



ETIOLOGIAS BACTERIANAS E PERFIL DE SENSIBILIDADE A ANTIMICROBIANOS NA PNEUMONIA ASSOCIADA À VENTILAÇÃO MECÂNICA: REVISÃO INTEGRATIVA DA LITERATURA

Emanuely Alvares Queiroz

Graduada em Fisioterapia pela Universidade Estadual da Paraíba. Especializada em Atenção Básica e Saúde da Família. Residente em Atenção ao Paciente Crítico pelo HUAC/UFCG.

E-mail: emanuely.alvares@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-0163-4271>

Thalyta de Araújo Felizardo Avelino Farias

Graduada em Fisioterapia pela Universidade Estadual da Paraíba. Pós-graduada em Fisioterapia em Terapia Intensiva Adulto. Residente em Atenção ao Paciente Crítico pelo HUAC/UFCG.

E-mail: thalytaavelino07@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2827-7883>

João Virgínio de Moura

Graduado em Fisioterapia pela Universidade Regional do Nordeste. Mestre em Recursos Naturais pela Universidade Federal de Campina Grande. Doutor pela Santa Casa de Misericórdia de São Paulo.

E-mail: joaovirginiomoura@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3477-7286>

André Luiz Diniz Costa

Graduado em Medicina pela Universidade Federal de Campina Grande. Especialista em Medicina Intensiva.

E-mail: notsibas.spm@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7678-0697>

Geraldo Pinto Xavier Junior

Graduado em Medicina pela Universidade Federal da Paraíba. Especialista em Medicina Intensiva.

E-mail: gpmmedintensiva@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-9455-3796>

Maria Augusta de Costa Moura

Graduada em Fisioterapia pela Universidade Regional do Nordeste. Mestre em Recursos Naturais pela Universidade Federal de Campina Grande. Doutora pela Santa Casa de Misericórdia em São Paulo.

E-mail: augustamoura26@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3586-1818>

Submissão: 04/05/2026

Aprovação: 30/06/2026

Publicação: 16/07/2026



Como citar este artigo:

Queiroz EA, Farias TAF, Moura JV, Costa ALD, Xavier Junior GP, Moura MAC. Etiologias bacterianas e perfil de sensibilidade a antimicrobianos na pneumonia associada à ventilação mecânica: revisão integrativa da literatura. São Paulo: Rev Remecs. 2026; 11(17):169-184.

DOI: <https://doi.org/10.24281/rremecs2026.11.17018>

Resumo: A pneumonia associada à ventilação mecânica (PAVM) é uma relevante complicação infecciosa em Unidades de Terapia Intensiva, associada ao aumento da morbimortalidade, do tempo de internação e dos custos hospitalares. Seu desenvolvimento está relacionado à colonização das vias aéreas e à formação de biofilmes no tubo endotraqueal, favorecendo a persistência de microrganismos resistentes e de difícil erradicação. Esta revisão integrativa analisou estudos publicados entre 2020 e 2025 nas bases PubMed, Cochrane Library e Biblioteca Virtual em Saúde, totalizando 27 estudos elegíveis. Os achados demonstraram predomínio de bactérias gram-negativas, como *Acinetobacter baumannii*, *Klebsiella pneumoniae* e *Pseudomonas aeruginosa*, com elevadas taxas de multirresistência. Entre os gram-positivos, destacou-se o *Staphylococcus aureus* resistente à metilicina, enquanto fungos foram raros. Observou-se relação entre biofilme e resistência antimicrobiana, reforçando a necessidade de vigilância contínua, uso racional de antibióticos e adoção rigorosa de medidas preventivas eficazes e sustentáveis.

Descritores: Pneumonia Associada à Ventilação Mecânica, Microbiologia, Antibiograma.

Bacterial etiologies and antimicrobial susceptibility profile in ventilator-associated pneumonia: an integrative literature review

Abstract: Ventilator-associated pneumonia (VAP) is a significant infectious complication in Intensive Care Units, associated with increased morbidity and mortality, prolonged hospital stay, and higher healthcare costs. Its development is related to airway colonization and biofilm formation on the endotracheal tube, favoring the persistence of resistant and difficult-to-eradicate microorganisms. This integrative review analyzed studies published between 2020 and 2025 in PubMed, Cochrane Library, and Virtual Health Library databases, totaling 27 eligible studies. The findings demonstrated a predominance of gram-negative bacteria, such as *Acinetobacter baumannii*, *Klebsiella pneumoniae*, and *Pseudomonas aeruginosa*, with high rates of multidrug resistance. Among gram-positive organisms, methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* was the most prevalent, while fungi were rare. A relationship between biofilm formation and antimicrobial resistance was observed, highlighting the need for continuous surveillance, rational antibiotic use, and strict implementation of effective and sustainable preventive measures.

Descriptors: Ventilator-Associated Pneumonia, Microbiology, Antibiogram.

Etiologías bacterianas y perfil de susceptibilidad antimicrobiana en la neumonía asociada a la ventilación mecánica: una revisión bibliográfica integradora

Resumen: La neumonía asociada a la ventilación mecánica (NAVM) es una importante complicación infecciosa en las Unidades de Cuidados Intensivos, asociada con aumento de la morbimortalidad, prolongación de la estancia hospitalaria y mayores costos sanitarios. Su desarrollo se relaciona con la colonización de las vías respiratorias y la formación de biopelículas en el tubo endotraqueal, favoreciendo la persistencia de microorganismos resistentes y de difícil erradicación. Esta revisión integradora analizó estudios publicados entre 2020 y 2025 en las bases de datos PubMed, Cochrane Library y Biblioteca Virtual en Salud, totalizando 27 estudios elegibles. Los hallazgos mostraron predominio de bacterias gramnegativas, como *Acinetobacter baumannii*, *Klebsiella pneumoniae* y *Pseudomonas aeruginosa*, con altas tasas de multirresistencia. Entre los grampositivos, destacó *Staphylococcus aureus* resistente a la metilicina, mientras que los hongos fueron raros. Se observó relación entre biopelícula y resistencia antimicrobiana, destacando la necesidad de vigilancia continua, uso racional de antibióticos y medidas preventivas eficaces y sostenibles.

Descriptores: Neumonía Asociada a la Ventilación Mecánica, Microbiología, Antibiograma.

Introdução

A Pneumonia Associada à Ventilação Mecânica (PAVM) configura-se como uma complicação pulmonar grave que acomete indivíduos submetidos à ventilação mecânica. Essa condição agrava significativamente os desfechos clínicos, sendo responsável por prolongar o tempo de ventilação, permanência na UTI e hospitalar, além de aumentar custos assistenciais e mortalidade¹.

Caracteristicamente diagnosticada após 48 horas da intubação, a PAVM resulta de um processo multifatorial que envolve a colonização das vias aéreas superiores, a formação de biofilmes no tubo endotraqueal e a ocorrência de microaspirações de conteúdo do trato gastrointestinal. Esses fatores favorecem a instalação e a persistência de microrganismos patogênicos, muitos dos quais apresentam elevada capacidade de resistência aos mecanismos de defesa do hospedeiro e às terapias antimicrobianas².

Bactérias Gram-negativas, como *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella pneumoniae* e *Acinetobacter baumannii*, destacam-se como os principais agentes associados à PAVM em diferentes contextos hospitalares, frequentemente relacionados a desfechos clínicos mais graves. Paralelamente, entre os microrganismos Gram-positivos, o *Staphylococcus aureus*, especialmente na forma resistente à meticilina, apresenta elevada relevância clínica devido à sua frequência e impacto terapêutico³.

Nesse contexto, o perfil de resistência antimicrobiana tem se mostrado um fator crítico. Estudos evidenciam a elevada resistência de *Acinetobacter baumannii* a carbapenêmicos, cefalosporinas de terceira geração e quinolonas,

com taxas superiores a 80%, mantendo sensibilidade principalmente às polimixinas. Além disso, *Pseudomonas aeruginosa* e Enterobacteriaceae, como *Klebsiella pneumoniae*, frequentemente apresentam mecanismos de multirresistência, incluindo a produção de β -lactamases de espectro estendido e carbapenemases⁴.

Entre os Gram-positivos, destaca-se a ocorrência de *Staphylococcus aureus* resistente à meticilina, com prevalências que podem ultrapassar 40% em algumas séries, configurando um importante desafio terapêutico⁵.

