Ano VII, v.1 2026 | submissão: 30/10/2026 | aceito: 06/11/2026 | publicação: 11/11/2026

***Staphylococcus aureus* resistente à vancomicina (VRSA): mecanismos de resistência e perspectivas terapêuticas – uma revisão bibliográfica**

Vancomycin-resistant Staphylococcus aureus (VRSA): resistance mechanisms and therapeutic perspectives – a literature review

Staphylococcus aureus resistente a la vancomicina (VRSA): mecanismos de resistencia y perspectivas terapéuticas – una revisión bibliográfica

Beatriz da Silva Lopes – Instituto de Ensino Superior de Brasília (IESB), discente de Biomedicina.
Thais Santana de Oliveira – Instituto de Ensino Superior de Brasília (IESB), docente mestre de Biomedicina.
Artigo científico apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Biomedicina no Centro Universitário Instituto de Ensino Superior de Brasília (IESB), sob orientação da Prof.ª Me. Thais Santana de Oliveira. Brasília, DF, 2026.

Resumo:
INTRODUÇÃO: A resistência do *Staphylococcus aureus* à vancomicina (VRSA) representa um desafio para a saúde pública e para a microbiologia clínica, devido à redução das opções terapêuticas e à disseminação de determinantes genéticos de resistência. Nesse contexto, o estudo teve como objetivo analisar os mecanismos envolvidos na resistência do *Staphylococcus aureus* à vancomicina, com ênfase na atuação do operon *vanA*, bem como discutir as principais perspectivas terapêuticas descritas na literatura para o enfrentamento. **METODOLOGIA:** Trata-se de uma revisão integrativa da literatura, realizada entre março e abril de 2026, nas bases PubMed Central, e Google Acadêmico. Foram utilizados os descritores *Staphylococcus aureus*, Vancomycin, Resistance, Mechanisms e Therapeutics, combinados pelo operador booleano AND. Após a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão, foram selecionados 13 artigos para análise. **RESULTADOS:** Os estudos evidenciaram a importância do operon *vanA* na resistência à vancomicina, relacionada à alteração dos precursores da parede celular bacteriana, que reduz a afinidade do antimicrobiano pelo seu alvo. Também foram identificadas evidências sobre a disseminação horizontal de genes de resistência e a presença de mecanismos adicionais associados à resistência antimicrobiana. Entre as alternativas terapêuticas, a linezolida destacou-se como opção para determinadas infecções causadas por bactérias Gram-positivas resistentes. Além disso, compostos naturais, como o óleo de *Nigella sativa*, e associações com substâncias adjuvantes apresentaram resultados experimentais promissores, embora ainda existam limitações quanto à comprovação de sua eficácia clínica. **CONSIDERAÇÕES FINAIS:** O enfrentamento do VRSA requer vigilância microbiológica, uso racional de antimicrobianos e fortalecimento das medidas de prevenção e controle de infecções. Novos estudos são necessários para ampliar as alternativas terapêuticas e validar a segurança e a eficácia dos compostos investigados.

Palavras-chave:
Staphylococcus aureus resistente à vancomicina; Resistência bacteriana; Operon *vanA*; Mecanismos de resistência; Terapêutica antimicrobiana.

Abstract:
INTRODUCTION: Vancomycin resistance in *Staphylococcus aureus* (VRSA) represents a challenge to public health and clinical microbiology due to the reduction in therapeutic options and the dissemination of genetic determinants of resistance. In this context, this study aimed to analyze the mechanisms involved in vancomycin resistance in *Staphylococcus aureus*, with an emphasis on the role of the *vanA* operon, as well as to discuss the main therapeutic perspectives

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

Ano VII, v.1 2026 | submissão: 30/10/2026 | aceito: 06/11/2026 | publicação: 11/11/2026

described in the literature for addressing this issue. **METHODOLOGY:** This is an integrative literature review conducted between March and April 2026 using the PubMed Central and Google Scholar databases. The descriptors *Staphylococcus aureus*, Vancomycin, Resistance, Mechanisms, and Therapeutics were combined using the Boolean operator AND. After applying the inclusion and exclusion criteria, 13 articles were selected for analysis. **RESULTS:** The studies highlighted the importance of the *vanA* operon in vancomycin resistance, which is associated with alterations in bacterial cell wall precursors that reduce the antimicrobial agent's affinity for its target. Evidence of the horizontal dissemination of resistance genes and the presence of additional mechanisms associated with antimicrobial resistance was also identified. Among the therapeutic alternatives, linezolid stood out as an option for certain infections caused by resistant Gram-positive bacteria. Furthermore, natural compounds, such as *Nigella sativa* oil, and combinations with adjuvant substances showed promising experimental results, although limitations remain regarding the clinical validation of their efficacy. **FINAL CONSIDERATIONS:** Addressing VRSA requires microbiological surveillance, the rational use of antimicrobial agents, and the strengthening of infection prevention and control measures. Further studies are needed to expand therapeutic alternatives and validate the safety and efficacy of the compounds investigated.

