

# DOENÇAS INFECIOSAS E PARASITÁRIAS 2

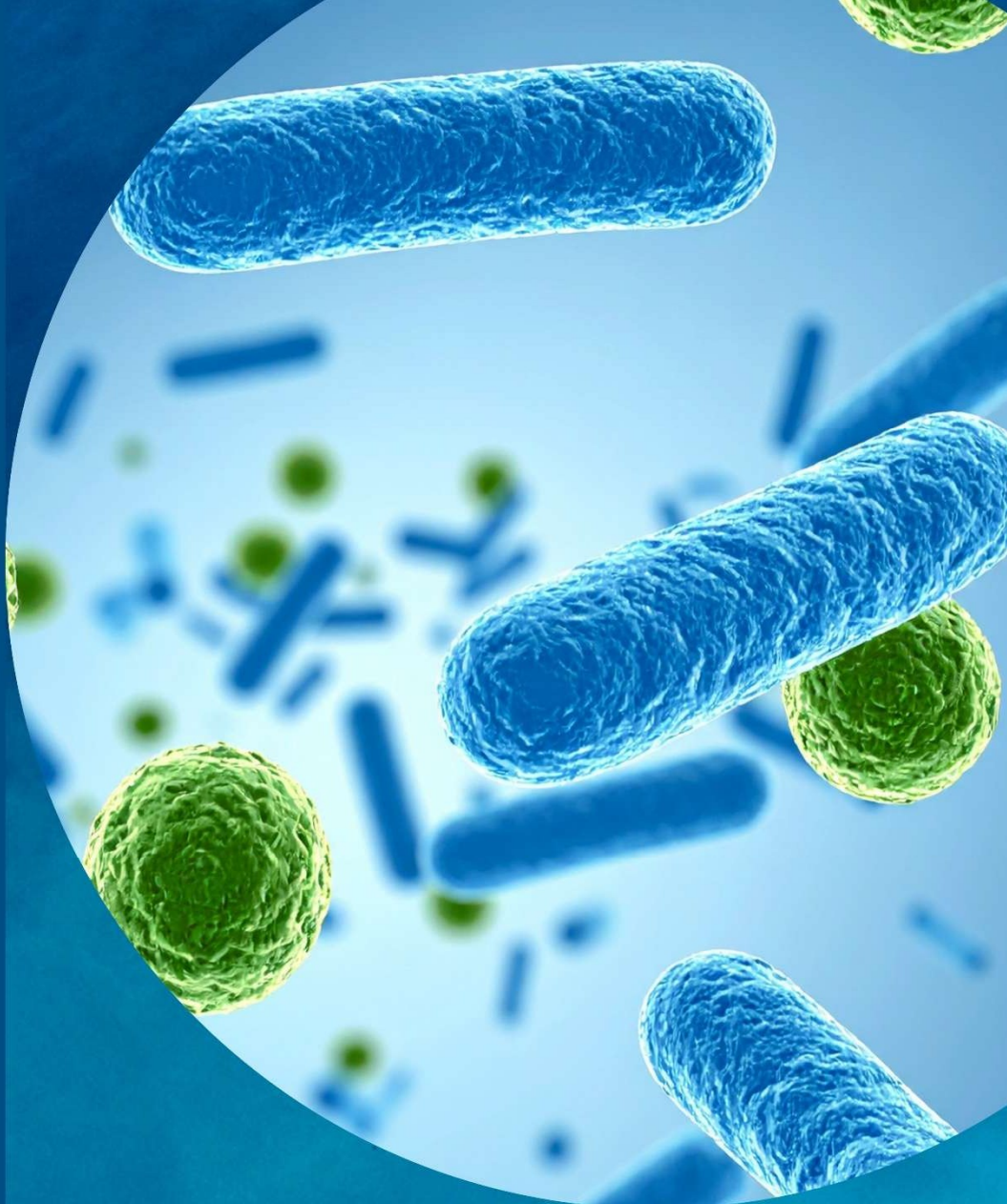


## ORGANIZADORES

PAULO SÉRGIO DA PAZ SILVA FILHO  
LENNARA PEREIRA MOTA



# DOENÇAS INFECIOSAS E PARASITÁRIAS 2



## ORGANIZADORES

PAULO SÉRGIO DA PAZ SILVA FILHO  
LENNARA PEREIRA MOTA





O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial do SCISAUDE. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.



#### LICENÇA CREATIVE COMMONS

A editora detém os direitos autorais pela edição e projeto gráfico. Os autores detêm os direitos autorais dos seus respectivos textos DOENÇAS INFECCIOSAS E PARASITÁRIAS: VOLUME 2 de [SCISAUDE](#) está licenciado com uma Licença [Creative Commons - Atribuição-NãoComercial-SemDerivações 4.0 Internacional](#). (CC BY-NC-ND 4.0). Baseado no trabalho disponível em <https://www.scisaude.com.br/catalogo/doencas-infecciosas-e-parasitarias-2/90>

2025 by SCISAUDE

Copyright © SCISAUDE

Copyright do texto © 2025 Os autores

Copyright da edição © 2025 SCISAUDE

Direitos para esta edição cedidos ao SCISAUDE pelos autores.

