a múltiplos fatores, como baixa permeabilidade aos fármacos (devido a deleção da porina OprD), expressão constitutiva de vários sistemas de bombas de efluxo (principalmente MexAB-OprM e MexXY-OprM) e presença de uma betalactamase cromossômica induzível, tipo AmpC. A participação conjunta desses fatores promove resistência às penicilinas, às aminopenicilinas, aos inibidores de betalactamases (como o ácido clavulânico), às cefalosporinas de primeira e segunda geração, cefotaxima, ceftriaxona, cloranfenicol, nitrofurantoína, sulfonamidas, trimetoprima, tetraciclina, tigeciclina, e ácido nalidíxico. Por outro lado, a perda ou redução da expressão da porina OprD também contribui para resistência aos carbapenêmicos. O mecanismo de resistência adquirida aos antimicrobianos betalactâmicos mais importante nesta espécie é a produção de betalactamases classe A, C, D (serino- β -lactamases) e B (metalo- β -lactamases) (BRASIL, 2020).

Enterobactérias

A família *Enterobacteriaceae* contém patógenos oportunistas que causam diversas infecções, incluindo infecções de trato urinário, infecções entéricas e pneumonias adquiridas em hospital. Os patógenos notáveis incluem espécies de *Klebsiella*, *Enterobacter*, *Escherichia coli* e *Citrobacter*. O desafio global associado às enterobactérias é a produção de ESBL (betalactamases de espectro estendido), que são enzimas que hidrolisam a maioria dos antibióticos beta-lactâmicos (ABBAN *et al.*, 2023).

A produção de betalactamases da classe A, denominadas betalactamases clássicas, como TEM-1, TEM-2 e SHV-1, confere resistência a aminopenicilinas e

carboxipenicilinas e sensibilidade diminuída ou intermediária às ureidopenicilinas (piperacilina). As cepas que apresentam apenas esse mecanismo de resistência mantêm sua sensibilidade às cefalosporinas, monobactâmico e carbapenêmicos, porém, a hiperprodução dessas enzimas confere resistência a cefalosporinas de primeira e segunda gerações, exceto cefamicinas como a cefoxitina. As primeiras enzimas do tipo ESBLs descritas foram variantes das betalactamases clássicas, no entanto, outras famílias de ESBL surgiram, como CTX-M, a qual tem sido rapidamente disseminada em diferentes espécies, por todo o mundo, sendo identificadas em isolados de animais silvestres, de companhia e de produção, de ambientes aquáticos, de alimentos e de humanos (BRASIL, 2020).

Outro mecanismo preocupante é a possibilidade das enterobactérias produzirem carbapenemases. Essas enzimas hidrolisam os carbapenêmicos, os quais eram considerados fármacos de último recurso para tratamento de infecções graves por bactérias Gram-negativas. As carbapenemases são capazes de hidrolisar não apenas carbapenêmicos, mas também outros betalactâmicos, como cefalosporinas, penicilinas e monobactâmicos. Duas grandes classes de carbapenemases são mais comumente encontradas em enterobactérias atualmente: as metalo-betalactamases (sendo os tipos IMP, VIM e NDM as mais frequentes), e as serino-carbapenemases (incluindo como mais comuns as do tipo KPC e as OXA-carbapenemases). Do ponto de vista epidemiológico, são de extrema relevância as carbapenemases do tipo *Klebsiella pneumoniae* carbapenemase (KPC) e New Delhi metallo- β -lactamase (NDM), pois ambas apresentaram rápida e ampla disseminação mundial após suas descrições iniciais (PINTO *et al.*, 2014).

Entre as enterobactérias, *Klebsiella pneumoniae* têm uma importância especial devido a sua resistência a múltiplas drogas. Sabe-se que a *K. pneumoniae* coloniza de forma assintomática a pele, a boca, os tratos respiratórios e gastrointestinais, porém pode causar infecções do trato respiratório, do trato urinário e de outros locais durante períodos de imunossupressão e debilidade. Esse patógeno oportunista causa cerca de 8% das infecções nosocomiais, incluindo pneumonia adquirida em ambiente hospitalar e abscessos hepáticos piogênicos, diarreia, infecções do trato urinário e infecções dos tecidos moles, abscesso intra abdominal e abscesso cerebral (AMIN *et al.*, 2020).