O uso inadequado e indiscriminado de antibióticos no ambiente hospitalar constitui um dos principais fatores que impulsionam a emergência e disseminação de microrganismos multirresistentes. Em unidades de terapia intensiva, onde a antibioticoterapia empírica é frequentemente empregada, a exposição prolongada a esses fármacos favorece a seleção de cepas resistentes, especialmente em pacientes sob ventilação mecânica⁶.

Diante desse cenário, torna-se evidente a necessidade de estratégias voltadas à prescrição racional de antimicrobianos, ao monitoramento contínuo dos perfis de sensibilidade e à implementação de programas eficazes de controle de infecções. Tais medidas são essenciais para reduzir a disseminação de patógenos resistentes e melhorar os desfechos clínicos em pacientes críticos⁷.

O objetivo deste estudo é analisar o panorama atual das etiologias bacterianas e dos perfis de sensibilidade antimicrobiana associados à pneumonia relacionada à ventilação mecânica nos

últimos anos, por meio de uma revisão da literatura. Buscou-se reunir e avaliar as evidências mais recentes, a fim de contribuir para a atualização das práticas clínicas em Unidades de Terapia Intensiva, subsidiar a elaboração de protocolos terapêuticos baseados em evidências e identificar lacunas no conhecimento que orientem futuras pesquisas.

Material e Método

Trata-se de uma revisão integrativa da literatura cujo objetivo foi identificar, reunir e analisar evidências científicas relacionadas às etiologias bacterianas e o perfil de sensibilidade a antimicrobianos em culturas de pacientes com PAVM. Essa modalidade de revisão permite a síntese de resultados de pesquisas sobre um tema específico, de forma sistemática e ordenada, favorecendo a compreensão do estado atual do conhecimento e identificando lacunas na produção científica.

A pesquisa foi composta por cinco etapas norteadoras: 1) Elaboração da principal questão norteadora da pesquisa: “O que há na literatura sobre as etiologias bacterianas e o perfil de sensibilidade a antimicrobianos em culturas de pacientes com PAVM?”; 2) Busca de trabalhos relacionados ao tema publicados nos anos de 2020 a 2025, em concordância aos critérios de inclusão e de exclusão; 3) Coleta de dados; 4) Análise crítica e extração de dados dos artigos selecionados e 5) Discussão de resultados.

A busca dos estudos foi realizada nas bases PubMed, Cochrane Library e Biblioteca Virtual em Saúde (BVS). Foram considerados termos relacionados à pneumonia associada à ventilação mecânica, incluindo suas variações e siglas. Também foram abordados conceitos referentes a

infecções bacterianas, microbiologia, etiologia e agentes causadores. Além disso, incluíram-se aspectos relacionados à sensibilidade antimicrobiana, resistência bacteriana e realização de antibiograma.

A seleção dos estudos seguiu critérios previamente definidos, foram considerados elegíveis os artigos publicados nos últimos cinco anos, compreendendo o período de janeiro de 2020 a setembro de 2025, disponíveis nos idiomas português e inglês. Foram incluídas apenas artigos primários e originais que abordassem etiologias bacterianas e o perfil de sensibilidade a antimicrobianos em culturas de pacientes que desenvolveram PAVM em pacientes adultos (com idade igual ou superior a 18 anos).

Em contrapartida, foram excluídos da análise artigos não disponíveis na íntegra, duplicados ou que não estivessem disponíveis de forma gratuita.

A triagem dos estudos foi realizada em duas etapas: inicialmente, os títulos e resumos foram analisados para verificar a adequação aos critérios de inclusão. Em seguida, os artigos potencialmente elegíveis foram lidos na íntegra para confirmação da elegibilidade. Todo o processo de seleção foi realizado por dois revisores de forma independente, e eventuais discordâncias foram resolvidas por consenso, a fim de garantir rigor metodológico e reduzir o risco de vies.

Por se tratar de uma pesquisa bibliográfica e não envolver diretamente pesquisa com humanos, este estudo não necessitou de aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa. Este trabalho é fundamentado nas diretrizes e normas regulamentadoras estabelecidas nas resoluções nº 466/2012 e

580/2018 do Conselho Nacional de Saúde do Ministério da Saúde.

Resultados e Discussão

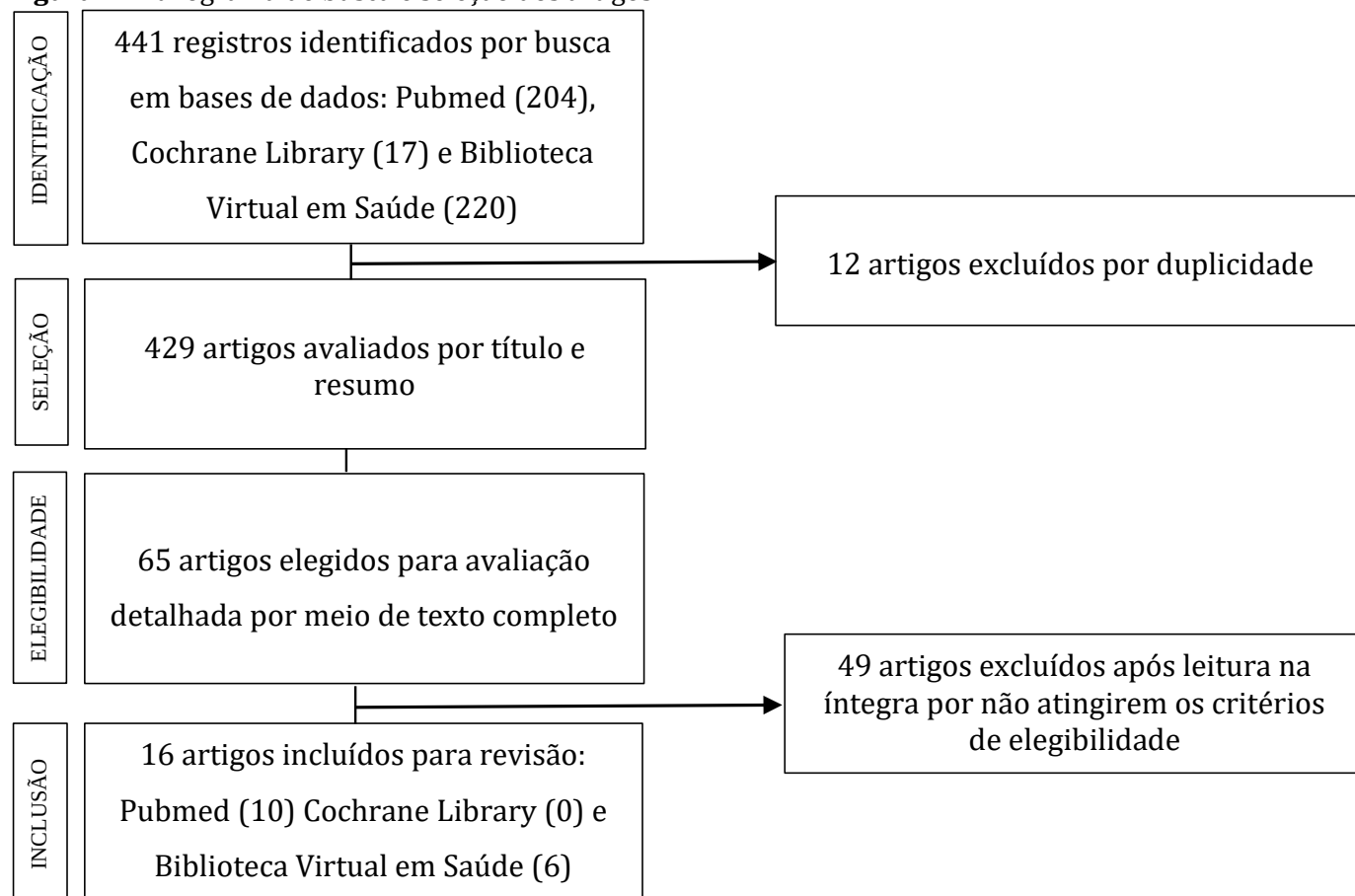
Foram identificados 441 artigos nas bases de dados consultadas, incluindo PubMed, Cochrane Library e Biblioteca Virtual em Saúde (BVS). Após a remoção de duplicatas, 429 registros foram submetidos à triagem por título e resumo. Desses, 364 artigos foram excluídos por não atenderem aos critérios de inclusão ou por não apresentarem relação com a temática da revisão.