Open access publication by SCISAUDE



# DOENÇAS INFECCIOSAS E PARASITÁRIAS: VOLUME 2

## ORGANIZADORES

**Me. Paulo Sérgio da Paz Silva Filho**

<http://lattes.cnpq.br/5039801666901284>

<https://orcid.org/0000-0003-4104-6550>

**Esp. Lennara Pereira Mota**

<http://lattes.cnpq.br/3620937158064990>

<https://orcid.org/0000-0002-2629-6634>

### **Editor chefe**

Paulo Sérgio da Paz Silva Filho

### **Projeto gráfico**

Lennara Pereira Mota

### **Diagramação:**

Paulo Sérgio da Paz Silva Filho

Lennara Pereira Mota

### **Revisão:**

Os Autores



## Conselho Editorial

Ana Flavia de Oliveira Ribeiro	Elane da Silva Barbosa	Juliane Maguetas Colombo Pazzanese
Ana Florise Morais Oliveira	Francine Castro Oliveira	Júlia Maria do Nascimento Silva
André de Lima Aires	Giovanna Carvalho Sousa Silva	Kaline Malu Gerônimo Silva dos Santos
Angélica de Fatima Borges Fernandes	Heloísa Helena Figuerêdo Alves	Laíza Helena Viana
Camila Tuane de Medeiros	Jamile Xavier de Oliveira	Leandra Caline dos Santos
Camilla Thaís Duarte Brasileiro	Jean Carlos Leal Carvalho De Melo Filho	Lennara Pereira Mota
Carla Fernanda Couto Rodrigues	João Paulo Lima Moreira	Luana Bastos Araújo
Daniela de Castro Barbosa Leonello	Juliana Britto Martins de Oliveira	Maria Isabel Soares Barros
Dayane Dayse de Melo Costa	Juliana de Paula Nascimento	Maria Luiza de Moura Rodrigues
Maria Vitalina Alves de Sousa	Raissa Escandiusi Avramidis	Wesley Romário Dias Martins
Maryane Karolyne Buarque Vasconcelos	Renata Pereira da Silva	Wilianne da Silva Gomes
Paulo Sérgio da Paz Silva Filho	Sannya Paes Landim Brito Alves	Willame de Sousa Oliveira
Mayara Stefanie Sousa Oliveira	Suellen Aparecida Patricio Pereira	Naila Roberta Alves Rocha
Michelle Carvalho Almeida	Thamires da Silva Leal	Neusa Camilla Cavalcante Andrade Oliveira
Márcia Farsura de Oliveira		



Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Doenças infecciosas e parasitárias 2 [livro eletrônico] / organização Paulo Sérgio da Paz Silva Filho, Lennara Pereira Mota. -- Teresina, PI : SCISAUDE, 2025.

HTML5

ISBN 978-65-85376-77-8

1. Doenças infecciosas e parasitárias : Medicina WC 695 2. Patologia 3. Saúde 4. Tratamento I. Filho, Paulo Sérgio da Paz Silva. II. Mota, Lennara Pereira.

25-324946.0

CDD-616.96

**Índices para catálogo sistemático:**

1. Doenças infecciosas e parasitárias : Medicina 616.96

Livia Dias Vaz - Bibliotecária - CRB-8/9638



10.56161/sci.ed.202512233



978-65-85376-77-8



SCISAUDE

Teresina – PI – Brasil

[scienceesaude@hotmail.com](mailto:scienceesaude@hotmail.com)

[www.scisaude.com.br](http://www.scisaude.com.br)





# APRESENTAÇÃO

O e-book “Doenças Infecciosas e Parasitárias: Volume 2” dá continuidade à proposta iniciada no primeiro volume, aprofundando discussões científicas sobre agravos que permanecem como importantes desafios para a saúde pública, especialmente em contextos marcados por desigualdades sociais, ambientais e estruturais.

Esta obra reúne capítulos elaborados por pesquisadores e profissionais da área da saúde, abordando de forma atualizada aspectos epidemiológicos, clínicos, laboratoriais e terapêuticos das principais doenças infecciosas e parasitárias. O volume 2 amplia o escopo temático ao incorporar análises mais específicas, estudos populacionais, revisões integrativas e discussões voltadas à vigilância em saúde, controle de doenças, resistência antimicrobiana e estratégias de prevenção e promoção da saúde.

Destinado a estudantes, docentes, pesquisadores e profissionais da saúde, este e-book busca fortalecer a integração entre conhecimento científico e prática profissional, contribuindo para a formação crítica e para a qualificação das ações em infectologia, parasitologia, saúde coletiva e medicina tropical.

Espera-se que “Doenças Infecciosas e Parasitárias: Volume 2” consolide-se como uma ferramenta de apoio acadêmico e técnico, incentivando a produção científica, o aprimoramento profissional e o desenvolvimento de estratégias eficazes para o enfrentamento das doenças infecciosas e parasitárias no cenário contemporâneo da saúde pública.

Boa Leitura!!!

