Revista Eletrônica
Acervo Saúde
Electronic Journal Collection Health ISSN 2178-2091

Klebsiella pneumoniae produtora de carbapenemase (KPC) no Brasil: um alerta para a saúde pública sobre a expansão da resistência antimicrobiana

Carbapenemase-producing *Klebsiella pneumoniae* (KPC) in Brazil: A public health alert regarding the expansion of antimicrobial resistance

Klebsiella pneumoniae productora de carbapenemasa (KPC) en Brasil: Alerta de salud pública sobre la expansión de la resistencia antimicrobiana

Juliane Sobrinho Marques[1], Raissa Yasmim Serra Luz[1], Jhullie Araujo Bastos[1], Kelly Emi Hirai[1-2].

RESUMO

Objetivo: Analisar a situação epidemiológica e terapêutica da *Klebsiella pneumoniae* produtora de carbapenemase (KPC) no Brasil entre 2015-2025, abordando sua evolução, fatores associados à disseminação e medidas de prevenção e controle. **Métodos:** Esta Revisão Integrativa da Literatura cobriu o período de 2015 a 2025. A busca incluiu as principais bases de dados como PubMed, SciELO, ScienceDirect e relatórios da OMS, utilizando descritores como "*Klebsiella pneumoniae* KPC" e "Brasil". Foram selecionados artigos originais, revisões e documentos técnicos nos idiomas Português, Inglês e Espanhol, com foco no contexto brasileiro. **Resultados:** Os resultados demonstraram aumento expressivo da KPC, destacando-se a variante KPC-2, responsável por mais de 90% dos isolados. A pandemia da COVID-19 intensificou a resistência a carbapenêmicos e polimixina B. Análises genômicas identificaram clones epidêmicos (ST11, ST15) e coinfecções com genes como *blaNDM-1*, elevando morbimortalidade, tempo de internação e custos hospitalares. O tratamento baseia-se em terapias combinadas e no uso de novos inibidores de β-lactamase, de eficácia variável. Destacam-se a necessidade do uso racional de antimicrobianos, fortalecimento da vigilância integrada (BR-GLASS) e exploração de alternativas como compostos naturais (*Origanum vulgare*). **Considerações finais:** A disseminação da KPC representa séria ameaça à saúde pública, exigindo vigilância contínua e desenvolvimento de novas estratégias terapêuticas.

Palavras-chave: *Klebsiella pneumoniae*, Carbapenemases, Resistência microbiana a medicamentos, Epidemiologia.

ABSTRACT

Objective: To analyze the epidemiological and therapeutic situation of carbapenemase-producing Klebsiella pneumoniae (KPC) in Brazil between 2015 and 2025, addressing its evolution, factors associated with its dissemination, and prevention and control measures. **Methods:** This Integrative Literature Review covered the period from 5 to 2025. The search included major databases such as PubMed, SciELO, ScienceDirect, and WHO reports, using descriptors such as "Klebsiella pneumoniae KPC" and "Brazil". Original articles, reviews, and technical documents in Portuguese, English, and Spanish were selected, focusing on the Brazilian context. **Results:** The results demonstrated a significant increase in KPC, highlighting the KPC-2

[1] Universidade da Amazônia (UNAMA), Belém – PA.
[2] Instituto de Educação Médica (IDOMED), Castanhal – PA.

SUBMETIDO EM: 11/2025 | ACEITO EM: 12/2025 | PUBLICADO EM: 1/2026

variant, responsible for more than 90% of isolates. The COVID-19 pandemic intensified resistance to carbapenems and polymyxin B. Genomic analyses identified epidemic clones (ST11, ST15) and co-infections with genes such as bla NDM-1, increasing morbidity and mortality, length of hospital stay, and hospital costs. Treatment is based on combination therapies and the use of new β-lactamase inhibitors, with variable efficacy. Key points include the need for the rational use of antimicrobials, strengthening integrated surveillance (BR-GLASS), and exploring alternatives such as natural compounds (Origanum vulgare). **Final considerations:** The spread of KPC represents a serious threat to public health, requiring continuous surveillance and the development of new therapeutic strategies.

Keywords: *Klebsiella pneumoniae,* Carbapenemases, Microbialdrug resistance, Epidemiology.

RESUMEN

Objetivo: Analizar la situación epidemiológica y terapéutica de Klebsiella pneumoniae productora de carbapenemasas (KPC) en Brasil entre 2015 y 2025, abordando su evolución, los factores asociados a su diseminación y las medidas de prevención y control. **Métodos:** Esta revisión integrativa de la literatura abarcó el período de 2015 a 2025. La búsqueda incluyó bases de datos importantes como PubMed, SciELO, ScienceDirect e informes de la OMS, utilizando descriptores como "Klebsiella pneumoniae KPC" y "Brasil". Se seleccionaron artículos originales, revisiones y documentos técnicos en portugués, inglés y español, con énfasis en el contexto brasileño. **Resultados:** Los resultados demostraron un aumento significativo de KPC, destacando la variante KPC-2, responsable de más del 90% de los aislamientos. La pandemia de COVID-19 intensificó la resistencia a los carbapenémicos y la polimixina B. Los análisis genómicos identificaron clones epidémicos (ST11, ST15) y coinfecciones con genes como bla NDM-1, lo que incrementó la morbilidad y la mortalidad, la duración de la hospitalización y los costos hospitalarios. El tratamiento se basa en terapias combinadas y el uso de nuevos inhibidores de β-lactamasas, con eficacia variable. Se destaca la necesidad de un uso racional de los antimicrobianos, el fortalecimiento de la vigilancia integrada (BR-GLASS) y la exploración de alternativas como los compuestos naturales (Origanum vulgare). **Consideraciones finales:** La propagación de KPC representa una grave amenaza para la salud pública, que exige una vigilancia continua y el desarrollo de nuevas estrategias terapéuticas.