Keywords:
Vancomycin-resistant *Staphylococcus aureus*; Bacterial resistance; *vanA* operon; Resistance mechanisms; Antimicrobial therapy.

Resumen:
INTRODUCCIÓN: La resistencia de *Staphylococcus aureus* a la vancomicina (VRSA) supone un desafío para la salud pública y la microbiología clínica debido a la reducción de las opciones terapéuticas y la diseminación de determinantes genéticos de resistencia. Este estudio tuvo como objetivo analizar los mecanismos implicados en la resistencia de *Staphylococcus aureus* a la vancomicina, con énfasis en la función del operón *vanA*, y examinar las principales perspectivas terapéuticas descritas en la literatura. **METODOLOGÍA:** Se realizó una revisión integradora de la literatura entre marzo y abril de 2026 en PubMed Central y Google Académico. Se emplearon los descriptores *Staphylococcus aureus*, Vancomycin, Resistance, Mechanisms y Therapeutics, combinados mediante el operador booleano AND. Tras aplicar los criterios de inclusión y exclusión, se seleccionaron 13 artículos para el análisis. **RESULTADOS:** Los estudios destacaron la importancia del operón *vanA* en la resistencia a la vancomicina, asociada a la modificación de los precursores de la pared celular bacteriana, que reduce la afinidad del antimicrobiano por su diana. También se identificaron evidencias de la diseminación horizontal de genes de resistencia y de mecanismos adicionales asociados a la resistencia antimicrobiana. Entre las alternativas terapéuticas, el linezolid destacó como opción para determinadas infecciones causadas por bacterias grampositivas resistentes. Los compuestos naturales, como el aceite de *Nigella sativa*, y sus combinaciones con sustancias adyuvantes mostraron resultados experimentales prometedores, aunque su eficacia clínica aún no se ha establecido plenamente. **CONSIDERACIONES FINALES:** Abordar el VRSA requiere vigilancia microbiológica, uso racional de los antimicrobianos y fortalecimiento de las medidas de prevención y control de infecciones. Se necesitan nuevos estudios para ampliar las opciones terapéuticas y validar la seguridad y eficacia de los compuestos investigados.

Palabras clave:
Staphylococcus aureus resistente a la vancomicina; resistencia bacteriana; operón *vanA*; mecanismos de resistencia; terapéutica antimicrobiana.

Descritores: *Staphylococcus aureus*; Vancomycin; Resistance; Mechanisms; Therapeutics.

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

Ano VII, v.1 2026 | submissão: 30/10/2026 | aceito: 06/11/2026 | publicação: 11/11/2026

1. Introdução

A resistência bacteriana aos antimicrobianos constitui um dos principais desafios para a saúde pública mundial, uma vez que o uso inadequado e indiscriminado desses medicamentos favorece a seleção de microrganismos resistentes e reduz a eficácia de diferentes opções terapêuticas. A exposição frequente aos antibióticos exerce pressão seletiva sobre as populações bacterianas, favorecendo a sobrevivência e multiplicação de cepas mais adaptadas. Esse cenário contribui para o aumento das taxas de morbimortalidade, dos custos relacionados à assistência à saúde e das dificuldades no controle de infecções bacterianas, tornando necessária a adoção de estratégias de vigilância e o desenvolvimento de novas alternativas terapêuticas (Li, et al. 2022; Caetano; Silva, 2025).

Entre os microrganismos de importância clínica nesse contexto destaca-se o *Staphylococcus aureus*, bactéria Gram-positiva frequentemente encontrada na microbiota humana, principalmente na pele e nas mucosas. Apesar disso, apresenta elevado potencial patogênico e pode causar desde infecções cutâneas até quadros graves, como pneumonia, sepse, osteomielite e endocardite infecciosa. Sua capacidade de adaptação, associada à presença de fatores de virulência e à aquisição de genes de resistência antimicrobiana, contribui para sua relevância nas infecções hospitalares e para o aumento da dificuldade de tratamento de determinadas cepas (Touaitia et al., 2025; Vivekanandan, et al. 2025).