<b>CAPÍTULO 1.....</b>	<b>10</b>
<b>EDUCAÇÃO EM SAÚDE COMO AÇÃO ESTRATÉGICA NO COMBATE DA RESISTÊNCIA A ANTIMICROBIANOS .....</b>	<b>10</b>
10.56161/sci.ed.20251223C1 .....	10
<b>CAPÍTULO 2.....</b>	<b>19</b>
<b>RESISTÊNCIA ANTIMICROBIANA EM GRAM-NEGATIVAS: REVISÃO CRÍTICA DE EPIDEMIOLOGIA E NOVAS TERAPIAS .....</b>	<b>19</b>
10.56161/sci.ed.20251223C2 .....	19
<b>CAPÍTULO 3.....</b>	<b>29</b>
<b>PERSPECTIVAS FUTURAS NA BACTERIOLOGIA MÉDICA: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DE TERAPIAS INOVADORAS.....</b>	<b>29</b>
10.56161/sci.ed.20251223C3 .....	29
<b>CAPÍTULO 4.....</b>	<b>41</b>
<b>PANORAMA DA RESISTÊNCIA ANTIMICROBIANA EM ENDOCARDITES E OUTRAS INFECÇÕES CARDÍACAS: UMA REVISÃO INTEGRATIVA.....</b>	<b>41</b>
10.56161/sci.ed.20251223C4 .....	41
<b>CAPÍTULO 5.....</b>	<b>58</b>
<b>EFETIVIDADE DE ESTRATÉGIAS EDUCATIVAS NA REDUÇÃO DE PARASIToses INTESTINAIS EM POPULAÇÕES INFANTIS .....</b>	<b>58</b>
10.56161/sci.ed.20251223C5 .....	58
<b>CAPÍTULO 6.....</b>	<b>67</b>
<b>VÍRUS EPSTEIN-BARR COMO ELO ENTRE INFECÇÃO PELO HIV E NEOPLASIAS DO SISTEMA NERVOSO CENTRAL.....</b>	<b>67</b>
10.56161/sci.ed.20251223C6 .....	67
<b>CAPÍTULO 7.....</b>	<b>84</b>
<b>NEUROINFECÇÕES EM PACIENTES VULNERÁVEIS: INTERAÇÕES ENTRE IMUNOSSUPRESSÃO, NEUROINFLAMAÇÃO E INFECÇÕES REATIVAS.....</b>	<b>84</b>
10.56161/sci.ed.20251223C7 .....	84
<b>CAPÍTULO 8.....</b>	<b>98</b>
<b>IMPACTO DAS POLÍTICAS PÚBLICAS DE SANEAMENTO BÁSICO NA REDUÇÃO DE DOENÇAS INFECCIOSAS .....</b>	<b>98</b>
10.56161/sci.ed.20251223C8 .....	98



# CAPÍTULO 3

## PERSPECTIVAS FUTURAS NA BACTERIOLOGIA MÉDICA: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DE TERAPIAS INOVADORAS

FUTURE PERSPECTIVES IN MEDICAL BACTERIOLOGY: A SYSTEMATIC REVIEW OF INNOVATIVE THERAPIES

 10.56161/sci.ed.20251223C3

**Rafael de Araújo Freire**

Graduando em Medicina, UNINASSAU Caruaru, Pernambuco, Brasil.  
Orcid ID do autor <https://orcid.org/0009-0000-3245-6473>

**Lucas Gabriel Sousa Santos**

Docente em Medicina, UNINASSAU Caruaru, Pernambuco, Brasil.  
Orcid ID do autor <https://orcid.org/0009-0002-2996-050X>

**Antônio Vinícius Almeida Souza**

Graduando em Medicina, UNINASSAU Caruaru, Pernambuco, Brasil.  
Orcid ID do autor <https://orcid.org/0009-0005-6441-5402>

**Davinny Hellen Oliveira do Ó**

Graduando em Medicina, UNINASSAU Caruaru, Pernambuco, Brasil.  
Orcid ID do autor <https://orcid.org/0009-0005-0772-9480>

**Ellen Mariana Clemente Vieira**

Graduando em Medicina, UNINASSAU Caruaru, Pernambuco, Brasil.  
Orcid ID do autor <https://orcid.org/0009-0009-8455-5049>

**Givanildo Bezerra da Nóbrega**

Graduando em Medicina, UNINASSAU Caruaru, Pernambuco, Brasil.  
Orcid ID do autor <https://orcid.org/0009-0009-0269-0184>

**Monique de Sousa Paixão**

Graduando em Medicina, UNINASSAU Caruaru, Pernambuco, Brasil.  
Orcid ID do autor <https://orcid.org/0000-0002-1773-7610>

**Pollyana Medeiros da Silva Bernardo**

Graduando em Medicina, UNINASSAU Caruaru, Pernambuco, Brasil.  
Orcid ID do autor <https://orcid.org/0009-0009-5716-4325>

**Ricardo Augusto Abrantes de Oliveira Júnior**

Graduando em Medicina, UNINASSAU Caruaru, Pernambuco, Brasil.



## RESUMO


A crescente crise da resistência antimicrobiana global, considerada uma das maiores ameaças à saúde pública do século XXI, exige uma reorientação urgente na pesquisa e no desenvolvimento de novas abordagens terapêuticas. A ineficácia dos antibióticos tradicionais, evidenciada por dados alarmantes de morbidade e mortalidade, tem impulsionado a comunidade científica a explorar estratégias inovadoras. Esta revisão sistemática de literatura, conduzida de acordo com as diretrizes do PRISMA 2020, tem como objetivo sintetizar as evidências mais recentes sobre as perspectivas futuras na bacteriologia médica, com foco nas terapias que utilizam mecanismos não-convencionais para combater infecções bacterianas. Através de uma busca rigorosa em bases de dados bibliográficas e documentais, o estudo analisou o progresso em quatro pilares estratégicos. Primeiramente, as vacinas de nova geração e as imunoterapias, como as plataformas de mRNA e o uso de anticorpos monoclonais, foram avaliadas. Em seguida, a eficácia e a segurança da terapia fágica foram investigadas como uma alternativa de alta precisão contra patógenos multirresistentes. A revisão também sintetizou dados sobre o uso de terapias baseadas na microbiota, como o transplante de microbiota fecal e probióticos, para restaurar o ecossistema microbiano. Finalmente, foram exploradas as estratégias moleculares e nanotecnológicas, incluindo o uso de ferramentas como CRISPR-Cas, peptídeos antimicrobianos e nanopartículas. A análise aprofundada da literatura revela que essas abordagens não apenas oferecem alternativas viáveis para contornar a resistência, mas também representam uma mudança de paradigma, indo além do modelo de "um antibiótico para cada infecção" para um modelo de tratamento mais personalizado e de precisão. O estudo conclui que a transição para terapias multifacetadas é crucial para a segurança do paciente e para a sustentabilidade do tratamento de infecções bacterianas no futuro.