As cepas patogênicas de *E. coli* costumam causar três tipos principais de infecções: infecções de trato urinário, meningite/seps e doenças entéricas. O surgimento de ESBL é uma grande preocupação no tratamento, o que tem refletido em resistência frente aos carbapenêmicos, que costumavam ser eficazes no tratamento desses microrganismos (ABBAN *et al.*, 2023).

As bactérias do gênero *Enterobacter* são bactérias anaeróbicas facultativas que são comensais naturais da microbiota intestinal humana, mas também patógenos oportunistas, tipicamente em imunocomprometidos. Dentre as espécies, *E. aerogenes* e *E. cloacae* são as mais frequentemente relatadas. *E. cloacae* tem sido implicado em seps adquirida em hospital, pneumonias, infecções de trato urinário e infecções de feridas pós-cirúrgicas. O uso de antibióticos de amplo espectro facilitou o desenvolvimento de cepas resistentes de *Enterobacter*, particularmente produtoras de ESBL, em conjunto com diversos outros genes de resistência circulantes globalmente (ABBAN *et al.*, 2023).

SAÚDE ÚNICA

A maioria dos patógenos animais multirresistentes pode infectar humanos por contato direto ou indireto com o ambiente. Diante disso, a Organização Mundial da Saúde reconhece a multirresistência bacteriana aos antimicrobianos como uma questão essencial e importante de saúde pública, uma vez que a saúde humana está intimamente ligada à saúde dos animais e ao ambiente em que vivem (SFACIOTTE *et al.*, 2021).

Em relação aos animais de companhia, como cães e gatos, há crescente preocupação com o aumento da incidência de infecções adquiridas em ambientes hospitalares veterinários, que estão se tornando cada vez mais comuns, devido ao aumento da quantidade e da qualidade dos cuidados intensivos, como o uso de dispositivos intravasculares, sondas vesicais, aumento do tempo de hospitalização, uso indiscriminado de antimicrobianos, colocação de implantes em cirurgias e uso de fármacos imunossupressores (MARQUES *et al.*, 2023).

A contaminação do ambiente hospitalar veterinário com patógenos multirresistentes coloca em risco não apenas os animais hospitalizados, mas também a segurança no local de trabalho de veterinários e enfermeiros, tutores de animais e, no caso de um hospital universitário, estudantes de veterinária (SFACIOTTE *et al.*, 2021). Observa-se que há falta de informação dos tutores de animais de companhia e dos criadores de animais de produção no que tange a multirresistência bacteriana, bem como fiscalização deficiente da comercialização dos antimicrobianos (MARQUES *et al.*, 2023).

Outro fator agravante é o descarte inadequado de resíduos de antimicrobianos e medicamentos vencidos, que introduz essas substâncias no meio ambiente, promovendo o desenvolvimento de resistência mesmo fora do ambiente hospitalar e disseminando para o meio-ambiente. Os desafios diagnósticos colocados pelos patógenos resistentes são inúmeros e isso têm implicações significativas para a saúde pública. Um dos principais desafios é a identificação precisa de cepas resistentes, especialmente aquelas que apresentam níveis de resistência intermediários. A resistência intermediária, onde os patógenos apresentam resistência parcial aos antimicrobianos, complica a interpretação dos testes diagnósticos e isso dificulta o estabelecimento de um protocolo terapêutico eficaz. Em grandes hospitais, principalmente, isso é ainda mais exacerbado, pois o grande volume de pacientes e a diversidade de patógenos dificultam a manutenção de sistemas eficazes de vigilância da saúde. Além disso, a variabilidade nos mecanismos de resistência entre diferentes patógenos exige uma abordagem diagnóstica ampla e adaptável, que muitas vezes falta em muitos ambientes de saúde (BATISTA *et al.*, 2024).