Palabras-clave: *Klebsiella pneumoniae*, Carbapenemasas, Resistencia a los antimicrobianos, Epidemiología.

INTRODUÇÃO

A *Klebsiella pneumoniae* é uma bactéria gram-negativa, encapsulada e pertencente à família *Enterobacteriaceae*, reconhecida como um dos principais patógenos oportunistas em ambientes hospitalares e comunitários. Embora esse microrganismo faça parte da microbiota intestinal de muitos indivíduos de forma assintomática, em situações de vulnerabilidade, como em pacientes imunossuprimidos, ele pode se comportar como patógeno oportunista, originando infecções como a pneumonia bacteriana, infecções do trato urinário, septicemias e infecções relacionadas a dispositivos médicos, como cateteres e ventiladores mecânicos (GORRIE CL, et al., 2022; CHEN IR, et al., 2022).

Nas últimas décadas, a disseminação de bactérias multirresistentes tem se intensificado globalmente, representando um desafio significativo para os sistemas de saúde. Entre esses microrganismos, destaca-se a cepa de *Klebsiella pneumoniae* produtora de carbapenemase (KPC), cuja enzima é codificada pelo gene *blaKPC,* pertencente à classe A das β-lactamases, responsável pela resistência a carbapenêmicos, como imipenem e meropenem, que são antibióticos de última linha no tratamento de infecções graves (DING L, et al., 2023).

Essa resistência é mediada pela enzima KPC, capaz de hidrolisar uma ampla gama de β-lactâmicos, tornando o tratamento clínico extremamente difícil. Além disso, essas cepas apresentam alta capacidade de

disseminação em ambientes hospitalares, principalmente em unidades de terapia intensiva (CAMARGO CH, et al., 2017; DING L, et al., 2023). A Organização Mundial da Saúde (OMS) classificou a *K. pneumoniae* como um dos patógenos prioritários para pesquisa e desenvolvimento de novos antibióticos, devido à sua alta resistência e capacidade de propagação em ambientes hospitalares (WHO, 2024).

No Brasil, variantes do gene *blaKPC*, como *blaKPC-2* e *blaKPC-3*, continuam sendo detectadas em isolados clínicos, especialmente em hospitais de grande porte, evidenciando a ampla circulação e elevada adaptabilidade genética da *Klebsiella pneumoniae* (DING L, et al., 2023; MOTT MP, et al., 2025). Além disso, casos de coinfecção com outras carbapenemases, como a NDM (metalo-β-lactamase de Nova Délhi), têm sido relatados em diversas regiões do país, o que intensifica a complexidade terapêutica e os desafios para o manejo clínico dessas infecções (SELLERA FP, et al., 2021).

A diversidade do gene *blaKPC* tem aumentado globalmente, com mais de 150 variantes registradas até 2023, muitas emergindo nos últimos anos. Essa variabilidade contribui para a resistência a antimicrobianos, como o ceftazidime-avibactam, destacando a necessidade de monitoramento e controle rigoroso em ambientes hospitalares (DING L, et al., 2023). A rápida substituição de variantes, como observado com a emergência da *blaKPC-144* em isolados de *Klebsiella pneumoniae* resistentes a carbapenêmicos, demonstra a evolução contínua desse mecanismo de resistência e seu impacto direto nas opções terapêuticas disponíveis (DING L, et al., 2023).

Os antibióticos β-lactâmicos são amplamente utilizados no tratamento de infecções bacterianas desde a descoberta da penicilina. Eles possuem em sua estrutura um anel β-lactâmico essencial para inibir a síntese da parede celular bacteriana, ligando-se às proteínas ligadoras de penicilina (PBPs) (BUSH K e BRADFORD PA, 2016). Essa classe inclui penicilinas, cefalosporinas, monobactâmicos e carbapenêmicos. Entre eles, os carbapenêmicos são os mais potentes e usados como última linha de defesa contra infecções graves por bactérias multirresistentes, especialmente da família *Enterobacteriaceae* (MELETIS G, 2016; WHO, 2024).

A resistência aos β-lactâmicos representa um desafio da medicina moderna atualmente. A Organização Mundial da Saúde (OMS), incluiu diversas cepas produtoras de carbapenemases, como a *Klebsiella pneumoniae*, na lista de patógenos críticos para o desenvolvimento de novos antibióticos. Em 2024, a OMS destacou a emergência de cepas hipervirulentas de *K. pneumoniae* resistentes a carbapenemases, identificadas em 16 países, incluindo variantes como ST23 (*Klebsiella pneumoniae* Hipervirulenta - hvKp), que carregam genes de carbapenemase e são resistentes a todos os antibióticos β-lactâmicos disponíveis (WHO, 2024).

A KPC tornou-se endêmica em diversos hospitais brasileiros, especialmente em unidades de terapia intensiva (UTIs), sendo reconhecida como um dos principais patógenos multirresistentes do país (SANTOS RP, et al., 2024; CONCEIÇÃO-NETO OC, et al., 2022). Sua disseminação é favorecida por múltiplos fatores, como o uso indiscriminado de antibióticos, combinado com a insuficiência de políticas efetivas de controle de infecções e a precariedade no monitoramento microbiológico. Além disso, a circulação de plasmídeos móveis que carregam genes de resistência, como o *blaKPC,* facilita a disseminação horizontal da resistência entre diferentes cepas bacterianas. (MIGLIORINI LB, et al., 2021; SAMPAIO JLM e GALES AC, 2016).