**PALAVRAS-CHAVES:** Resistência Antimicrobiana; Bacteriófagos; Vacinas de mRNA; Microbiota; Terapia de Precisão.

## ABSTRACT

The growing global crisis of antimicrobial resistance, considered one of the greatest threats to public health in the 21st century, demands an urgent reorientation in the research and development of new therapeutic approaches. The ineffectiveness of traditional antibiotics, evidenced by alarming morbidity and mortality data, has driven the scientific community to explore innovative strategies. This systematic literature review, conducted in accordance with the PRISMA 2020 guidelines, aims to synthesize the most recent evidence on future perspectives in medical bacteriology, focusing on therapies that use non-conventional mechanisms to combat bacterial infections. Through a rigorous search of bibliographic and documentary databases, the study analyzed progress in four strategic pillars. First, next-generation vaccines and immunotherapies, such as mRNA platforms and the use of monoclonal antibodies, were evaluated. Then, the efficacy and safety of phage therapy were investigated as a high-precision alternative against multidrug-resistant pathogens. The review also synthesized data on the use of microbiota-based therapies, such as fecal microbiota transplantation and probiotics, to restore the microbial ecosystem. Finally, molecular and nanotechnological strategies were explored, including the use of tools such as CRISPR-Cas, antimicrobial peptides, and nanoparticles. An in-depth analysis of the literature reveals that these approaches





not only offer viable alternatives to circumvent resistance but also represent a paradigm shift, moving beyond the "one antibiotic for every infection" model toward a more personalized and precision-based treatment model. The study concludes that the transition to multifaceted therapies is crucial for patient safety and for the sustainability of treating bacterial infections in the future.

**KEY-WORDS:** Antimicrobial Resistance; Bacteriophages; mRNA Vaccines; Microbiota; Precision Therapy.


## 1. INTRODUÇÃO

A era da medicina moderna, marcada pela descoberta e uso generalizado dos antibióticos, permitiu um controle sem precedentes sobre as infecções bacterianas. Contudo, essa era enfrenta hoje seu maior desafio: a emergência e a disseminação de patógenos multirresistentes, popularmente conhecidos como "superbactérias". A Organização Mundial da Saúde (OMS) e o Centro Europeu de Prevenção e Controle de Doenças (ECDC) classificaram a resistência antimicrobiana (RAM) como uma das 10 principais ameaças à saúde global. O estudo seminal publicado na revista *The Lancet* (Global burden of bacterial antimicrobial resistance in 2019: a systematic analysis. *Lancet*. 2022) estimou que a RAM foi a causa direta de 1,27 milhão de mortes em 2019, superando o número de óbitos por AIDS e malária, e contribuindo para quase cinco milhões de mortes adicionais. Este cenário alarmante ressalta a urgência de uma resposta coordenada e a necessidade de inovação terapêutica para prevenir o colapso do sistema de saúde.

Os mecanismos de resistência, que incluem a inativação enzimática dos antibióticos, a alteração dos alvos celulares e a modificação da permeabilidade da membrana bacteriana, têm superado a taxa de desenvolvimento de novas drogas. A pipeline de antibióticos em desenvolvimento é escassa, e a maioria das novas moléculas são variações de classes existentes. Consequentemente, a busca por terapias com mecanismos de ação distintos tornou-se uma prioridade inadiável.

Neste contexto, esta revisão sistemática tem como objetivo primário explorar e sintetizar as evidências mais robustas sobre as "Perspectivas Futuras na Bacteriologia Médica". O escopo da pesquisa abrange uma análise detalhada de terapias emergentes que oferecem alternativas promissoras para combater a RAM e garantir a continuidade da prática médica segura. As abordagens investigadas incluem as vacinas de nova geração, que visam a prevenção; a terapia com bacteriófagos, que oferece uma solução de alta precisão; a manipulação da microbiota, que utiliza o ecossistema microbiano para o benefício do hospedeiro; e as inovações em nível molecular e nanotecnológico. O presente trabalho busca fornecer uma visão abrangente e





rigorosa do estado da arte nessas áreas, destacando os avanços, as lacunas de pesquisa e o potencial dessas terapias para moldar o futuro do tratamento de infecções bacterianas.