Na etapa seguinte, 65 artigos foram avaliados em texto completo para verificação da elegibilidade. Após essa análise, 49 estudos foram excluídos por não atenderem aos critérios estabelecidos. Ao final do processo de seleção, 16 artigos foram incluídos

na revisão, sendo 10 provenientes da PubMed, nenhum da Cochrane Library e 6 da BVS.

Os estudos incluídos abordaram detalhadamente o perfil microbiológico de pacientes com PAVM, identificando os principais microrganismos envolvidos na infecção e avaliaram de forma sistemática a sensibilidade e os padrões de resistência antimicrobiana, com destaque para microrganismos multirresistentes, contribuindo para uma melhor compreensão da distribuição dos patógenos e dos desafios terapêuticos associados à PAVM. Foram excluídos estudos que abordavam apenas um tipo de antibiótico específico, um tipo bacteriano, biofilme e a PAVM em apenas um perfil de paciente.

Figura 1. Fluxograma de busca e seleção dos artigos.



Quadro 1. Descrição dos artigos selecionados na busca.

Título, Autor e Ano	Tipo de Estudo	Objetivos	População/ Amostra	Principais Resultados
The use of antibiotics for ventilator-associated pneumonia in the intensive care unit based on MIMIC-IV. Yang <i>et al.</i> 2022 ⁸	Estudo observacional retrospectivo (análise de banco de dados MIMIC-IV).	Explorar as características clínicas, distribuição de patógenos, perfis de resistência e uso de antibióticos em pacientes com pneumonia associada à ventilação mecânica (PAVM) em UTI.	2.068 pacientes adultos com PAVM, identificados no banco de dados MIMIC-IV.	Principais microrganismos isolados: Predomínio de bactérias Gram-negativas (<i>Acinetobacter spp.</i> , <i>Klebsiella pneumoniae</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i>) e presença de Gram-positivos como <i>Staphylococcus aureus</i> . Perfil de sensibilidade: Resistência bacteriana considerada baixa (<25%) para os principais antimicrobianos; vancomicina e cefalosporinas (1ª e 4ª geração) foram as mais utilizadas, com melhores desfechos quando combinadas. Principais resultados sobre resistência e desfechos clínicos: Uso frequente de cefalosporinas + vancomicina em pacientes com PAVM; Combinação FirGC + vancomicina associada a maior sobrevida.
Ventilator-associated Pneumonia: A Prospective Observational Study. Natarajan <i>et al.</i> 2025 ⁹	Estudo prospectivo observacional.	Identificar fatores de risco e o perfil microbiológico (principais microrganismos e sensibilidade a antimicrobianos) em casos de PAVM.	138 pacientes adultos (≥18 anos) que permaneceram em ventilação mecânica por mais de 48h.	Principais microrganismos isolados: <i>Acinetobacter baumannii</i> (mais comum), <i>Klebsiella pneumoniae</i> (segundo mais comum), <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Stenotrophomonas maltophilia</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Shingomonas paucimobilis</i> ; <i>Staphylococcus aureus</i> (1 isolado, 3,3%) Perfil de sensibilidade: 100% ESBL; 13,3% MDR; 66,7% XDR; 0% PDR Principais resultados sobre resistência e desfechos clínicos: Incidência de 34,7/1.000 dias de VM; 21,7% dos pacientes desenvolveram PAVM; mortalidade 50% vs. 18,5% sem PAVM; fatores de risco: idade >55 anos, ventilação ≥7 dias, doença pulmonar crônica
Bronchoalveolar lavage of ventilator-associated pneumonia patients for antibiotic resistance and susceptibility test. Ahmadinejad <i>et al.</i> 2021 ¹⁰	Estudo descritivo transversal.	Avaliar a prevalência de diferentes patógenos envolvidos em pneumonia associada à ventilação mecânica (PAVM) e o padrão de resistência e sensibilidade a antibióticos desses patógenos, utilizando amostras de lavagem broncoalveolar (BAL).	335 pacientes adultos internados em UTI sob ventilação mecânica por pelo menos 48 horas, no Shahid Madani Educational and Medical Center, Irã, entre 2018 e 2020.	Principais microrganismos isolados: <i>Acinetobacter baumannii</i> (40%) – mais comum; <i>Pseudomonas aeruginosa</i> (21,2%); <i>Staphylococcus aureus</i> (13,4%); <i>Klebsiella pneumoniae</i> (12,8%); <i>Escherichia coli</i> (4,2%); <i>Enterobacteriaceae</i> (6,3%); <i>Proteus mirabilis</i> (0,9%) e <i>Staphylococcus epidermidis</i> (1,2%) Perfil de sensibilidade: <i>Acinetobacter baumannii</i> : mais suscetível à colistina (85,8%) e tobramicina (32,1%); 100% resistente a ciprofloxacina, cefotaxima e ceftriaxona; <i>Klebsiella pneumoniae</i> : maior suscetibilidade ao imipenem (90,7%); resistência máxima à ceftazidima e levofloxacina (62,8%); <i>Pseudomonas aeruginosa</i> : suscetível à colistina (90,1%); resistente à piperacilina (87,3%); <i>Staphylococcus aureus</i> : suscetível à vancomicina e linezolida (100%); resistente a cefazolina (75,6%); <i>Escherichia coli</i> : suscetível a meropenem, imipenem e amicacina (100%); resistente a ceftazidima e ciprofloxacina (92,9%)
Prevalence of ventilator-associated events and antibiogram of bacterial isolates of ventilator-associated	Estudo transversal realizado em uma unidade de terapia intensiva (UTI).	Determinar a prevalência de eventos associados ao ventilador (VAE) e o perfil de resistência antibiótica dos isolados	1220 pacientes adultos internados em uma UTI e que receberam ventilação mecânica por mais de 48 horas em um hospital	Principais microrganismos isolados: <i>Klebsiella pneumoniae</i> : 35% dos isolados; <i>Acinetobacter baumannii</i> : 33% dos isolados e <i>Pseudomonas aeruginosa</i> : 16% dos isolados Perfil de sensibilidade: <i>Klebsiella pneumoniae</i> (Colistina: 57% de suscetibilidade; Amicacina: 28,5%; Trimetoprima + sulfametoxazol: 24%); <i>Pseudomonas aeruginosa</i> (Imipenem: 70% de suscetibilidade; Meropenem: 60%; Cefoperazona + sulbactam: 60%;