Dentro desse contexto, a vancomicina destacou-se durante décadas como uma das principais opções terapêuticas para infecções graves causadas por bactérias Gram-positivas multirresistentes, especialmente por cepas de *S. aureus* resistentes à meticilina (MRSA). Seu mecanismo de ação está relacionado à inibição da síntese da parede celular bacteriana, interferindo na formação adequada do peptideoglicano. Entretanto, a redução da sensibilidade e o surgimento de cepas de *S. aureus* resistentes à vancomicina (VRSA) representam um importante problema clínico e epidemiológico, pois comprometem a eficácia desse antimicrobiano e podem limitar as opções disponíveis para o tratamento das infecções (Amer, et al. 2025; Wu, et al. 2021).

Entre os mecanismos relacionados à resistência do VRSA destaca-se a aquisição do operon *vanA*, originalmente identificado em espécies de *Enterococcus*. A transferência horizontal de genes, principalmente por meio de conjugação bacteriana, possibilita a transferência de elementos genéticos contendo genes de resistência entre diferentes espécies bacterianas. Após sua incorporação ao *S. aureus*, o *vanA* está relacionado à produção de

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

Ano VII, v.1 2026 | submissão: 30/10/2026 | aceito: 06/11/2026 | publicação: 11/11/2026

proteínas responsáveis pela modificação do alvo da vancomicina. Nesse processo, o terminal D-Ala-D-Ala dos precursores do peptideoglicano é substituído por D-Ala-D-Lac, reduzindo significativamente a afinidade da vancomicina pelo seu alvo e comprometendo sua capacidade de inibir a síntese da parede celular bacteriana (Tao, et al. 2023; Tabashsum et al., 2024).

A presença desses mecanismos de resistência representa um desafio para a terapêutica antimicrobiana, uma vez que pode resultar em falhas no tratamento, maior tempo de internação e aumento da morbimortalidade. Diante dessa limitação, diferentes alternativas terapêuticas vêm sendo investigadas e utilizadas no enfrentamento das infecções causadas por cepas resistentes, incluindo combinações de outros antimicrobianos com a vancomicina. Além disso, estratégias como terapias combinadas, peptídeos antimicrobianos, bacteriófagos e substâncias capazes de interferir nos mecanismos de resistência vêm sendo estudadas como possibilidades para ampliar a eficácia terapêutica e enfrentar a disseminação de cepas resistentes (Davis et al., 2024; Taha et al., 2023).

Diante do exposto, este estudo teve como objetivo analisar os mecanismos envolvidos na resistência do *Staphylococcus aureus* à vancomicina, com ênfase na atuação do operon *vanA*, bem como discutir as principais perspectivas terapêuticas descritas na literatura para o enfrentamento do VRSA.

2. Metodologia

O presente estudo tratou-se de uma revisão integrativa descritiva, cujo levantamento bibliográfico ocorreu nos meses de março a abril de 2026, por meio de uma busca estruturada realizada nas bases de dados PubMed Central e Google Acadêmico, sem restrição de idiomas. Foram selecionados artigos publicados nos últimos cinco anos (2021-2026) utilizando os seguintes descritores obtidos a partir da busca nos Descritores em Ciências da Saúde (DeCS): “*Staphylococcus aureus*”, “Vancomycin”, “Resistance”, “Mechanisms”, “Therapeutics” e “VRSA” combinados por meio do operador booleano AND.

Os critérios de inclusão adotados foram artigos científicos completos, disponíveis gratuitamente na íntegra, publicados nos últimos cinco anos, que apresentaram relação direta com o tema proposto, estudos originais, revisões de literatura e revisões sistemáticas que abordaram os mecanismos moleculares de resistência à vancomicina em *Staphylococcus aureus*, a presença e atuação do operon *vanA*, as alternativas terapêuticas para cepas VRSA e os impactos clínicos da resistência antimicrobiana.

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

Ano VII, v.1 2026 | submissão: 30/10/2026 | aceito: 06/11/2026 | publicação: 11/11/2026

Como critérios de exclusão, foram considerados artigos duplicados nas bases de dados, estudos incompletos, resumos simples, trabalhos que não apresentaram relação direta com o tema, publicações fora do período delimitado, materiais sem rigor científico adequado e estudos realizados exclusivamente em modelos animais.