Essa propagação pode estar associada ao uso intensivo de antimicrobianos e à sobrecarga dos serviços de saúde durante a pandemia. Além disso, infecções por KPC estão frequentemente associadas a desfechos graves, com índices de mortalidade superiores a 40% e longos períodos de internação hospitalar, especialmente em pacientes críticos ou imunossuprimidos (FASSBIND DA, et al., 2025).

A disseminação da *Klebsiella pneumoniae* produtora de carbapenemase (KPC) constitui uma grave ameaça à saúde pública, especialmente no Brasil, onde sua prevalência tem crescido devido à alta resistência antimicrobiana, à circulação de diversas variantes do gene *blaKPC* e a fatores como o uso inadequado de antibióticos e a intensificação causada pela pandemia da COVID-19. Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo analisar a situação epidemiológica da KPC no Brasil, considerando sua

evolução ao longo da última década, com o intuito de identificar os principais fatores de risco e os impactos clínicos nos pacientes. Além disso, busca-se analisar a terapêutica disponível e as estratégias de controle, fornecendo subsídios essenciais para a vigilância e o desenvolvimento de ações eficazes que mitiguem o impacto dessa superbactéria no sistema de saúde nacional.

MÉTODOS

O presente estudo consiste em uma Revisão Integrativa da Literatura, desenvolvida mediante a consulta nos principais bancos de dados eletrônicos de relevância nacional e internacional, incluindo: PubMed (National Library of Medicine), Scientific Electronic Library Online (SciELO) e ScienceDirect. Adicionalmente, a pesquisa incluiu a análise de documentos técnicos e boletins epidemiológicos disponibilizado pela World Health Organization (WHO).

As pesquisas foram conduzidas empregando-se os seguintes descritores: "*Klebsiella pneumoniae* resistente a carbapenêmicos", "*klebsiella pneumoniae* carbapenemase", *"klebsiella pneumoniae* and Brasil" e "*klebsiella pneumoniae* KPC" no qual, as mesmas foram combinadas com o uso do operador booleanos “AND” para otimizar a abrangência e a especificidade das consultas. As palavras-chaves foram retiradas a partir dos descritores em Ciências da Saúde/Medical SubjectHeadings (DeCS/MeSH). Para o refinamento dos resultados durante as pesquisas nos bancos de dados, foram aplicados filtros específicos, incluindo: período temporal (2015-2025), idiomas (inglês, espanhol e português) e a seleção de texto completo disponível gratuitamente.

A população de interesse desta revisão integrativa foi constituída por artigos científicos, revisões de literatura, boletins epidemiológicos e relatórios técnicos. O foco temático restringiu-se a publicações que abordassem a *Klebsiella pneumoniae* produtora de carbapenemase (KPC) no contexto brasileiro, com ênfase específica em sua situação epidemiológica, características que contribuíram para o crescimento e resistência bacteriana, desfechos terapêuticos e estratégias de prevenção e controle.

Nos critérios de inclusão foram incluídas as seguintes tipologias documentais que apresentassem dados relevantes para a pesquisa: artigos originais e revisões de literatura; boletins epidemiológicos; relatórios técnicos e documentos oficiais; publicações que contivessem informações sobre prevalência, fatores de risco e impacto clínico; opções terapêuticas e estratégias de vigilância e controle da KPC.

Já nos critérios de exclusão, as publicações foram desconsideradas nos casos onde: estivessem fora do período temporal definido para a análise (2015–2025); não abordassem a *Klebsiella pneumoniae* carbapenemase e o fenômeno da resistência antimicrobiana na realidade brasileira; apresentassem acesso restrito ou não estivessem disponíveis em texto completo; não estivessem redigidas nos idiomas português, inglês ou espanhol; fossem estudos ou documentos sem foco na temática central proposta.

Os procedimentos analíticos seguiram uma abordagem em fases: primeiramente, foi realizada a leitura exploratória e crítica das publicações selecionadas para extração de dados. Subsequentemente, os achados foram categorizados em três eixos principais de análise, diretamente ligados aos objetivos da pesquisa, conforme apresentado no **Quadro 1**.

Quadro 1 - Eixos temáticos para construção do artigo.

N°	Eixo temático
I	Situação epidemiológica dos últimos 10 anos
II	Fatores de contribuição para o aumento da disseminação bacteriana.
III	Estratégias de vigilância, controle e alternativas terapêuticas