pneumonia in a tertiary care hospital of Uttarakhand. Kori <i>et al.</i> 2023 ¹¹		bacterianos em pacientes com pneumonia associada ao ventilador (VAP) em um hospital terciário de Uttarakhand, Índia.	terciário de Uttarakhand, Índia.	Colistina: 60%). <i>Acinetobacter baumannii</i> (Colistina: 85% de suscetibilidade; Tigeciclina: 65% e Trimetoprima + sulfametoxazol: 25%) Principais resultados sobre resistência: <i>Klebsiella pneumoniae</i> : Resistência elevada a aminoglicosídeos e fluoroquinolonas, com baixa suscetibilidade a colistina. <i>Pseudomonas aeruginosa</i> : Alta resistência a β -lactâmicos, com suscetibilidade moderada a carbapenêmicos e colistina. <i>Acinetobacter baumannii</i> : Elevada resistência a múltiplas classes de antibióticos, com colistina mostrando a maior taxa de suscetibilidade entre os antimicrobianos testados.
Microbial etiologies of ventilator-associated pneumonia (VAP) in intensive care unit of Beni-Suef University's Hospital. Maebed <i>et al.</i> 2021 ¹²	Observacional prospectivo.	Identificar os principais patógenos de VAP e seu perfil de resistência.	213 pacientes em ventilação mecânica por >48h no ICU de Beni-Suef University Hospital, Egito; 60 desenvolveram VAP.	Principais microrganismos isolados: Predomínio de Gram-negativos: <i>Klebsiella pneumoniae</i> , <i>Acinetobacter spp.</i> , <i>Pseudomonas</i> , <i>Moraxella</i> , <i>E. coli</i> e outros. Padrão de sensibilidade e resistência: Maioria resistente a múltiplas classes; <i>Klebsiella</i> mais sensível a aminoglicosídeos e fluoroquinolonas; <i>Acinetobacter</i> altamente resistente. Alta prevalência de MDR e XDR; alguns isolados PDR; VAP associada a bactérias multirresistentes.
A clinical study on the pattern of antimicrobial drug use and drug resistance in patients with ventilator-associated pneumonia in a tertiary care hospital. Rezia, Abisha e Vijendra. 2023 ¹³	Observacional prospectivo.	Avaliar padrão de uso de antimicrobianos, identificar organismos causadores de PAV e seu perfil de sensibilidade/resistência.	60 pacientes ≥ 18 anos com pneumonia associada à ventilação mecânica internados no Hospital e Centro de Pesquisa do Instituto de Ciências Médicas Kempegowda, Bengaluru, Índia.	Microorganismos mais comuns: <i>Acinetobacter spp.</i> , <i>Klebsiella pneumoniae</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> (incluindo CoNS), <i>Enterococcus spp.</i> Sensibilidade: Linezolida, Meropenem, Vancomicina, Polimixina B, Colistina, Levofloxacino, Piperacilina + Tazobactam (FDC), Cefepima, Cefixima, Azitromicina, Claritromicina, Gentamicina, Netilmicina Resistência: Amoxicilina + ácido clavulânico (FDC), Ampicilina, Cefoperazona, Cefoxitina, Ceftriaxona, Ciprofloxacino, Eritromicina, Amicacina, Cotrimoxazol, Tetraciclina
Study of microbiological and antibiotic sensitivity pattern of ventilator associated pneumonia (VAP) in ICU of a tertiary care hospital in Nepal. Mishra <i>et al.</i> 2020 ¹⁴	Estudo clínico epidemiológico, prospectivo e aberto	Analisar os agentes microbiológicos responsáveis pela pneumonia associada à ventilação (VAP) em pacientes de UTI e seus padrões de sensibilidade a antibióticos.	100 pacientes adultos admitidos em UTI e submetidos à ventilação mecânica invasiva.	Principais microrganismos isolados: <i>Klebsiella pneumoniae</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Acinetobacter baumannii</i> e <i>Staphylococcus aureus</i> . Observou-se alta resistência de <i>K. pneumoniae</i> a cefalosporinas e aminoglicosídeos, <i>P. aeruginosa</i> e <i>A. baumannii</i> multirresistentes e <i>S. aureus</i> resistente à oxacilina, sensível a vancomicina.
Antimicrobial resistance pattern in	Retrospectivo observacional / monitoramento	Monitorar a evolução ao longo de dez	338 pacientes adultos em ventilação	Principais microrganismos isolados: Gram-negativos: <i>Klebsiella pneumoniae</i> , <i>Acinetobacter spp.</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i>

aerobic bacteria isolated from endotracheal aspirate in ventilator-associated pneumonia: Ten years observation from a tertiary care hospital. Rao <i>et al.</i> 2024 ¹⁵	de tendência temporal	anos (2008, 2013 e 2018) do perfil de microrganismos e do padrão de resistência antimicrobiana em bactérias isoladas de aspirado endotraqueal de pacientes adultos com pneumonia associada à ventilação mecânica (VAP) em um hospital terciário.	mecânica ≥48h com suspeita clínica de VAP (Clinical Pulmonary Infection Score >6)	Perfil de sensibilidade e resistência: Resistência crescente a aminoglicosídeos, levofloxacino, piperacilina/tazobactam e carbapenêmicos ao longo da década. MDR emergente; resistência de <i>Acinetobacter spp.</i> a carbapenêmicos aumentou de 20% (2008) para 82,2% (2018); tendência similar em outros gram-negativos
Microbial profile and antimicrobial resistance patterns in ventilator-associated pneumonia (VAP): A cross-sectional study from Syria. Khalil. <i>et al.</i> 2025 ¹⁶	Estudo transversal prospectivo	Determinar o perfil bacteriano e seu espectro antibiótico em pacientes com pneumonia associada à ventilação mecânica (PAV) e investigar os fatores de risco para PAV e a presença de patógenos multirresistentes (MDR).	105 pacientes, com idade acima de 12 anos, com suspeita clínica de PAV em UTIs de dois hospitais universitários da Síria.	Principais microrganismos isolados: O patógeno mais comumente isolado entre as bactérias Gram-negativas foi <i>Acinetobacter</i> (33,3%), seguido por <i>Enterobacter</i> e <i>Klebsiella</i> (20,3% cada). Houve também presença de <i>Pseudomonas</i> e <i>Proteus</i>. A bactéria Gram-positiva mais comum foi <i>MRSA</i> (<i>Staphylococcus aureus</i> resistente à meticilina) (13%), apresentando também <i>Staphylococcus aureus</i> sensível à meticilina (MSSA). Alta prevalência de bactérias Gram-negativas (82,6%), sendo germes multirresistentes em geral. Perfil de sensibilidade e resistência: A resistência geral de Gram-negativos foi alta para fluoroquinolonas (91,2% para ciprofloxacino e levofloxacino), cefalosporinas de terceira geração (98,2% para ceftriaxona), carbapenêmicos (78,9% para imipenem, 86% para meropenem e 91,2% para piperacilina/tazobactam) e amicacina (83,2%), sendo que todos eles foram sensíveis à colistina. Os patógenos Gram-positivos foram compostos por <i>MRSA</i> (nove pacientes) e <i>Staphylococcus aureus</i> sensível à meticilina (MSSA) (três pacientes). A resistência geral dos patógenos Gram-positivos foi alta para penicilinas (75% para oxacilina e amoxicilina-clavulanato), enquanto não houve resistência para tetraciclina, vancomicina, linezolida, tigeciclina e trimetoprima-sulfametoxazol (100% sensível).
A Retrospective Closed Cohort Study on Distribution of Multidrug-Resistant Bacteria in Ventilator-Associated Pneumonia and its Impact on Patient Outcome. Mantri <i>et al.</i> 2024 ¹⁷	Estudo retrospectivo de coorte fechada unicêntrico	Determinar a PAVM com organismos multirresistentes (MR) e o efeito da doença com organismos MR nos desfechos e padrões de sensibilidade desses germes.	Pacientes admitidos na UTI adulto entre 1º de abril de 2021 e 31 de março de 2022 que foram submetidos à ventilação mecânica por um período superior à 48 horas, totalizando 447 pacientes, dos quais pacientes com PAV (N=133) e especialmente PAV por	Principais microrganismos isolados: <i>Klebsiella</i> (42,1%), <i>Acinetobacter</i> (36,8%), <i>Pseudomonas</i> (24,1%), <i>Escherichia coli</i> (8,3%), <i>Stenotrophomonas</i> (5,3%), <i>MRSA</i> (4,5%), <i>VRE</i> (1,5%) e outras (6%). Em pacientes com PAV por organismos MR 50% foi por <i>Acinetobacter</i> e 46,9% por <i>Klebsiella</i>. Perfil de sensibilidade e resistência: Os dois principais antibióticos utilizados para o tratamento de PAV-MR foram Meropenem (79,2%) e Colistina (61,5%). Houve uma alta taxa de resistência a carbapenêmicos pela <i>Klebsiella</i>, <i>Pseudomonas aeruginosa</i> e espécies de <i>Acinetobacter</i>. <i>Escherichia coli</i>, <i>Serratia marcescens</i>, <i>Burkholderia cepacia</i>, <i>Stenotrophomonas maltophilia</i> e <i>Hemophilus influenzae</i>, por outro lado, foram pan-sensíveis. A resistência ao meropenem foi maior em <i>Klebsiella</i> e <i>Acinetobacter</i>, mas <i>Pseudomonas</i> foi mais sensível no grupo de pacientes com COVID que desenvolveram