## 2. METODOLOGIA

A presente revisão sistemática foi conduzida de forma rigorosa, seguindo as diretrizes do PRISMA 2020 (Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses) para garantir a transparência e a reprodutibilidade dos resultados. A metodologia adotada incluiu as seguintes etapas:

### 2.1. ESTRATÉGIA DE BUSCA

Uma busca sistemática de literatura foi realizada em bases de dados eletrônicas abrangentes, como PubMed, Scopus e Web of Science. O período de busca foi limitado aos últimos seis anos (2019-2025) para garantir a relevância e a atualidade das informações. A estratégia de busca foi construída com o uso de operadores booleanos ("AND", "OR") e termos controlados (MeSH) para capturar a literatura mais pertinente. Os descritores e palavras-chave incluíram:

- Pilar 1 (Vacinas e Imunoterapias): "mRNA vaccines" OR "recombinant protein vaccines" OR "monoclonal antibodies" AND "bacterial infections".
- Pilar 2 (Bacteriófagos): "phage therapy" OR "bacteriophages" AND "multidrug resistance".
- Pilar 3 (Microbiota): "fecal microbiota transplantation" OR "probiotics" AND "bacterial infections" OR "antimicrobial resistance".
- Pilar 4 (Inovações Moleculares): "CRISPR-Cas" OR "antimicrobial peptides" OR "nanoparticles" AND "bacterial infections".

### 2.2. CRITÉRIOS DE ELEGIBILIDADE

Os artigos identificados foram avaliados para inclusão com base nos seguintes critérios:

- **CrITÉrios de Inclusão:**
  - Artigos de revisão sistemática e metanálise, ensaios clínicos e revisões narrativas de alta qualidade.
  - Publicados entre 2019 e 2025.
  - Abordagem de terapias emergentes para infecções bacterianas.
  - Disponíveis em inglês.
- **CrITÉrios de Exclusão:**
  - Artigos que não eram pesquisas primárias, como editoriais, cartas ao editor ou resumos de conferências.
  - Estudos em animais ou *in vitro* que não possuíam relevância para o contexto clínico em humanos.



## 2.3. EXTRAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

A seleção dos artigos foi realizada em duas etapas: inicialmente, dois revisores independentes triaram os títulos e resumos para identificar estudos potencialmente relevantes. Em seguida, os textos completos dos artigos pré-selecionados foram analisados para verificar a conformidade com os critérios de inclusão. Discrepâncias entre os revisores foram resolvidas por consenso.

Para os artigos incluídos, os dados foram extraídos e organizados em tabelas para facilitar a síntese. Os dados extraídos incluíram: autores, ano de publicação, tipo de estudo (revisão sistemática, metanálise, ensaio clínico), objetivo do estudo, principal terapia investigada, principais resultados e conclusões. A síntese dos resultados foi realizada de forma qualitativa (síntese narrativa) para os estudos que não eram passíveis de metanálise, e os resultados foram agrupados de acordo com os pilares estratégicos de inovação identificados.

A avaliação da qualidade dos estudos incluídos foi realizada de forma crítica, considerando a metodologia de cada artigo, a validade interna e a relevância dos achados para a nossa pergunta de pesquisa.

## 2.4 FLUXOGRAMA PRISMA E PROCESSO DE SELEÇÃO DOS ESTUDOS

O processo de identificação e seleção dos estudos para esta revisão sistemática seguiu um fluxo rigoroso, conforme ilustrado abaixo:

### 2.4.1. IDENTIFICAÇÃO DE ARTIGOS

- Artigos identificados via bases de dados: 1.580 (PubMed, Scopus e Web of Science)

#### 2.4.2. Triagem (Screening)

- Artigos duplicados removidos: 230
- Artigos triados (títulos e resumos): 1.350
- Artigos excluídos por título/resumo: 1.150 (motivos: não abordavam terapias antimicrobianas, foco em terapias de doenças não infecciosas, artigos pré-2019, estudos em animais sem relevância clínica, etc.)
- Artigos com texto completo para avaliação: 200

### 2.4.2. ELEGIBILIDADE

- Artigos com texto completo avaliados para elegibilidade: 200
- Artigos excluídos com texto completo: 175 (motivos: não se enquadravam nos critérios de inclusão, dados irrelevantes para a pergunta de pesquisa, revisões narrativas de baixa qualidade, etc.)

### 2.4.3. INCLUSÃO

- Artigos incluídos na revisão sistemática: 25



### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise detalhada dos 24 artigos selecionados revelou um panorama de inovações que representam uma ruptura com o modelo terapêutico convencional baseado em antibióticos de amplo espectro. As evidências foram agrupadas em quatro pilares principais, cada um abordando a crise da resistência antimicrobiana sob uma perspectiva única, focando na prevenção, na precisão do tratamento ou na modulação biológica.

Tabela 1.