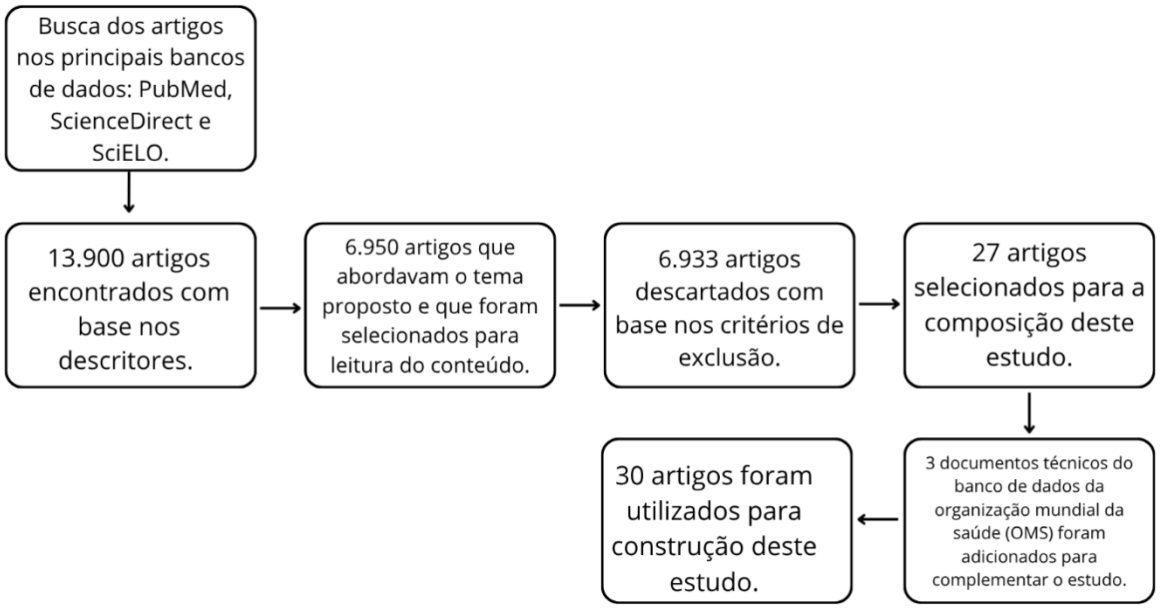
Fonte: Marques JS, et al., 2026.

A análise dos dados foi processada de maneira qualitativa e descritiva, utilizando a técnica de síntese integrativa para compilar e articular os achados das publicações selecionadas. No que abrange às considerações éticas, por se tratar de um estudo de exclusivamente bibliográfico, baseado em dados de domínio público e sem o envolvimento direto de seres humanos ou animais, a submissão a um Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) foi dispensada. Com isso, todos os dados foram obtidos de fontes secundárias e citados em conformidade com as normas de referenciamento.

RESULTADOS

A **Figura 1** apresenta o processo de busca e seleção dos artigos, detalhadamente esquematizado no Fluxograma. A busca inicial, realizada nas bases de dados PubMed, ScienceDirect e SciELO, utilizando os descritores específicos "carbapenemase, KPC e Brasil", resultou na localização de 13.900 artigos. Após a aplicação de filtros e um refinamento progressivo, o número de artigos possíveis para exploração de conteúdo foi reduzido para 6.950. Na etapa final de seleção, 6.933 artigos foram descartados por não atenderem aos critérios de inclusão propostos pelo estudo. Isso resultou em uma amostra inicial de 27 artigos de periódicos, a qual foi complementada com 3 documentos técnicos da Organização Mundial da Saúde (OMS). Dessa forma, a amostra final do estudo foi composta por um total de 30 artigos e documentos, que serviram como base para a extração e a síntese dos dados apresentados neste estudo.

Figura 1 - Fluxograma utilizado para o processo de seleção dos artigos.



Fonte: Marques JS, et al., 2026.

Para a fundamentação deste trabalho, o **Quadro 2** constitui um elemento central na estruturação desta pesquisa, uma vez que exibe a relação completa e sistematizada de todos os estudos que foram criteriosamente selecionados e incorporados à análise do presente trabalho. Cada registro detalha os artigos com título, a autoria, o respectivo ano de publicação e sintetiza os principais resultados extraídos. Dessa forma, oferece um panorama consolidado e atualizado sobre a disseminação, a epidemiologia e os desafios clínicos impostos pela *Klebsiella pneumoniae* produtora de carbapenemase (KPC) no cenário brasileiro.

Quadro 2 - Principais resultados sobre *Klebsiella pneumoniae* KPC no Brasil (2015–2025).

N°	Autor e ano	Principais resultados
1	Al BshabsheA, et al. (2025)	Maior prevalência de genes de resistência em pacientes com COVID-19; alta taxa de mortalidade e resistência a carbapenêmicos.
2	Berdichevski MKH, et al. (2025)	Coinfecção por genes *blaKPC-2* e *blaNDM-1* em plasmídeos distintos; disseminação de elementos genéticos móveis.
3	Bittencourt A, et al. (2024)	Resistência aumentada durante a pandemia; ceftazidima/avibactam mostrou boa atividade *in vitro*.
4	Bush K e Bradford PA (2016)	Revisão sobre classes de β-lactamases e inibidores; destaque para limitações de novas terapias.
5	Camargo CH, et al. (2023)	Identificação de genes*blaKPC* e eficácia variável de inibidores BL/BLI frente a cepas brasileiras.
6	Chen IR, et al. (2022)	Caracterização clínica de pneumonia bacterêmica; alta morbimortalidade associada a cepas resistentes.
7	Conceição-Neto OC, et al. (2022)	Resistência crescente à polimixina associada a cepas produtoras de KPC; disseminação clonal confirmada.
8	Ding L, et al.(2023)	Discussão global sobre variantes emergentes de KPC e sua expansão rápida em múltiplos países.
9	Fassbind DA, et al. (2025)	Infecções pediátricas graves; alta mortalidade e predominância de KPC-2 em infecções sanguíneas.
10	Ferreira ICS, et al. (2025)	Infecções neonatais com alta resistência e letalidade; aumento do tempo de internação.
11	Flores CC, et al. (2016)	Identificação de genes *blaKPC*, *blaTEM*, *blaSHV* e *blaOXA-1*; 23% das cepas com múltiplos genes de resistência.
12	Gaspar GG, et al. (2021)	A COVID-19 aumentou a resistência antimicrobiana; piores desfechos clínicos em pacientes infectados.
13	Gonçalves DLDR, et al. (2024)	Efluentes hospitalares contêm genes *blaKPC-2*; risco ambiental de disseminação.
14	Gorrie CL, et al. (2022)	Análise genômica revelou diversidade clonal e mecanismos de adaptação hospitalar.
15	Jacobs DM, et al. (2017)	Terapias combinadas com polimixina, tigeciclina e aminoglicosídeos mostram eficácia variável.
16	Lorenzoni VV, et al.	Elevada resistência a carbapenêmicos (74,2%) e outros antibióticos críticos.