Na medicina humana, já existem estudos sobre infecção hospitalar, no entanto, na medicina veterinária, esses números são escassos. O ambiente tem forte ligação com os casos de infecção hospitalar na medicina humana, mas na medicina veterinária, embora existam alguns trabalhos descrevendo a contaminação ambiental associada às infecções hospitalares, não há muitas informações sobre essa ligação, pois não há dados efetivos sobre essas infecções (SFACIOTTE *et al.*, 2021).

Essa resistência desenfreada representa um desafio crítico para a saúde pública, complicando o controle de doenças infecciosas e conduzindo a resultados de saúde mais graves. Além disso, o uso inadequado e irracional de antimicrobianos contribui para a seleção de microrganismos multirresistentes, o que complica as opções de tratamento e aumenta o risco de transmissão cruzada entre animais e humanos (BATISTA *et al.*, 2024).

CONTROLE

Para tornar mais lento o desenvolvimento de resistência antimicrobiana, algumas medidas podem ser tomadas, como fornecer informações adequadas aos pacientes e tutores, em caso de paciente veterinário, sobre o processo de mutação microbiana e conscientizá-los quanto a correta utilização desses fármacos (MACHADO *et al.*, 2021). Outro fator que ressalta a importância da conscientização da população é o fato de que, em muitos países, pode-se facilmente obter antibióticos sem receita médica (BHARADWAJ, 2022). Além disso, a interrupção precoce do tratamento ou o uso de doses incorretas favorecem o desenvolvimento da resistência antimicrobiana, reforçando que a conscientização dos pacientes sobre o uso correto dos antimicrobianos é fundamental (COSTA *et al.*, 2025).

Da mesma forma, é importante que os profissionais de saúde tenham consciência dessa problemática e que assim, sejam estabelecidas medidas de rotina nos centros de saúde, para que se tenha como hábito aprofundar a investigação do quadro clínico e da necessidade de utilização desses fármacos (MACHADO *et al.*, 2021). A ausência de protocolos bem definidos de rastreamento microbiológico e o subdimensionamento das equipes de controle de infecção favorecem a disseminação silenciosa desses patógenos no ambiente hospitalar. Estudos mostram que a baixa adesão às práticas de higiene das mãos e a manipulação inadequada de equipamentos e superfícies contribuem para a manutenção de cadeias de infecção entre pacientes e entre setores hospitalares, isso evidencia a importância a equipe no que condiz a esse problema (OLIVEIRA *et al.*, 2025).

Uma alternativa para conscientização do uso desta medicação é a educação continuada, tanto para população em geral, quanto para profissionais de saúde, ressaltando a importância da prescrição correta do uso de antimicrobianos (MACHADO, 2021). Diversos autores destacam a importância de estratégias nacionais integradas, como planos de ação sobre resistência aos antimicrobianos, que envolvam vigilância, educação, regulação do uso de antibióticos e incentivo à pesquisa científica. A formação continuada, baseada em evidências atualizadas e boas práticas, contribui para a adesão aos protocolos de prevenção e controle de infecções, bem como para o uso criterioso de antimicrobianos, evitando prescrições desnecessárias ou inadequadas (OLIVEIRA *et al.*, 2025).

Em medicina humana, as Comissões de Controle de Infecção Hospitalar estão bem estabelecidas, atuando na detecção desses patógenos no ambiente e na elaboração de protocolos de desinfecção adequados, no entanto, existem poucas iniciativas para o controle de infecções em ambientes hospitalares veterinários, pois não há legislação que exija a formalização de CCIH em hospitais veterinários. É necessário a formalização de Comissões Controle de Infecção Hospitalar nas clínicas e hospitais veterinários para estabelecer critérios, parâmetros e métodos para o controle de infecções (MARQUES *et al.*, 2023).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A resistência antimicrobiana continua a representar um dos maiores desafios para a saúde única à nível global, afetando tanto a medicina humana quanto a medicina veterinária. O uso indiscriminado de antibióticos, em especial, no ambiente hospitalar, tem contribuído de forma significativa para o desenvolvimento e disseminação de microrganismos multirresistentes. A complexidade do problema reside no fato de que esses patógenos não afetam apenas os indivíduos diretamente acometidos, mas também os profissionais de saúde, tutores de animais, o meio

ambiente e conseqüentemente, a sociedade em geral, uma vez que muitos desses microrganismos são zoonóticos, ou seja, podem ser transmitidos entre animais e seres humanos.