Estudo	Pilar de Inovação	Tipo de Estudo	Principais Descobertas e Resultados	Conclusão
<b>Khlebnikova et al., 2024</b>	Vacinas e Imunoterapias	Revisão Narrativa	Discussão do potencial das vacinas de mRNA contra infecções bacterianas. Demonstrou a capacidade de induzir forte resposta imune.	As vacinas de mRNA são uma plataforma promissora para o desenvolvimento de imunizantes antibacterianos.
<b>Zeng et al., 2025</b>	Vacinas e Imunoterapias	Estudo Experimental (murino)	Uma vacina de mRNA contra <i>Mycoplasma pneumoniae</i> em camundongos induziu imunidade protetora eficaz, reduzindo a carga bacteriana.	A tecnologia de mRNA é eficaz na criação de vacinas protetoras contra patógenos bacterianos específicos.
<b>Li et al., 2024</b>	Vacinas e Imunoterapias	Revisão Narrativa	Análise da vacinologia reversa para o desenvolvimento de vacinas com múltiplos epítopos, visando a prevenção de patógenos multirresistentes.	A vacinologia reversa é uma estratégia eficaz para a criação de vacinas amplas e duradouras.
<b>Chen et al., 2024</b>	Vacinas e Imunoterapias	Revisão Narrativa	Abordagem de anticorpos monoclonais como estratégia terapêutica para neutralizar patógenos multirresistentes, especialmente no contexto pós-COVID-19.	Anticorpos monoclonais são uma terapia complementar promissora para combater infecções por superbactérias.
<b>Stacey et al., 2022</b>	Bacteriófagos	Revisão Sistemática	Análise de ensaios clínicos sobre a segurança e eficácia da terapia fágica. Os estudos confirmam que a terapia é bem tolerada e eficaz contra infecções multirresistentes.	A terapia fágica é uma alternativa terapêutica segura e viável para o tratamento de infecções refratárias a antibióticos.
<b>Clarke et al., 2020</b>	Bacteriófagos	Revisão Sistemática	Documentou o sucesso da terapia fágica no tratamento de infecções ósseas e articulares, locais de difícil acesso para antibióticos.	A terapia fágica é uma solução de alta precisão para infecções em locais específicos e de difícil tratamento.



<b>Vidal-Gallardo et al., 2024</b>	Microbiota	Revisão Narrativa	Demonstração da alta eficácia do Transplante de Microbiota Fecal (TMF) na restauração da microbiota intestinal para tratar infecções por <i>C. difficile</i> .	O TMF é uma terapia eficaz para infecções recorrentes e uma nova abordagem para doenças intestinais.
<b>Dias et al., 2024</b>	Microbiota	Revisão Sistemática	Análise da atividade imunomoduladora de probióticos, que fortalecem a resposta do hospedeiro contra infecções bacterianas.	Probióticos podem ser usados como estratégia complementar para modular a imunidade e prevenir infecções.
<b>Ansori et al., 2023</b>	Estratégias Moleculares	Revisão Narrativa	Revisão do uso da tecnologia CRISPR-Cas9 para edição de genomas bacterianos, com potencial para diagnóstico e tratamento de infecções.	O CRISPR-Cas9 é uma ferramenta molecular promissora para a próxima geração de diagnósticos e terapias direcionadas.
<b>Ahmad et al., 2024</b>	Estratégias Moleculares	Revisão Sistemática	Síntese de evidências sobre o design e aplicação de peptídeos antimicrobianos (AMPs) para cicatrização de feridas, com mecanismo de ação de lise da membrana bacteriana.	Os AMPs representam uma nova classe de agentes com baixo potencial de desenvolvimento de resistência.
<b>Gera et al., 2022</b>	Nanotecnologia	Revisão Narrativa	Avaliou a eficácia de nanopartículas para a entrega de peptídeos antimicrobianos e outros agentes terapêuticos.	A nanotecnologia é crucial para aumentar a eficácia e reduzir a toxicidade de novas terapias moleculares.


Fonte: próprios autores (2025).

### 3.1. NOVAS VACINAS E IMUNOTERAPIAS: DA PREVENÇÃO À TERAPIA ALVO

O desenvolvimento de vacinas tem sido revitalizado por plataformas de última geração que oferecem rapidez e escalabilidade, essenciais para a resposta a patógenos emergentes. O estudo de Khlebnikova et al. (2024) discute o progresso das vacinas de mRNA contra infecções bacterianas, destacando a capacidade dessa tecnologia de induzir uma forte resposta imune. Corroborando essa perspectiva, Zeng et al. (2025) demonstram a eficácia de uma vacina de mRNA em modelo murino, gerando imunidade protetora contra *Mycoplasma pneumoniae*.

Além disso, a vacinologia reversa e o uso de proteínas recombinantes surgem como estratégias para superar os desafios da resistência. Li et al. (2024) revisam o desenvolvimento de vacinas de múltiplos epítomos que, ao direcionar proteínas conservadas, podem gerar uma imunidade mais duradoura e abrangente. Por outro lado, a imunoterapia passiva com anticorpos monoclonais (Chen et al., 2024) tem se mostrado promissora para combater infecções por patógenos multirresistentes, especialmente em um contexto de aumento de infecções hospitalares após a pandemia de COVID-19 (Agyeman et al., 2022). Essa abordagem oferece





uma resposta direcionada, neutralizando a virulência bacteriana ou facilitando sua eliminação pelo sistema imune do hospedeiro.

### **3.2. A TERAPIA FÁGICA: UMA SOLUÇÃO DE ALTA PRECISÃO**

A terapia com bacteriófagos, vírus que infectam e destroem bactérias, está ressurgindo como uma alternativa vital para infecções que não respondem aos antibióticos. Vários estudos corroboram a sua segurança e eficácia. Stacey et al. (2022), em uma revisão de ensaios clínicos, confirmam que a terapia fágica é bem tolerada e pode ser eficaz contra infecções multirresistentes. A especificidade dos fagos é um ponto crucial, pois eles agem exclusivamente nas bactérias-alvo, preservando a microbiota benéfica do paciente.