			organismos multirresistentes (N=96) foram analisados e estudados.	PAV do que no grupo não-COVID. Todos os três isolados de <i>Escherichia coli</i> foram suscetíveis a piperacilina-tazobactam, meropenem e ampicilina.
Causative bacteria of ventilator-associated pneumonia in intensive care unit in Bahrain: Prevalence and antibiotics susceptibility pattern. Hassan <i>et al.</i> 2023 ¹⁸	Estudo observacional transversal prospectivo	Definir a incidência de PAV na unidade de terapia intensiva (UTI) do hospital do governo central no Bahrein e revisar os fatores de risco e os patógenos bacterianos predominantes com seu padrão de suscetibilidade antimicrobiana.	Pacientes admitidos na UTI adulto durante novembro de 2019 e junho de 2020 (N=155), maiores de 14 anos e que foram submetidos à ventilação mecânica. 46 desenvolveram PAV.	Principais microrganismos: Na PAV de início precoce, bactérias gram-negativas formaram 89% do total de isolados (75% eram MDR), seguidas por <i>Candida</i> (11%). Nenhum isolado gram-positivo foi detectado. <i>Acinetobacter baumannii</i> foi a bactéria gram-negativa isolada mais comum (50%); todas eram MDR. <i>Klebsiella pneumoniae</i> foi a segunda bactéria gram-negativa mais comum (37,5%) isolada; dois terços eram MDR. Na PAV de início tardio, bactérias gram-negativas formaram 81% do total de isolados (70% eram MDR), seguidas por gram-positivas (13,5%) e <i>Candida</i> (5,4%). <i>Acinetobacter baumannii</i> foi a bactéria gram-negativa mais comumente isolada (50%); 93% eram MR. <i>Klebsiella pneumoniae</i> foi a segunda bactéria gram-negativa mais comumente isolada (16,6%); todas eram MR. <i>Pseudomonas aeruginosa</i> foi detectada em 8% dos casos de PAV tardia, 33% dos quais eram MR. Perfil de sensibilidade e resistência: <i>Acinetobacter baumannii</i> apresentou 100% de suscetibilidade à colistina, 37% de suscetibilidade à trimetoprima/sulfametoxazol, gentamicina e ampicilina, 21% de suscetibilidade à tigeciclina, baixa suscetibilidade (5%) à ciprofloxacina, piperacilina-tazobactam, cefepima, meropenem, imipenem e ertapenem, e resistência à levofloxacina. <i>Klebsiella pneumoniae</i> apresentou 87,5% de suscetibilidade à tigeciclina, 62,5% de suscetibilidade à colistina, 50% de suscetibilidade à trimetoprima/sulfametoxazol, 37% de suscetibilidade à gentamicina e ampicilina, 12,5% de suscetibilidade à levofloxacina, cefepima, meropenem, imipenem, ertapenem, amoxiclav, cefuroxima e ceftriaxona. No entanto, apresentou resistência completa à ceftazidima e à piperacilina-tazobactam. <i>Pseudomonas aeruginosa</i> apresentou 100% de suscetibilidade a Ceftazidima, Piperacilina-Tazobactam, Cefepima, Colistina, Gentamicina, Ampicilina e Ciprofloxacina, e 66,6% de suscetibilidade a Meropenem, Imipenem e Ertapenem. MRSA apresentou 100% de suscetibilidade a Eritromicina, Clindamicina, Tetraciclina e Vancomicina.
Ventilator-associated pneumonia: incidence, microbial etiology and antimicrobial resistance profile. Alvares <i>et al.</i> 2021 ¹⁹	Estudo descritivo, documental, com abordagem quantitativa	Determinar e avaliar a incidência de pneumonia associada à ventilação mecânica (PAV), estabelecer o perfil dos pacientes internados e determinar a frequência dos microrganismos isolados, bem como seu perfil	Pacientes internados na UTI Geral que desenvolveram PAV nos anos de 2018 e 2019. (N=146).	Principais microrganismos: Um total de 108 microrganismos foram isolados em todas as culturas, sendo a maioria bactérias Gram-negativas (n=88; 81,5%). As bactérias não fermentadoras foram as mais frequentes (n=46; 42,6%), seguidas pelas enterobactérias (n=42; 38,9%). Entre as Gram-positivas, as espécies isoladas foram <i>Staphylococcus aureus</i> (n=17; 15,7%) e <i>Streptococcus pneumoniae</i> (n=2; 1,9%). Em apenas uma amostra foi observada a presença de <i>Candida albicans</i> (0,9%). As bactérias multirresistentes mais frequentes foram <i>A. baumannii</i> (87,5% das cepas resistentes) e <i>Enterobacter spp</i> (80% das cepas resistentes) Perfil de sensibilidade e resistência: Em relação às bactérias não fermentadoras, observou-se uma frequência significativa de cepas de <i>A. baumannii</i>

		de resistência aos antimicrobianos.		resistentes ao imipenem (82,3%), meropenem (82,3%), ciprofloxacino (82,3%), ceftazidima (64,7%) e cefepima (70,5%). Já as cepas de <i>P. aeruginosa</i> apresentaram maior resistência à ceftriaxona (85,0%) e ao imipenem (40,0%). Ambos os microrganismos foram sensíveis às polimixinas. Os sete isolados de <i>Stenotrophomonas maltophilia</i> apresentaram sensibilidade a todos os antimicrobianos testados, e as cepas de <i>Burkholderia cepacia</i> apresentaram resistência ao ciprofloxacino (100%) e à piperacilina-tazobactam (50,0%). Entre as enterobactérias, não foi observada resistência aos carbapenêmicos e à colistina. Porém, 80,9% dos isolados apresentaram resistência à ampicilina, 50,0% à ampicilina sulbactam, e 47,6% à cefuroxima. Quanto aos isolados de <i>S. aureus</i> , 88,8% apresentaram resistência à penicilina, 41,1% à azitromicina, 41,1% à eritromicina, 23,6% à clindamicina, 17,7% à oxacilina e 11,8% ao ciprofloxacino.
Antimicrobial Susceptibility among Pathogens Isolated in Early- versus Late-Onset Ventilator-Associated Pneumonia. Ben Lakhal <i>et al.</i> 2021 ²⁰	Estudo observacional prospectivo	Determinar a incidência de bactérias MDR nos primeiros episódios de PAV e investigar possíveis diferenças no perfil bacteriológico entre PAVs precoces e tardias.	Foram incluídos todos os pacientes, com idade superior a 14 anos, em ventilação mecânica há pelo menos 48 h e que desenvolveram um primeiro episódio de PAV durante o período do estudo. (N=60)	Principais microrganismos isolados: <i>Acinetobacter baumannii</i> (53%), <i>Pseudomonas aeruginosa</i> (37%), <i>Enterobacteriales</i> (28%), <i>Staphylococcus aureus</i> (5%), sendo 2% de MSSA e 1% de MRSA. Perfil de sensibilidade e resistência: <i>A. baumannii</i> apresentou resistência a todos os grupos de drogas, incluindo carbapenêmicos, exceto colistina. Dentre os 22 isolados de <i>P. aeruginosa</i> , 44% foram resistentes aos carbapenêmicos. Todos os <i>Enterobacteriales</i> permaneceram suscetíveis aos carbapenêmicos, mas 71% deles foram resistentes às cefalosporinas expandidas pela produção de um ESBL. Não foi observada resistência à colistina entre os isolados bacterianos estudados e 97% dos isolados testados eram bactérias MDR.
Microorganism s and clinical outcomes of early- and late-onset ventilator-associated pneumonia at Srinagarind Hospital, a tertiary center in Northeastern Thailand. Arayasukawat <i>et al.</i> 2021 ²¹	Estudo transversal	Comparar os patógenos multirresistentes (MDR), os resultados do tratamento e os fatores associados à mortalidade hospitalar da PAV.	190 pacientes que foram diagnosticados com PAV.	Principais microrganismos isolados: Os patógenos causadores foram principalmente bactérias gram-negativas (97,4%), enquanto bactérias gram-positivas foram isoladas em 2,6%. Os patógenos mais comuns foram <i>A. baumannii</i> (52,1%), <i>Klebsiella pneumoniae</i> (15,3%), <i>Stenotrophomonas maltophilia</i> (13,2%), <i>P. aeruginosa</i> (8,9%). Perfil de sensibilidade e resistência: Os patógenos multirresistentes foram identificados 77,4%; 3,7% das bactérias produtoras de ESBL, 5,3% das CRE, 1,6% das MRSA e 66,8% das outras bactérias gram-negativas MDR. Os três patógenos mais comuns foram <i>A. baumannii</i> , <i>P. aeruginosa</i> e <i>K. pneumoniae</i> . <i>A. baumannii</i> que resistiram principalmente a carbapenêmicos, cefoperazona / sulbactam, piperacilina / tazobactam, mas ainda era suscetível à colistina. <i>P. aeruginosa</i> resistiu principalmente aos carbapenêmicos, mas ainda era suscetível à ceftazidima, piperacilina/tazobactam e levofloxacina. 47% de <i>K. pneumoniae</i> foi produtor de ESBL. Os carbapenêmicos tiveram atividade contra <i>K. pneumoniae</i> produtora de ESBL.
Changes in immune indicators and bacteriologic profile were associated with	Estudo observacional	Explorar e identificar fatores imunológicos prognósticos relacionados à	Um total de 478 pacientes em uso de ventilador mecânico que foram internados de julho de 2014	Principais microrganismos isolados: Um total de 137 bactérias patogênicas foram isoladas; As bactérias gram-negativas foram as principais bactérias. <i>Acinetobacter baumannii</i> (35,9%), <i>Klebsiella pneumoniae</i> (25,2%), <i>Pseudomonas aeruginosa</i> (15,5%), <i>Escherichia coli</i> (13,6%), <i>Pneumococcus</i>