N°	Autor e ano	Principais resultados
	(2018)	
17	Lorenzoni VV, et al. (2017)	O estudo analisou 70 *Enterobacteriaceae* resistentes a carbapenêmicos, com predominância de *K. pneumoniae* (95,7%). As cepas apresentaram resistência >98% aos carbapenêmicos, mas alta sensibilidade à colistina e à amicacina. O gene *blaKPC* foi identificado em aproximadamente 80% dos isolados.
18	MeletisG (2016)	Revisão das causas da resistência a carbapenêmicos e perspectivas de novas terapias.
19	Migliorini LB, et al. (2021)	Identificação de múltiplos plasmídeos com variantes de *blaKPC*; disseminação intra-hospitalar.
20	Mott MP, et al. (2025)	Relato pioneiro de resistência ao ceftazidima-avibactam em cepas sem mutação de *blaKPC-3*.
21	Sampaio JLM e Gales AC (2016)	*blaKP*C-2 predominante entre cepas resistentes; necessidade de vigilância contínua.
22	Santos RP, et al. (2024)	Alta prevalência de carbapenemases em ambiente hospitalar; predominância de *blaKPC-2.*
23	Sellera FP, et al. (2021)	Evidência de disseminação interespécies do gene *blaKPC-2* entre humanos e animais.
24	Vasconcelos NG, et al. (2019)	Óleo essencial apresentou ação antimicrobiana promissora contra cepas produtoras de KPC.
25	Vivas R, et al. (2020)	Coinfecção por KPC e NDM; combinações com amicacina e meropenem mostraram eficácia *in vitro*.
26	Wilhelm CM, et al. (2024)	Novos inibidores BL/BLI mostram eficácia variável; alta resistência à polimixina B.
27	WHO (2024)	Relato da emergência global de cepas hipervirulentas e multirresistentes.
28	WHO (2024)	*Klebsiella pneumoniae* resistente a carbapenêmicos listada como prioridade crítica.
29	WHO (2025)	Confirma a RAM como uma ameaça global crescente que compromete tratamentos essenciais. Baseado em 23 milhões de casos do sistema GLASS, ele fornece dados padronizados sobre prevalência e tendências de resistência. O documento serve como um guia crucial para fortalecer a vigilância nacional e alinhar as ações dos países às metas globais de contenção da RAM.
30	Zagui GS, et al. (2025)	O esgoto municipal sendo a principal rota para a dispersão da KPC do efluente hospitalar para os riachos urbanos, as cepas encontradas no ambiente são multirresistentes e carregam o gene *blaKPC* e a ineficácia do tratamento de esgoto contra essas superbactérias, resultando em um reservatório de resistência no meio ambiente.

Fonte: Marques JS, et al., 2026.

DISCUSSÃO

Na última década, o Brasil vem enfrentando uma crescente disseminação da *Klebsiella pneumoniae* produtora de carbapenemase (KPC), com a KPC-2 se destacando como uma das maiores ameaças à saúde. Este patógeno multirresistente, antes predominantemente hospitalar, demonstrou uma disseminação generalizada que se estendeu a diversos ambientes, conforme encontrado em um estudo recente, atestando o papel de efluentes sanitários urbanos e hospitalares como vias de propagação da KPC (ZAGUI GS, et al., 2025).

A variante KPC-2 apresentou impacto clínico significativo, principalmente em unidades neonatais, com prevalência variando de 3,2% a picos de 7%, envolvendo bacteremias (54,8%) e infecções urinárias (45,2%). O aumento do tempo de internação, de 11 para 50 dias, e a letalidade de 19,2% indicam que a presença da KPC compromete não apenas a terapêutica, mas também os desfechos clínicos. A expressão desta carbapenemase confere resistência cruzada a múltiplos β-lactâmicos, restringindo drasticamente as opções antibióticas e exigindo o uso de drogas de último recurso (FERREIRA ICS, et al., 2025; SAMPAIO JLM e GALES AC, 2016).

Segundo Ferreira ICS et al. (2025) e Sampaio JLM e Gales AC (2016), a persistência da KPC-2 em diferentes contextos hospitalares evidencia a necessidade de estratégias integradas de vigilância e uso racional de antimicrobianos. O tratamento dessas infecções é frequentemente um desafio devido à resistência a múltiplos fármacos, exigindo o uso de combinações de antibióticos e, por vezes, de agentes de última linha com potencial toxicidade, como a polimixina B. A análise de risco por tipo de infecção e perfil de paciente (como a vulnerabilidade neonatal) é crucial para refinar os protocolos terapêuticos e de prevenção de surtos.

Estudos genômicos apontam que a coinfecção por KPC e NDM aumenta a complexidade da resistência, com genes *blaKPC-2* e *blaNDM-1* localizados em plasmídeos distintos ou cointegrados, carregando múltiplos genes de resistência (BERDICHEVSKI MKH, et al., 2025). Isolados com essa configuração apresentaram baixa suscetibilidade a novos inibidores de β-lactamase, enquanto polimixina B e Tigeciclina mantêm alta resistência (WILHELM CM, et al., 2024). Esta super resistência, mediada pela mobilidade plasmídica, potencializa a disseminação hospitalar e compromete a última linha terapêutica, elevando o risco de falha no tratamento e mortalidade, especialmente em pacientes críticos.