A evolução dos mecanismos de resistência, como a formação de biofilmes e a troca de genes de resistência, torna o controle das infecções cada vez mais difícil, exigindo abordagens inovadoras e um trabalho integrado entre diferentes áreas da saúde. O ambiente hospitalar, seja humano ou veterinário, configura-se como um reservatório de genes de resistência, impulsionado por fatores como procedimentos invasivos, alta concentração de pacientes suscetíveis e, principalmente, o uso inadequado de antimicrobianos. Esses fatores reforçam a necessidade urgente de medidas eficazes de controle, tanto para prevenir a disseminação de infecções nosocomiais como para mitigar os riscos associados à resistência antimicrobiana.

A implementação de estratégias rigorosas e fiscalização das mesmas, como a educação continuada de profissionais da saúde, a conscientização dos pacientes sobre o uso responsável dos antimicrobianos e o fortalecimento das comissões de controle de infecção hospitalar, é essencial para a contenção dessa crescente ameaça. No entanto, essas ações precisam ser acompanhadas de políticas públicas e regulamentações, como a criação de normativas que instituem protocolos claros para o uso de antimicrobianos nos hospitais veterinários. Nesse contexto, o conceito de "One Health" se revela de extrema importância, pois aborda a interdependência entre a saúde humana, animal e ambiental, destacando que o controle da resistência antimicrobiana deve ser uma responsabilidade compartilhada entre as áreas.

O combate à resistência antimicrobiana também exige investimentos em pesquisa e inovação, com o objetivo de desenvolver novas classes de antibióticos e alternativas terapêuticas, bem como a implementação de tecnologias diagnósticas mais precisas e rápidas para identificar infecções resistentes. A colaboração internacional, a troca de informações e a formação de uma rede de monitoramento global são fundamentais para a identificação precoce de surtos e a adoção de medidas eficazes para conter a propagação de patógenos multirresistentes.

Em suma, a resistência antimicrobiana é um problema mundial que exige a ação coordenada de profissionais da saúde, governos, indústrias farmacêuticas e a sociedade em geral. A implementação de políticas rigorosas de controle e prevenção, a conscientização sobre o uso responsável dos antimicrobianos e o fortalecimento de sistemas de vigilância e pesquisa são passos fundamentais. Salienta-se que desacelerar o desenvolvimento da resistência antimicrobiana é essencial para manutenção da saúde e preservar as opções terapêuticas para o tratamento de infecções.

REFERÊNCIAS

ABBAN, M. K.; AYERAKWA, E. A.; MOSI, L.; ISAWUMI, A.; The burden of hospital acquired infections and antimicrobial resistance. **Heliyon**, v. 9, n. 10, 2023. Disponível em: <[https://www.cell.com/heliyon/fulltext/S2405-8440\(23\)07769-1](https://www.cell.com/heliyon/fulltext/S2405-8440(23)07769-1)>. Acesso em: 12 maio 2025. DOI: 10.1016/j.heliyon.2023.e20561.

AMIN, C. E.; SANTOS, D. P.; LINHAUS, F. K.; FREITAS, I. M.; RODRIGUES, J. S.; PAULO, M. S. L. Fatores determinantes na infecção hospitalar por *Klebsiella pneumoniae* resistente a carbapenêmicos. **Brazilian Journal of Health Review**, v. 3, n. 5, p. 14320-14333, 2020. Disponível em:

<<https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BJHR/article/view/18042>>. Acesso em: 05 maio 2025. DOI: 10.34119/bjhrv3n5-231.