patients with ventilator-associated pneumonia. Yao <i>et al.</i> 2020 ²²		pneumonia associada à ventilação mecânica (PAV) e detectar ainda mais os patógenos resistentes a medicamentos para estabelecer a orientação teórica para estratégias clínicas de prevenção e tratamento de PAV.	a novembro de 2016 no hospital do estudo. Sendo que a amostra de pacientes com PAV foi de 103.	(12,7%), <i>Staphylococcus aureus</i> (5,8%). Perfil de sensibilidade e resistência: A maior taxa de resistência de <i>E coli</i> à ampicilina foi de 57,1%. A maior taxa de resistência ao Aztreonam foi de 53,8% e 68,8% para <i>K pneumoniae</i> e <i>P aeruginosa</i> . A resistência da piperacilina a <i>A baumannii</i> foi a mais alta. Tanto o <i>S aureus</i> quanto o <i>S pneumoniae</i> têm a maior taxa de resistência à penicilina de 100%, e as taxas de resistência à vancomicina são as mais baixas em 5,6% e 0%.
Microbiological profile of ventilator-associated pneumonia among intensive care unit patients in tertiary Egyptian hospitals. Farag <i>et al.</i> 2020 ²³	Estudo de fatores de risco	Determinar o perfil microbiano de casos clinicamente suspeitos de PAV em pacientes de UTI, sob VM, em dois hospitais egípcios terciários no Cairo, determinar os padrões de suscetibilidade antimicrobiana de microrganismos isolados e investigar a relação genética e/ou diversidade entre os microrganismos isolados mais frequentes.	78 pacientes com suspeita clínica de PAV na UTI em dois hospitais da Universidade Al-Azhar no Cairo, o hospital El-Hussein e o hospital Sayed Galal, durante um período de um ano, de agosto de 2016 a agosto de 2017.	Principais microrganismos isolados: Gram-negativos - <i>Klebsiella spp.</i> (34%), <i>Pseudomonas aeruginosa</i> (20,8%), <i>Acinetobacter baumannii</i> (11,3%), <i>Escherichia coli</i> (5,6%). Gram-positivos - <i>Staphylococcus aureus</i> (5,6%), <i>Enterococcus faecalis</i> (1,9%). Fungos - <i>Candida spp.</i> (7,5%) e <i>Cryptococcus laurentii</i> (1,9%). Perfil de sensibilidade e resistência: 39,6% (19/48) dos isolados bacterianos eram multirresistentes enquanto 40% (2/5) dos isolados fúngicos eram multirresistentes. Em relação às bactérias Gram-negativas, todos os isolados foram sensíveis à colistina, exceto <i>A. salmonicida</i> e <i>C. pauculus</i> . Isolados de <i>Klebsiella spp.</i> apresentaram frequência de sensibilidade de 73% para cada um dos seguintes: amicacina, meropenem e azitromicina. Os isolados de <i>P. aeruginosa</i> apresentaram alta sensibilidade à azitromicina e claritromicina de 100% e 91%, respectivamente. Os isolados Gram-positivos apresentaram sensibilidade à teicoplanina, doxiciclina e novobiocina. O estudo da suscetibilidade antifúngica revelou que todos os isolados eram resistentes aos antifúngicos testados, enquanto <i>Candida spp.</i> era suscetível ao itraconazol.

Considerando os estudos analisados, os tamanhos amostrais variaram entre 60^{20,13} a 2.068⁸ indivíduos avaliados. De acordo com os desenhos dos estudos avaliados, reuniram-se 6.201 participantes. Quanto ao delineamento metodológico, os 16 estudos foram de caráter observacional: 10 (62,5 %) prospectivos e 6 (37,5 %) retrospectivos.

Quanto aos continentes de origem, a maioria dos estudos foi proveniente da Ásia e da região do Oriente Médio, correspondendo a 7 artigos (90%)

em cada um deles, totalizando 14, seguido de 1 da Europa (5%) e apenas 1 da América (5%). O Brasil contribuiu com o único artigo da América¹⁹. Ademais, um dos estudos que foi realizado na China utilizou dados de Unidades de Terapia Intensiva dos Estados Unidos⁸.

Analisando os resultados obtidos nos estudos, o perfil microbiológico da PAVM é majoritariamente composto por bactérias gram-negativas, com predomínio de espécies dos gêneros *Acinetobacter*

baumannii, *Klebsiella pneumoniae* e *Pseudomonas aeruginosa*.

Foram identificados patógenos como *Stenotrophomonas maltophilia* e *Escherichia coli*, porém em menor frequência. Entre os gram-positivos, o *Staphylococcus aureus* resistente à meticilina (MRSA) foi o agente etiológico mais prevalente.

A *Acinetobacter baumannii* foi o patógeno gram-negativo mais prevalente entre os estudos incluídos, surgindo de forma consistente como o principal agente etiológico da PAVM.

Sua presença recorrente reflete uma tendência global de expansão desse microrganismo nos ambientes de terapia intensiva, impulsionada por sua alta capacidade de sobrevivência e adaptação a condições adversas.

Dados longitudinais apresentados por um dos estudos¹⁵ reforçam essa predominância ao demonstrar que os gram-negativos representaram 94,96% dos isolados ao longo de mais de uma década, com aumento expressivo da proporção de *Acinetobacter* spp., que passou de 18,12% para 36,29%.

Essa trajetória ascendente evidencia um avanço sustentado da espécie e sugere um desafio epidemiológico crescente para o controle da PAVM.

Em paralelo, a *Klebsiella pneumoniae* também se destacou como agente de grande relevância, apresentando prevalências que variaram entre 35% e 46,7% em alguns cenários regionais^{11,12}.

Esses achados revelam localidades em que *Klebsiella pneumoniae* supera inclusive a prevalência de *Acinetobacter baumannii*, o que demonstra a heterogeneidade geográfica da distribuição desses patógenos²⁴.

A *Pseudomonas aeruginosa* também ocupou posição de destaque entre os patógenos gram-negativos, não apenas por sua frequência, mas pelo perfil crítico de resistência que apresenta. Um estudo realizado na Síria relatou a resistência universal da espécie aos principais antimicrobianos empregados como terapia inicial — incluindo carbapenêmicos, fluoroquinolonas e cefalosporinas de terceira geração — configurando um cenário terapêutico altamente desafiador¹⁶.

Resultados semelhantes foram observados por outra pesquisa que identificou taxas igualmente elevadas de resistência a carbapenêmicos em *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella pneumoniae* e espécies de *Acinetobacter baumannii*¹⁷.

A combinação desses achados evidencia uma pressão seletiva crescente que favorece a expansão de microrganismos multirresistentes (MDR), com repercussões diretas sobre mortalidade, tempo de internação e custos hospitalares.

De forma conjunta, a predominância de *Acinetobacter baumannii*, *Klebsiella pneumoniae* e *Pseudomonas aeruginosa* consolida um panorama preocupante para o manejo da PAVM, marcado pela circulação de gram-negativos altamente adaptáveis e resistentes.