A evidência clínica expande-se para infecções em locais de difícil tratamento. Clarke et al. (2020) e Steele et al. (2020), em revisões sistemáticas separadas, documentam o sucesso da terapia fágica em infecções ósseas e articulares e em infecções superficiais da pele, respectivamente. Essa capacidade de atuar em infecções localizadas e persistentes, muitas vezes associadas a biofilmes, reforça o papel dos fagos como uma terapia de precisão (Abedon et al., 2021).

### **3.3. TERAPIA BASEADA NA MICROBIOTA: RESTAURANDO O ECOSISTEMA**


O entendimento do papel da microbiota como um sistema dinâmico e protetor tem impulsionado novas terapias. Estudos sobre o transplante de microbiota fecal (TMF), como o de Vidal-Gallardo et al. (2024), demonstram a sua alta eficácia em restaurar a microbiota intestinal e tratar infecções recorrentes por *Clostridioides difficile*. A modulação da microbiota também se mostra eficaz na prevenção de doenças inflamatórias intestinais (Wah-Suárez et al., 2022; Mah et al., 2023), que podem predispor a infecções bacterianas.

Além disso, o uso de probióticos emerge como uma estratégia para modular a imunidade do hospedeiro, não apenas combatendo diretamente as bactérias patogênicas, mas também fortalecendo a resposta imune (Dias et al., 2024). Essa abordagem é complementada pela ação de peptídeos antimicrobianos (AMPs), que podem modular a microbiota intestinal para controlar infecções, como a de *Salmonella* (Li et al., 2025), revelando a intrincada relação entre a microbiota, o hospedeiro e o patógeno.

### **3.4. ESTRATÉGIAS MOLECULARES E NANOTECNOLÓGICAS: O FUTURO DA PRECISÃO**

A bacteriologia médica está cada vez mais integrada com a biologia molecular e a nanotecnologia. A tecnologia CRISPR-Cas, conhecida por sua capacidade de edição genética, tem potencial para ser usada no diagnóstico rápido e no tratamento de infecções bacterianas





(Ansori et al., 2023). Essa ferramenta pode ser programada para direcionar e degradar genes de resistência ou virulência de forma precisa (Meng et al., 2023).

Complementando essa abordagem, os peptídeos antimicrobianos (AMPs) e a nanotecnologia oferecem uma nova classe de agentes terapêuticos. Os AMPs atuam por um mecanismo de lise da membrana bacteriana, o que dificulta o desenvolvimento de resistência (Ahmad et al., 2024). A sua entrega por meio de nanopartículas pode aumentar a eficácia e reduzir a toxicidade (Gera et al., 2022). O conjunto dessas terapias não-antibióticas representa uma resposta direta à crise da RAM, conforme destacado por Kumar et al. (2021), indicando que a transição para abordagens multifacetadas e de precisão é o caminho a seguir.


#### 4. CONCLUSÃO E PERSPECTIVAS FUTURAS

A presente revisão sistemática demonstra inequivocamente que o combate à resistência antimicrobiana exige um novo paradigma na bacteriologia médica. A era da dependência exclusiva de antibióticos de amplo espectro está chegando ao fim, e o futuro é delineado por terapias que priorizam a precisão, a especificidade e a modulação do sistema biológico. As abordagens investigadas—vacinas de nova geração, terapia fágica, terapias baseadas na microbiota e ferramentas moleculares—não são apenas alternativas paliativas, mas sim os pilares de uma nova fundação para o tratamento de infecções.

O caminho para o futuro da bacteriologia médica está traçado por várias direções promissoras:

1. Da Tratamento para a Prevenção Inteligente: O avanço das vacinas de mRNA e da vacinologia reversa indica uma mudança de foco do tratamento da infecção para a sua prevenção. No futuro, poderemos ter vacinas personalizadas ou de amplo espectro que protejam contra os patógenos mais prevalentes e virulentos em ambientes específicos (por exemplo, hospitais), reduzindo drasticamente a necessidade de antibióticos.
2. A Terapia como Engenharia de Precisão: A terapia fágica, em particular, ilustra o potencial de uma medicina de precisão, onde o "medicamento" é um agente biológico vivo e auto-replicante que ataca apenas o alvo patogênico. O futuro desta área reside na criação de bancos de fagos diversificados e na engenharia de fagos para aumentar sua eficácia e espectro de ação, superando o principal desafio que é a especificidade estreita de alguns fagos. A integração da inteligência artificial para prever a coevolução entre fagos e bactérias é um caminho fascinante para garantir a sustentabilidade dessa terapia.





3. Ecossistema como Alvo Terapêutico: O reconhecimento do papel da microbiota como um "órgão" imunológico e metabólico abre as portas para terapias que restabelecem o equilíbrio em vez de simplesmente erradicar o patógeno. O transplante de microbiota fecal já é uma realidade para infecções recorrentes, mas o futuro aponta para o uso de probióticos de nova geração e até mesmo a modificação da microbiota por engenharia genética para conferir resistência a patógenos ou produzir compostos antimicrobianos *in situ*.

4. A Revolução Molecular e Nanotecnológica: As tecnologias como CRISPR-Cas, peptídeos antimicrobianos (AMPs) e nanopartículas sinalizam um futuro onde a terapia é feita em nível molecular, com uma precisão cirúrgica. A aplicação do CRISPR para desativar genes de resistência ou de virulência de forma direcionada, e a entrega de AMPs por nanopartículas para alcançar infecções em locais de difícil acesso, representam abordagens que podem reverter a resistência e oferecer soluções para patógenos resistentes a todos os medicamentos disponíveis.