BATISTA, P. H. M.; PITANGA, I. A.; RAMALHO NETO, J. C.; PINTO, L. M. A.; ARAUJO, F. R. Implicações da resistência antimicrobiana na prática clínica. **International Journal of Health Management Review**, v. 10, n. 1, p. e356-e356, 2024. Disponível em: <<https://ijhmreview.org/ijhmreview/article/view/356>>. Acesso em: 03 maio 2025. DOI: 10.47172/ijhmreview.v10i1.356.

BHARADWAJ, A.; RASTOJI, A.; PANDEY, S.; GUPTA, S.; SOHAL, J. S. Multidrug-resistant bacteria: their mechanism of action and prophylaxis. **BioMed research international**, v. 2022, n. 1, p. 5419874, 2022. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1155/2022/5419874>>. Acesso em: 05 maio 2025. DOI: 10.1155/2022/5419874.

BLAKE, K. S.; CHOI, J.; DANTAS, G. Approaches for characterizing and tracking hospital-associated multidrug-resistant bacteria. **Cellular and Molecular Life Sciences**, v. 78, n. 6, p. 2585-2606, 2021. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s00018-020-03717-2>>. Acesso em: 28 abril 2025. DOI: 10.1007/s00018-020-03717-2.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (anvisa). Microbiologia clínica para o controle de infecção relacionada à assistência à saúde: módulo 10 – detecção dos principais mecanismos de resistência bacteriana aos antimicrobianos pelo laboratório de microbiologia clínica. Brasília: **Anvisa**, 2020. 160 p. ISBN 978-65-89701-01-9. Disponível em: <<http://www.gov.br/anvisa/pt-br>>. Acesso em: 31 jul. 2025.

CHIA, P. Y.; SENGUPTA, S.; KUKREJA, A.; PONNAMPALAVANAR, S. S. L.; NG, O. T.; K. MARIMUTHU. The role of hospital environment in transmissions of multidrug-resistant gram-negative organisms. **Antimicrobial Resistance & Infection Control**, v. 9, p. 1-11, 2020. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1186/s13756-020-0685-1>>. Acesso em: 13 maio 2025. DOI: 10.1186/s13756-020-0685-1.

COSTA, L. F. S.; SALDANHA, S. R. G.; BESERRA, E. A.; CAMPELO, M. J. A.; ANDRADE, J. S.; et al.; A crise global da resistência antimicrobiana: impactos na saúde pública e desafios para o futuro dos antibióticos. **Aracê**, v. 7, n. 2, p. 4753-4768, 2025. Disponível: <<https://www.scielo.br/j/pvb/a/yFL5n3HWmg7wK7LVYgSZzcT/>>. Acesso em: 05 maio 2025. DOI: 10.56238/arev7n2-013.

DAZIO, V.; NIGG, A.; SCHMIDT, J. S.; BRILHANTE, M.; CAMPOS-MADUENO, E. I.; et al.; Duration of carriage of multidrug-resistant bacteria in dogs and cats in veterinary care and co-carriage with their owners. **One Health**, v. 13, p. 100322, 2021. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352771421001129>>. Acesso em: 07 maio 2025. DOI: 10.1016/j.onehlt.2021.100322.

GERBERI, D.; Alexander Fleming: a second look. **Journal of the Medical Library Association**, Pittsburgh, v. 112, n. 1, p. 55–59, 2024. Disponível em: <<https://doi.org/10.5195/jmla.2024.1780>>. Acesso em: 2 jul. 2025. DOI: 10.5195/jmla.2024.1780.

MA, Y.-X.; WANG, C.-Y.; LI, Y.-Y.; LI, J.; WAN, Q.-Q.; CHEN, J.-H.; TAY, F. R.; NIU, L.-N. Considerations and caveats in combating ESKAPE pathogens against nosocomial infections. **Advanced Science, Weinheim**, v. 7, n. 1, p. 1901872, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1002/advs.201901872>>. Acesso em: 2 maio 2025. DOI: 10.1002/advs.201901872.

MACHADO, C. S.; SILVA, J. M.; FIGUEIRAS, L. P. C.; MACIEL, A. L.; Resistência antimicrobiana e os impactos na sociedade. **Saúde e Desenvolvimento Humano**, v. 9, n. 1, 2021. Disponível em: <https://revistas.unilasalle.edu.br/index.php/saude_desenvolvimento/article/view/6351>. Acesso em: 07 maio 2025. DOI: 10.18316/sdh.v9i1.6351.