A predominância de clones epidêmicos como ST11, ST15 e ST25 evidencia que a combinação genética favorece a rápida expansão de *K. pneumoniae* multirresistente no Brasil, indicando que protocolos de vigilância e controle mais rigorosos são essenciais. O SequenceType 11 (ST11), em particular, é reconhecido mundialmente como um clone de alto risco dentro do Complexo Clonal 258 (CC258) e sua rápida disseminação no Brasil está intimamente ligada à mobilidade dos plasmídeos que carregam o gene *blaKPC-2*, o que dificulta o controle das infecções. A presença simultânea de carbapenemases do tipo serina (KPC) e metalo-β-lactamase (NDM) representa um cenário terapêutico crítico, limitando severamente as opções de tratamento. (BERDICHEVSKI MKH, et al., 2025).

Durante a pandemia da COVID-19 (2020–2021), Bittencour A, etal. (2024), observou um expressivo aumento da resistência antimicrobiana, especialmente em *K. pneumoniae* produtora de carbapenemase (KPC). O uso intensivo de antibióticos em pacientes graves e o prolongamento das internações favoreceram a disseminação dessas cepas. Esse aumento foi um fenômeno global, mas no Brasil, onde a KPC já era endêmica, o impacto foi amplificado. As Unidades de Terapia Intensiva (UTI), com alta pressão seletiva e falhas nos protocolos de Prevenção e Controle de Infecções (PCI), transformaram-se em focos de propagação. Este ambiente de vulnerabilidade clínica resultou na seleção de linhagens mais resistentes e de maior virulência.

Em hospitais brasileiros, a prevalência de KPC-2 chegou a 97,5%, com baixa suscetibilidade a meropenem e imipenem, enquanto ceftazidima/avibactam manteve boa eficácia *in vitro*. Além disso, estudos apontam que, embora o status da COVID-19 não altere a presença de genes de resistência, pacientes infectados apresentaram piores desfechos clínicos e aumento da mortalidade, evidenciando o impacto da pandemia na amplificação da resistência bacteriana (AL BSHABSHE A, et al., 2025; GASPAR GG, et al., 2021).

Outro fator determinante para o aumento da KPC é o uso excessivo e inadequado de antimicrobianos, que favorece a seleção de cepas multirresistentes. Entre 2015 e 2016, estudos hospitalares brasileiros mostraram altas taxas de resistência a carbapenêmicos (74,2%) e outros fármacos críticos, incluindo colistina e tigeciclina (LORENZONI VV, et al., 2018). Em unidades de terapia intensiva, a prevalência de genes *blaKPC*, *blaTEM*, *blaSHV* e *blaOXA-1* em isolados de *K. pneumoniae* atingiu níveis alarmantes (FLORES CC, et al., 2016), com 23% das cepas portando múltiplos genes de resistência. Segundo Lorenzoni VV, et al. (2018) e Flores CC, et al. (2016), esses achados reforçam a importância da vigilância microbiológica e do uso racional de antibióticos como medidas essenciais para conter a disseminação desses patógenos.

As falhas nos programas de prevenção e controle de infecção têm contribuído significativamente para o aumento da resistência antimicrobiana no ambiente hospitalar. Estudos clínicos demonstram essa realidade ao identificar a presença de *Klebsiella pneumoniae* KPC em 95,7% dos isolados hospitalares, sendo o gene *blaKPC* detectado em 80% dos casos (LORENZONI VV, et al., 2017). A gravidade do problema transcende o ambiente clínico, uma vez que a detecção de *Enterobacteriaceae* resistentes em efluentes (tanto hospitalares quanto não hospitalares) revela a disseminação ambiental de genes críticos, como a *blaKPC-2.* Essa dispersão representa um risco adicional de propagação da resistência para fora do hospital (GONÇALVES DLDR, et al., 2024). Tais evidências reforçam que a resistência antimicrobiana constitui um problema integrado que envolve o ambiente, o paciente e a instituição de saúde, exigindo, portanto, ações conjuntas de biossegurança, saneamento e controle rigoroso do uso de antimicrobianos.

Atualmente, a prevenção e o controle da *K. pneumoniae* produtora de carbapenemase (KPC) envolvem estratégias combinadas de vigilância microbiológica e terapias direcionadas. Estudos demonstram que isolados hospitalares apresentam diferentes genes de carbapenemase, incluindo *blaKPC*e*blaNDM*, e que testes de sinergia antimicrobiana *in vitro,* podem orientar tratamentos eficazes, como combinações de polimixina B com amicacina ou meropenem(VIVAS R, et al., 2020). Além disso, o uso de beta-lactâmicos/inibidores de β-lactamase (BLBLIs) mostra alta eficácia contra isolados KPC, embora mutações em porinas possam reduzir a suscetibilidade, enquanto isolados NDM permanecem amplamente resistentes (WILHELM CM, etal., 2024).