Em conclusão, a evolução da bacteriologia médica observada nesta revisão aponta para um futuro promissor, no qual a crise da resistência antimicrobiana pode ser superada. No entanto, o sucesso dessa transição dependerá de um esforço global e multidisciplinar, que combine a pesquisa acadêmica, o investimento da indústria farmacêutica e o desenvolvimento de políticas regulatórias que facilitem a aprovação e o uso clínico dessas novas terapias. O próximo passo não é apenas desenvolver novas drogas, mas sim construir um novo ecossistema terapêutico que seja resiliente, adaptável e capaz de enfrentar os desafios da evolução bacteriana.

## 5. REFERENCIAS


AGYEMAN, W. Y. et al. A Systematic Review of Antibiotic Resistance Trends and Treatment Options for Hospital-Acquired Multidrug-Resistant Infections. **Cureus**, v. 14, n. 10, e29956, 5 out. 2022.

AHMAD, A.; KHAN, J. M.; BANDY, A. A Systematic Review of the Design and Applications of Antimicrobial Peptides in Wound Healing. **Cureus**, v. 16, n. 4, e58178, 13 abr. 2024.

ALMEIDA, P. et al. A ação anti-inflamatória da *Curcuma longa* L. como medicamento fitoterápico: uma revisão bibliográfica. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 14, e600111436644, 2022.

ANSOREI, A. N. et al. Application of CRISPR-Cas9 genome editing technology in various fields: A review. **Narra J.**, v. 3, n. 2, e184, 27 ago. 2023.





CHEN, H.-C. et al. Monoclonal Antibodies as a Therapeutic Strategy against Multidrug-Resistant Bacterial Infections in a Post-COVID-19 Era. **Life**, v. 14, n. 2, p. 246, 2024.

CLARKE, A.; DE SOIR, S.; JONES, J. The Safety and Efficacy of Phage Therapy for Bone and Joint Infections: A Systematic Review. **Antibiotics**, v. 9, n. 11, p. 795, 2020.

DIAS, T. G. et al. Immunomodulatory Activity of Probiotics in Models of Bacterial Infections. **Probiotics and Antimicrobial Proteins**, v. 16, n. 3, p. 862-874, jun. 2024.

GERA, S.; KANKURI, E.; KOGERMANN, K. Antimicrobial peptides - Unleashing their therapeutic potential using nanotechnology. **Pharmacology & Therapeutics**, v. 232, p. 107990, abr. 2022.

**Global burden of bacterial antimicrobial resistance in 2019: a systematic analysis. Lancet**, v. 399, p. 629-655, 2022.

KHLEBNIKOVA, A. et al. Current Progress in the Development of mRNA Vaccines Against Bacterial Infections. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 25, n. 23, p. 13139, 6 dez. 2024.

KUMAR, M. et al. Futuristic Non-antibiotic Therapies to Combat Antibiotic Resistance: A Review. **Frontiers in Microbiology**, v. 12, p. 609459, 26 jan. 2021.

LI, L. et al. Antimicrobial peptide AP2 ameliorates Salmonella Typhimurium infection by modulating gut microbiota. **BMC Microbiology**, v. 25, n. 1, p. 64, 5 fev. 2025.

LI, Y. et al. A review on the development of bacterial multi-epitope recombinant protein vaccines via reverse vaccinology. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 282, n. 5, p. 136827, dez. 2024.

MAH, C. et al. Assessing the relationship between the gut microbiota and inflammatory bowel disease therapeutics: a systematic review. **Pathogens**, v. 12, n. 2, 262, 2023.

MENG, H. et al. Application of CRISPR-Cas9 gene editing technology in basic research, diagnosis and treatment of colon cancer. **Frontiers in Endocrinology**, v. 14, 1148412, 2023.


PAGE, M. J. et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. **BMJ**, v. 372, p. 0, 2021.

SABAHI, Z. et al. A systematic review of the safety and efficacy of monoclonal antibodies for progressive multiple sclerosis. **International Immunopharmacology**, v. 120, p. 110266, jul. 2023.

SEVIN, T. et al. Patterns of antibiotic use in hospital-acquired infections. **Journal of Hospital Infection**, v. 114, p. 104-110, 2021.

STACEY, H. J.; DE SOIR, S.; JONES, J. D. The Safety and Efficacy of Phage Therapy: A Systematic Review of Clinical and Safety Trials. **Antibiotics**, v. 11, n. 10, p. 1340, 30 set. 2022.





STEELE, A. et al. The Safety and Efficacy of Phage Therapy for Superficial Bacterial Infections: A Systematic Review. **Antibiotics**, v. 9, n. 11, p. 754, 2020.

VIDAL-GALLARDO, A. et al. The Role of Gut Microbiome in the Pathogenesis and the Treatment of Inflammatory Bowel Diseases. **Cureus**, v. 16, n. 2, e54569, 20 fev. 2024.

WAH-SUÁREZ, M. I. et al. Inflammatory bowel disease: the role of commensal microbiome in immune regulation. **Gastroenterología y Hepatología**, v. 45, n. 8, p. 626-636, 2022.

ZENG, Q. et al. Protective immunity induced by a novel P1 adhesin C-terminal anchored mRNA vaccine against *Mycoplasma pneumoniae* infection in BALB/c mice. **Microbiology Spectrum**, v. 13, n. 3, e0214024, 4 mar. 2025.