Esse cenário reforça a necessidade urgente de estratégias robustas de vigilância microbiológica, políticas de uso racional de antimicrobianos e adoção de terapias inovadoras que possam mitigar o avanço de cepas MDR, preservando a efetividade dos antimicrobianos disponíveis e melhorando os desfechos clínicos dos pacientes críticos.

Embora a etiologia bacteriana predomine de forma expressiva nos casos de PAVM, alguns estudos também relataram a presença de fungos no

trato respiratório inferior, destacando a complexidade microbiológica envolvida na infecção. Um estudo realizado no Egito identificou *Candida* spp. e *Cryptococcus laurentii* em 9,5% das culturas analisadas, observando resistência universal aos antifúngicos testados, exceto no caso de *Candida* spp., que manteve sensibilidade ao itraconazol²³.

Nesse mesmo estudo, cerca de 40% dos isolados apresentavam perfil multirresistente (MDR). Embora a PAVM fúngica seja incomum, pacientes sob ventilação mecânica prolongada em UTI apresentam taxas elevadas de colonização por *Candida* spp., podendo alcançar até 27%, o que sugere que a presença desses fungos não deve ser negligenciada no contexto clínico²⁵.

Além disso, a literatura evidencia que fungos e bactérias podem interagir de forma sinérgica na formação de biofilmes no tubo orotraqueal (TOT), especialmente espécies como *Candida albicans* e *Pseudomonas aeruginosa*. Essa interação multiespécies contribui para maior virulência microbiana, aumento da resistência a antimicrobianos e maior persistência no ambiente respiratório²⁶.

A presença de biofilmes é um fator reconhecido de pior prognóstico na PAVM²⁷ e a capacidade da *Pseudomonas aeruginosa* de produzir biofilme está fortemente associada à resistência a múltiplos fármacos e à expressão de enzimas como ESBL²⁵.

Esses achados reforçam que, embora menos frequentes, os fungos desempenham papel relevante na dinâmica infecciosa, contribuindo para a complexidade terapêutica e potencial agravamento dos quadros clínicos.

Os perfis de sensibilidade identificados indicam redução progressiva da eficácia dos

antimicrobianos de primeira linha, especialmente entre gram-negativos. *Klebsiella pneumoniae* mostrou maior sensibilidade à colistina (57%) e níveis moderados de resposta à amicacina e ao Cotrimoxazol¹¹, enquanto em outro estudo¹² observou-se predomínio absoluto de linhagens multirresistentes.

Em relação à *Pseudomonas aeruginosa*, alguns isolados ainda mantiveram sensibilidade variável à piperacilina-tazobactam, cefepime e aminoglicosídeos, embora essa sensibilidade tenha sido instável entre os estudos.

Já *S. maltophilia* apresentou sensibilidade preservada ao trimetoprim-sulfametoxazol, corroborando com o padrão descrito na literatura.

Nos gram-positivos, o MRSA manteve sensibilidade elevada à vancomicina, linezolida, tigeciclina, daptomicina e teicoplanina²².

Esses achados sugerem que, apesar do alto potencial de virulência, ainda existem opções terapêuticas eficazes, desde que sua utilização seja racional.

Diante da crescente perda de eficácia de antimicrobianos tradicionais, novas opções terapêuticas como ceftazidima-avibactam e ceftolozana-tazobactam vêm sendo apontadas como alternativas promissoras para o manejo de infecções graves, incluindo PAVM¹⁹.

O perfil de resistência confirma uma tendência crítica: a expansão global de patógenos multirresistentes e pan-resistentes. A *Acinetobacter baumannii* apresentou as maiores taxas de resistência entre todas as espécies analisadas, com crescimento acentuado de resistência a carbapenêmicos — de 20% para 82,2% ao longo de 10 anos¹⁵.

Essa espécie demonstrou resistência elevada à maioria dos antimicrobianos testados, mantendo sensibilidade apenas à colistina^{18,20}.

A situação é agravada pela emergência de resistência à própria colistina, identificada no estudo realizado no Egito²³ em isolados de *A. salmonicida* e *C. pauculus*, micro-organismos historicamente pouco associados a infecções humanas. A perda de sensibilidade à colistina representa um marco preocupante, considerando que esse fármaco é frequentemente utilizado como terapia de resgate diante de infecções MDR²⁷.

A *Pseudomonas aeruginosa* apresentou resistência universal a carbapenêmicos, fluoroquinolonas e cefalosporinas de terceira geração em alguns estudos¹⁶, enquanto *Klebsiella pneumoniae* demonstrou resistência a múltiplos e extensos espectros, especialmente em contextos de alta prevalência de ESBL e KPC.

A menor incidência de gram-positivos nos estudos não reduz sua importância clínica: o MRSA permanece como causa significativa de infecções nosocomiais, com maior letalidade que o *S. aureus* sensível²⁸.

Entretanto, protocolos robustos de prevenção, particularmente em países de alta renda, têm contribuído para redução de sua prevalência.

Do ponto de vista global, observa-se que países de baixa e média renda apresentam maior prevalência de *Acinetobacter baumannii*, influenciada por climas quentes e úmidos²⁴ e por menor controle regulatório sobre o uso de antimicrobianos.

A combinação de sistemas de saúde em desenvolvimento, uso indiscriminado de

antibióticos e ausência de vigilância microbiológica robusta intensifica a resistência microbiana²⁹.

Em contraponto, países de alta renda tendem a apresentar maior proporção de MRSA e *Pseudomonas aeruginosa*, influenciados por práticas rigorosas de controle de infecção e políticas antimicrobianas mais reguladas³⁰.

Como síntese dos achados desta revisão, observa-se que a PAVM permanece como uma condição de alta complexidade clínica e microbiológica, caracterizada pelo predomínio de bacilos gram-negativos cada vez mais resistentes e pela coexistência de fatores que potencializam a virulência microbiana, como a formação de biofilmes e a interação entre fungos e bactérias.

O avanço contínuo de patógenos multirresistentes, especialmente *Acinetobacter baumannii*, *Klebsiella pneumoniae* e *Pseudomonas aeruginosa*, evidencia a urgência de estratégias globais e localmente adaptadas para o manejo da resistência antimicrobiana, incluindo vigilância epidemiológica ativa, rigoroso gerenciamento antimicrobiano e incorporação de novas terapias eficazes no tratamento de infecções graves.

Em paralelo, a compreensão ampliada do ecossistema microbiano da via aérea, que inclui bactérias, fungos e suas interações sinérgicas, reforça que intervenções preventivas, como práticas adequadas de aspiração, manejo do ventilador e protocolos de higiene do TOT, são fundamentais para mitigar a ocorrência e a gravidade da PAVM.

Nesse contexto, o enfrentamento da resistência antimicrobiana não depende apenas de novos fármacos, mas de uma articulação integrada entre políticas públicas, educação profissional,

infraestrutura hospitalar e adesão rigorosa às práticas de prevenção e controle de infecção, de modo a reduzir a carga global da doença e melhorar os desfechos de pacientes criticamente enfermos.

Conclusão

As evidências desta revisão indicam que a PAVM continua sendo um grande desafio nas unidades de terapia intensiva, principalmente devido ao aumento de patógenos gram-negativos multirresistentes.

A alta incidência de *Acinetobacter baumannii*, *Pseudomonas aeruginosa* e *Klebsiella pneumoniae* evidencia a complexidade do tratamento e a redução das opções terapêuticas, refletindo a gravidade e a rápida evolução da resistência antimicrobiana em ambientes hospitalares.

A persistente necessidade de recorrer a antimicrobianos de última linha, como a colistina, indica o esgotamento gradual da eficácia dos fármacos convencionais e destaca a urgência de alternativas terapêuticas mais seguras e acessíveis.

Embora novos agentes ofereçam perspectivas promissoras, sua aplicabilidade ainda enfrenta barreiras relacionadas ao custo, à disponibilidade e ao surgimento contínuo de mecanismos de resistência.

Diante desse contexto, a PAVM deve ser compreendida não apenas como uma infecção grave, mas como um marcador crítico da crise global de resistência antimicrobiana.

O enfrentamento desse problema exige estratégias integradas, que incluam políticas rigorosas de gerenciamento de antimicrobianos, fortalecimento das práticas de prevenção e controle de infecções, investimentos em inovação

terapêutica e melhorias nos diagnósticos microbiológicos.