Novas abordagens terapêuticas e alternativas também têm sido exploradas para o controle da disseminação de *K. pneumoniae* resistente a carbapenêmicos. Em um estudo laboratorial (*in vitro*) que avaliou a atividade antimicrobiana de produtos naturais, o óleo essencial de *Origanum vulgare* (orégano) demonstrou um potencial promissor. A pesquisa, que utilizou os métodos de microdiluição e ensaios de tempo de morte celular (*time kill assays*), confirmou que o óleo essencial exibiu um efeito antimicrobiano rápido e consistente contra isolados produtores de carbapenemase, incluindo a *K. pneumoniae*. Especificamente, o óleo alcançou uma Concentração Inibitória Mínima (CIM) de 0,059% v/v para a *K. pneumoniae* e foi capaz de reduzir drasticamente a contagem de células viáveis após apenas 4 horas de tratamento, destacando-o como um forte candidato para o desenvolvimento de opções terapêuticas alternativas (VASCONCELOS NG, et al., 2019).

A contenção da *K. pneumoniaeblaKPC-2* deve ser guiada por evidências globais. Segundo WHO (2025), o Relatório Global de Vigilância da Resistência a Antibióticos de 2025 estabelece o panorama epidemiológico crucial da Resistência Antimicrobiana (RAM), utilizando dados padronizados do sistema GLASS. Este diagnóstico robusto é vital para o Brasil, pois justifica e direciona a priorização de investimentos na vigilância local (BR-GLASS) e a aceleração na pesquisa de abordagens profiláticas. A integração dos achados globais e a harmonização das políticas de saúde são, portanto, essenciais para uma resposta eficaz e fundamentada contra a progressão da KPC.

Essas estratégias reforçam a necessidade de medidas integradas de prevenção, monitoramento de genes de resistência e desenvolvimento de terapias alternativas ou combinatórias para reduzir a disseminação de cepas multirresistentes. Além disso, é fundamental investir em programas contínuos de capacitação profissional, que promovam o uso racional de antimicrobianos e fortaleçam a cultura de biossegurança nas instituições de saúde. A ampliação da vigilância laboratorial e a integração entre centros

de pesquisa, hospitais e órgãos de saúde pública podem aprimorar a detecção precoce e o controle de surtos. A resposta à crise da KPC e de outros patógenos multirresistentes no Brasil exige um compromisso de longo prazo e investimento em infraestrutura de saúde e pesquisa.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em síntese, os dados evidenciam que a disseminação de *Klebsiella pneumoniae* produtora de carbapenemase (KPC) no Brasil é um fenômeno multifatorial e de grande relevância para a saúde pública, resultante da interação entre fatores genéticos, práticas inadequadas de prescrição e uso de antimicrobianos, deficiências em programas de controle de infecções e impactos ocasionais de crises sanitárias, como a pandemia da COVID-19. A persistência de clones epidêmicos e a emergência de cepas com coinfecção por NDM e outros mecanismos de resistência demonstram a alta capacidade adaptativa desse patógeno e o desafio contínuo de sua contenção. Além disso, a disseminação em ambientes hospitalares e comunitários evidencia a necessidade de um sistema de vigilância microbiológica robusto, capaz de identificar precocemente surtos e orientar medidas preventivas eficazes. A adoção do uso racional de antibióticos, aliada à implementação de protocolos rigorosos de biossegurança e ao investimento em terapias alternativas ou combinatórias, representa um pilar essencial no enfrentamento dessa ameaça. Assim, torna-se imprescindível o fortalecimento das políticas públicas e a integração entre setores da saúde humana, animal e ambiental, para conter a resistência bacteriana e garantir melhores desfechos clínicos e epidemiológicos.

REFERÊNCIAS

1. AL BSHABSHE A, et al. The extent of carbapenem-resistant encoding genes in Klebsiella pneumoniae from COVID-19 and non-COVID-19 patients in a tertiary care center, Saudi Arabia. Brazilian Journal of Medical and Biological Research, v. 58, 2025.
2. BERDICHEVSKI MKH, et al. Plasmidome analyses of Klebsiella pneumoniae coproducing blaKPC-2 and blaNDM-1 in Southern Brazil: Characterization of mobile genetic elements. Journal of Global Antimicrobial Resistance, 9 mar. 2025.
3. BITTENCOURT A, et al. EPH38 Antimicrobial susceptibility of Klebsiella pneumoniae clinical isolates from lower respiratory tract infection during the COVID-19 pandemic in Brazil (SMART 2020–2021). Value in Health, v. 27, n. 6, p. S160, 15 jun. 2024.
4. BUSH K, BRADFORD PA. β-Lactams and β-lactamase inhibitors: an overview. Cold Spring Harbor Perspectives in Medicine, v. 6, n. 8, p. a025247, 2016.
5. CAMARGO CH, et al. Análise genômica e atividade antimicrobiana de inibidores de β-lactâmicos/β-lactamase e outros agentes contra isolados clínicos de Klebsiella pneumoniae produtoras de KPC de hospitais brasileiros. Scientific Reports, v. 13, p. 14603, 2023.
6. CHENIR, et al. Clinical and Microbiological Characteristics of Bacteremic Pneumonia Caused by Klebsiella pneumoniae. Frontiers in Cellular and Infection Microbiology, v. 12, 23 jun. 2022.
7. CONCEIÇÃO-NETO OC, et al. Polymyxin resistance in clinical isolates of Klebsiella pneumoniae in Brazil: update on molecular mechanisms, clonal dissemination and relationship with KPC-producing strains. Frontiers in Cellular and Infection Microbiology, v. 12, p. 898125, 15 jul. 2022.
8. DING L, et al. Klebsiella pneumoniae carbapenemase variants: the new threat to global public health. Clinical Microbiology Reviews, 8 nov. 2023.
9. FASSBIND DA, et al. Clinical, microbiological characteristics and outcomes of carbapenemase-producing Enterobacterales bloodstream infections in pediatric patients in Brazil. BMC Infectious Diseases, v. 25, p. 11696, 2025.
10. FERREIRA ICS, et al. Multidrug-resistant Klebsiella pneumoniae in critically ill neonates: evidence from a Brazilian cohort. Australian Critical Care, v. 38, n. 6, p. 101444, nov. 2025.
11. FLORES CC, et al. Detection of antimicrobial resistance genes in β-lactamase- and carbapenemase-producing Klebsiella pneumoniae by patient surveillance cultures at an intensive care unit in Rio de Janeiro, Brazil. Jornal Brasileiro de Patologia e Medicina Laboratorial, v. 52, n. 5, p. 284–292, 2016.