MARQUES, G. R; SANTOS, A. C. C.; COSTA, M. T. Resistência bacteriana na medicina veterinária e sua relação com a saúde pública. **Veterinária e zootecnia**, v. 30, p. 1-12, 2023. Disponível em: <<https://rvz.emnuvens.com.br/rvz/article/view/1367>>. Acesso em: 30 abril 2025. DOI: 10.35172/rvz.2023.v30.1367.

MILLER, W.R.; ARIAS, C.A.; ESKAPE pathogens: antimicrobial resistance, epidemiology, clinical impact and therapeutics. **Nature Reviews Microbiology**, London, v. 22, n. 10, p. 598–616, out. 2024. Disponível em: <<https://doi.org/10.1038/s41579-024-01054-w>>. Acesso em: 2 maio 2025. DOI: 10.1038/s41579-024-01054-w.

OLIVEIRA, D. M. P.; FORDE, B. M.; KIDD, T. J.; HARRIS, P. N. A.; SCHEMBRI, M. A.; et al.; Antimicrobial resistance in ESKAPE pathogens. **Clinical Microbiology Reviews, Washington**, DC, v. 33, n. 3, p. e00181-19, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1128/CMR.00181-19>>. Acesso em: 2 maio 2025. DOI: 10.1128/CMR.00181-19.

OLIVEIRA, R. S. M.; CONCEIÇÃO, K. S.; JACOB, R. E. S.; ARAÚJO, A. A. B.; SILVA, B. Z.; et al.; Impacto das infecções por bactérias multirresistentes em unidades de terapia intensiva. **Brazilian Journal of Implantology and Health Sciences**, v. 7, n. 4, p. 705-715, 2025. Disponível em: <<https://bjih.emnuvens.com.br/bjih/article/view/5629>>. Acesso em: 28 abril 2025. DOI: 10.36557/2674-8169.2025v7n4p705-715.

OMS – Organização mundial de saúde. **One Health**. 2017. Disponível em:<<https://www.who.int/features/qa/one-health/en/>>. Acesso em: 13 maio 2025.

PINTO, F. M.; SIMAS, D. M.; BALDIN, C. P.; LIMBERGER, I. I.; SILVA, R. C. F.; et al.; Prevalência de carbapenemases em enterobactérias resistentes a carbapenêmicos em quatro hospitais terciários de Porto Alegre. **Clinical and biomedical research**. Porto Alegre. V. 34, n. 1 (2014), p. 47-52, 2014. Disponível em: <<https://seer.ufrgs.br/index.php/hcpa/article/view/44412/28771>>. Acesso em: 30 jul. 2025.

QUINN, P. J.; MARKEY, B. K.; LEONARD, F. C.; FITZPATRICK, E. S.; FANNING, S.; et al.; Concise review of veterinary microbiology. 2. ed. **Hoboken: Wiley-Blackwell**, 2016. Disponível em: <<https://www.wiley.com/en-us/Concise+Review+of+Veterinary+Microbiology%2C+2nd+Edition-p-9781118251164>>. Acesso em: 28 abril 2025. DOI: 10.1002/9781118251164.

SFACIOTTE, R. A. P.; PARUSSOLO, L.; MELO, F. D.; BORDIGNON, G.; ISRAEL, N. D., et al.; Detection of the main multiresistant microorganisms in the environment of a teaching veterinary hospital in Brazil. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 41, p. e06706, 2021. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/pvb/a/yFL5n3HWmg7wK7LVYgSZzcT/>>. Acesso em: 05 maio 2025. DOI: 10.1590/1678-5150-PVB-6706.

SOARES, T. F.; Meio Ambiente e Saúde Única: o que podemos esperar?. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v. 8, n. 4, 2020. Disponível: <<https://www.revistabrasileirademeioambiente.com/index.php/RVBMA/article/view/546/255>>. Acesso em: 13 maio. 2025.