Assim, a redução da carga da PAVM e a contenção da resistência bacteriana dependem de ações coordenadas entre equipes de saúde, instituições hospitalares e gestores públicos.

Somente por meio de intervenções contínuas, baseadas em evidências e alinhadas às demandas epidemiológicas atuais, será possível aprimorar o cuidado ao paciente crítico, reduzir a mortalidade e frear a disseminação de patógenos multirresistentes.

Referências

1. Ochoa P, Mendoza AR, Molano D, Masclans JR, Parada-Gereda HM. Risk factors and outcomes of ventilator-associated pneumonia: an updated systematic review and meta-analysis. BMC Pulm Med. 2025; 25(1):453.
2. Maldiney T. Endotracheal tube biofilm in critically ill patients during the COVID-19 pandemic: description of an underestimated microbiological compartment. Scientific Reports. 2022; 12(1).
3. Velásquez-García L, Mejía-Sanjuanelo A, Viasus D, Carratalà J. Causative agents of ventilator-associated pneumonia and resistance to antibiotics in COVID-19 patients: A systematic review. Biomedicine. 2022; 10(6):1226.
4. Gales AC, Stone G, Sahm DF, Wise MG, Utt E. Incidence of ESBLs and carbapenemases among Enterobacterales and carbapenemases in *Pseudomonas aeruginosa* isolates collected globally: results from ATLAS 2017-2019. J Antimicrob Chemother. 2023; 78(7):1606-15.
5. Colaneri M, Di Carlo D, Amatu A, Marvulli LN, Corbella M, Petazzoni G, et al. Ventilator-associated pneumonia due to MRSA vs. MSSA: What should guide empiric therapy? Antibiotics (Basel). 2022; 11(7):851.
6. Melo RC, Araújo BC, de Bortoli MC, Toma TS. Gestão das intervenções de prevenção e controle da resistência a antimicrobianos em hospitais: revisão de evidências. Rev Panam Salud Publica. 2020; 44:e35.

7. Foucrier A, Roquilly A, Bachelet D, Martin-Loeches I, Bougle A, Timsit J-F, et al. Antimicrobial Stewardship for Ventilator Associated Pneumonia in Intensive Care (the ASPIC trial): study protocol for a randomised controlled trial. *BMJ Open*. 2023; 13(2):e065293.
8. Yang R, Huang T, Shen L, Feng A, Li L, Li S, et al. The use of antibiotics for ventilator-associated pneumonia in the MIMIC-IV database. *Front Pharmacol*. 2022; 13:869499.
9. Natarajan K, Bahulikar A, Phalgune DS. Ventilator-associated pneumonia: A prospective observational study. *J Assoc Physicians India*. 2025; 73(5):21-4.
10. Ahmadinejad M. Bronchoalveolar lavage of ventilator-associated pneumonia patients for antibiotic resistance and susceptibility test. *Health Science Reports*. 2022.
11. Kori A, Negi N, Chandola I, Roy R, Gairola S, Gaur L. Prevalence of ventilator-associated events and antibiogram of bacterial isolates of ventilator-associated pneumonia in a tertiary care hospital of Uttarakhand. *Iran J Microbiol*. 2023; 15(6):765-70.
12. Maebed A, Zahraa M. Microbial etiologies of ventilator-associated pneumonia (VAP) in intensive care unit of Beni-Suef University's Hospital. *Beni-Suef University Journal of Basic and Applied Sciences*. 2021.
13. Rezia A, Vijendra R. A clinical study on the pattern of antimicrobial drug use and drug resistance in patients with ventilator-associated pneumonia in a tertiary care hospital. *Indian J Pharmacol*. 2023; 55(2):89-96.
14. Mishra DR, Shah DS, Shah N, Prasad JN, Gupta PP, Agrawaal KK. Study of microbiological and antibiotic sensitivity pattern of ventilator associated pneumonia (VAP) in ICU of a tertiary care hospital in Nepal. *J Family Med Prim Care*. 2020; 9(12):6171-6.
15. Rao SV, Thilakchand KR, Boloor R, Suresh S, George T, Pais ML, et al. Antimicrobial resistance pattern in aerobic bacteria isolated from endotracheal aspirate in ventilator-associated pneumonia: Ten years observation from a tertiary care hospital. *J Anaesthesiol Clin Pharmacol*. 2024; 40(2):324-9.
16. Khalil KA, Alsultan M, Daher NA. Microbial profile and antimicrobial resistance patterns in ventilator-associated pneumonia (VAP): A cross-sectional study from Syria. *J Postgrad Med*. 2025; 71(1):7-14.
17. Mantri T, Burad J, Hashmi SA, Jaadi SSAA, Aladawi B, Balushi WAS. A retrospective closed cohort study on distribution of multidrug-resistant bacteria in ventilator-associated pneumonia and its impact on patient outcome. *J Intensive Care Med*. 2025; 40(4):410-7.
18. Hassan ME, Al-Khawaja SA, Saeed NK, Al-Khawaja SA, Al-Awainati M, Radhi SSY, et al. Causative bacteria of ventilator-associated pneumonia in intensive care unit in Bahrain: Prevalence and antibiotics susceptibility pattern. *World J Crit Care Med*. 2023; 12(3):165-75.
19. Alvares F. Ventilator-associated pneumonia: incidence, microbial etiology and antimicrobial resistance profile. *Rev Epidemiologia e Controle de Infecção*. 2021; 1-08.
20. Ben Lakhal H, M'Rad A, Naas T, Brahmi N. Antimicrobial susceptibility among pathogens isolated in early- versus late-onset ventilator-associated pneumonia. *Infect Dis Rep*. 2021; 13(2):401-10.
21. Arayasukawat P. Microorganisms and clinical outcomes of early-and late-onset ventilator-associated pneumonia at Srinagarind Hospital, a tertiary center in Northeastern Thailand. *BMC Pulmonary Medicine*. 2021; (1).
22. Yao J, Guan S, Liu Z, Li X, Zhou Q. Changes in immune indicators and bacteriologic profile were associated with patients with ventilator-associated pneumonia. *Medicine (Baltimore)*. 2020; 99(16):e19716.
23. Farag AM, Tawfick MM, Abozeed MY, Shaban EA, Abo-Shadi MA. Microbiological profile of ventilator-associated pneumonia among intensive care unit patients in tertiary Egyptian hospitals. *J Infect Dev Ctries*. 2020; 14(2):153-61.
24. Udompat P, Rongmuang D, Hershow RC. Modifiable risk factors of ventilator-associated pneumonia in non-intensive care unit versus intensive care unit. *J Infect Dev Ctries*. 2021; 15(10):1471-80.
25. Papazian L, Klompas M, Luyt C-E. Ventilator-associated pneumonia in adults: a narrative review. *Intensive Care Med*. 2020; 46(5):888-906.
26. Mietto C, Pinciroli R, Patel N, Berra L. Ventilator associated pneumonia: evolving definitions and

preventive strategies. *Respir Care*. 2013; 58(6):990-1007.

27. Baidya S, Sharma S, Mishra SK, Kattel HP, Parajuli K, Sherchand JB. Biofilm formation by pathogens causing ventilator-associated pneumonia at intensive care units in a tertiary care hospital: An armor for refuge. *Biomed Res Int*. 2021; 2021:8817700.

28. Lakhundi S, Zhang K. Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus*: Molecular Characterization, Evolution, and Epidemiology. *Clin Microbiol Rev*. 2018; 31(4).

29. Bonell A. A systematic review and meta-analysis of ventilator-associated pneumonia in adults in Asia: An analysis of national income level

on incidence and etiology. *Clinical infectious diseases: an official publication of the Infectious Diseases Society of America*. 2019; 511-8.

30. Torres A, Niederman MS, Chastre J, Ewig S, Fernandez-Vandellos P, Hanberger H, et al. International ERS/ESICM/ESCMID/ALAT guidelines for the management of hospital-acquired pneumonia and ventilator-associated pneumonia: Guidelines for the management of hospital-acquired pneumonia (HAP)/ventilator-associated pneumonia (VAP) of the European Respiratory Society (ERS), European Society of Intensive Care Medicine (ESICM), European Society of Clinical Microbiology and Infectious Diseases (ESCMID) and Asociación Latinoamericana del Tórax (ALAT). *Eur Respir J*. 2017; 50(3):1700582.