12. GASPAR GG, et al. Pre- and post-COVID-19 evaluation of antimicrobial susceptibility for healthcare-associated infections in the intensive care unit of a tertiary hospital. Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical, v. 54, 2021.
13. GONÇALVES DLDR, et al. Hospital sewage in Brazil: a reservoir of multidrug-resistant carbapenemase-producing Enterobacteriaceae. Brazilian Journal of Biology, v. 84, 2024.
14. GORRIECL, et al. Genomicdissection of Klebsiella pneumoniae infections in hospital patients reveals insights into an opportunisticpathogen. Nature Communications, v. 13, n. 1, 31 maio 2022.
15. JACOBS DM, et al. Triple combination antibiotic therapy for carbapenemase-producing Klebsiella pneumoniae: a systematic review. Annals of Clinical Microbiology and Antimicrobials, v. 16, 25 nov. 2017.
16. LORENZONI VV, et al. Evaluation of carbapenem-resistant Enterobacteriaceae in a tertiary-level reference hospital in Rio Grande do Sul, Brazil. Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical, v. 50, n. 5, p. 685–688, set. 2017.
17. LORENZONI VV, et al. Increased antimicrobial resistance in Klebsiella pneumoniae from a university hospital in Rio Grande do Sul, Brazil. Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical, v. 51, n. 5, p. 676–679, 1 set. 2018.
18. MELETIS G. Carbapenem resistance: overview of the problem and future perspectives. Therapeutic Advances in Infectious Disease, v. 3, n. 1, p. 15–21, 2016.
19. MIGLIORINI LB, et al. Prevalence of blaKPC-2, blaKPC-3 and blaKPC-30—carrying plasmids in Klebsiella pneumoniae isolated in a Brazilian hospital. Pathogens, v. 10, n. 3, p. 332, 2021.
20. MOTT MP, et al. First report of ceftazidime-avibactam resistance in non-mutated bla$_{KPC-3}$ K. pneumoniae recovered from patients with no prior treatment, in Latin America. Diagnostic microbiology and infectiousdisease, v. 113, n. 3, p. 116965, nov. 2025.
21. SAMPAIO JLM, GALESAC. Resistência antimicrobiana em Enterobacteriaceae no Brasil: foco em β-lactâmicos e polimixinas. Revista Brasileira de Microbiologia, v. 47, p. 31–37, dez. 2016.
22. SANTOS RP, et al. EP-198 – Prevalência de carbapenemases nas infecções relacionadas à assistência à saúde em hospital universitário em 2023. The Brazilian Journal of Infectious Diseases, v. 28, supl. 2, p. 104118, 2024.
23. SELLERAFP, et al. Detection of IncN-pST15 one-health plasmid harbouring bla $_{KPC-2}$ in a hypermucoviscous Klebsiella pneumoniae CG258 isolated from an infected dog, Brazil. Transboundary and Emerging Diseases, v. 68, n. 6, p. 3083–3088, 21 fev. 2021.
24. VASCONCELOS NG, et al. Origanum vulgare L. essential oil inhibits the growth of carbapenem-resistant gram-negative bacteria. Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical, v. 52, 2019.
25. VIVAS R, et al. Prevalence of Klebsiella pneumoniae carbapenemase and New Delhi metallo-beta-lactamase-positive K. pneumoniae in Sergipe, Brazil, and combination therapy as a potential treatment option. Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical, v. 53, 2020.
26. WILHELMCM, et al. Susceptibility evaluation of novel beta-lactam/beta-lactamase inhibitor combinations against carbapenem-resistant Klebsiella pneumoniae from bloodstream infections in hospitalized patients in Brazil. Journal of Global Antimicrobial Resistance, v. 38, p. 247–251, 25 jun. 2024.
27. WORLD HEALTH ORGANIZATION. Antimicrobial Resistance, Hypervirulent Klebsiella pneumoniae - Global situation. Disponível em: https://www.who.int/emergencies/disease-outbreak-news/item/2024-DON527. Acessado em: 02 de outubro de 2025.
28. WORLD HEALTH ORGANIZATION. bacterial priority pathogens list, 2024: Bacterialpathogens of public health importance to guide research, development and strategies to prevent and control antimicrobial resistance. Disponível em: https://www.who.int/publications/i/item/9789240093461. Acessado em: 04 de outubro de 2025.
29. WORLD HEALTH ORGANIZATION. Global antibiotic resistance surveillance report 2025: summary. Geneva: World Health Organization, 2025. Disponível em: https://www.who.int/publications/i/item/9789240116337. Acessado em: 04 de outubro de 2025.
30. ZAGUI GS, et al. Municipal sewage as a pathway for multidrug-resistant KPC-producing Klebsiella pneumoniae from hospital effluent to urbanstream: challenges for wastewater management. International Journal of Hygiene and Environmental Health, [S. l.], v. 269, p. 114640, ago. 2025.