3. Resultados

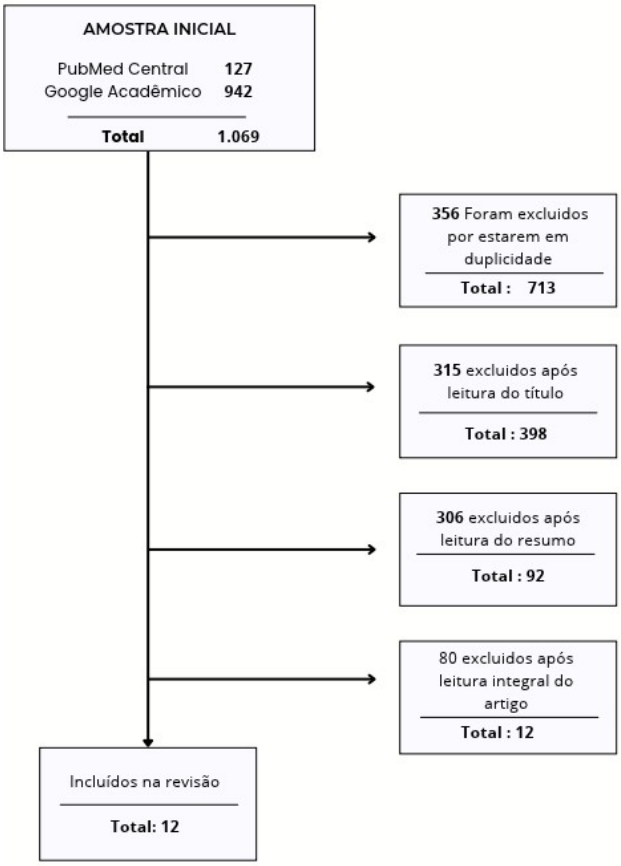
A partir da busca estruturada realizada nas bases de dados PubMed Central e Google Acadêmico, foram identificados inicialmente 1.069 estudos, sendo 127 provenientes da PubMed Central e 942 do Google Acadêmico. Inicialmente, foram excluídos 356 artigos duplicados, restando 713 estudos para a etapa seguinte. Após a leitura dos títulos, 315 estudos foram excluídos por não apresentarem relação direta com o tema ou não atenderem aos critérios de seleção, permanecendo 398 artigos.

Em seguida, a leitura dos resumos resultou na exclusão de 306 estudos, principalmente por não abordarem diretamente os mecanismos moleculares de resistência à vancomicina em *Staphylococcus aureus* ou as perspectivas terapêuticas relacionadas ao VRSA, restando 92 artigos. Posteriormente, após a leitura integral, 80 artigos foram excluídos por não atenderem aos critérios de inclusão estabelecidos, resultando em 12 artigos selecionados para compor o corpus de análise desta revisão integrativa (Figura 1).

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

Ano VII, v.1 2026 | submissão: 30/10/2026 | aceito: 06/11/2026 | publicação: 11/11/2026

Figura 1 – Fluxograma de seleção dos artigos



Fonte: Elaborado pela autora.

Entre os 12 artigos selecionados para esta revisão, foram analisados os mecanismos moleculares envolvidos na resistência de *Staphylococcus aureus* à vancomicina (VRSA), com ênfase na presença dos genes *vanA* e *vanB*, na transferência horizontal de genes de resistência e na ocorrência de cepas resistentes em amostras clínicas. Além disso, foram investigadas as perspectivas terapêuticas para o enfrentamento dessas infecções, incluindo o uso de antimicrobianos alternativos, peptídeos antimicrobianos, compostos de origem vegetal e estratégias de associação entre substâncias com potencial atividade antibacteriana.

As principais abordagens identificadas nos estudos envolveram a caracterização dos mecanismos de resistência, a investigação da disseminação de cepas resistentes e a avaliação de novas possibilidades de tratamento. As informações referentes aos títulos, autores, anos de publicação, objetivos e resultados estão apresentadas no Quadro 1.

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

Ano VII, v.1 2026 | submissão: 30/10/2026 | aceito: 06/11/2026 | publicação: 11/11/2026

Quadro 1 – Características dos artigos científicos selecionados, segundo título, autores, ano de publicação, objetivo e resultados

Título	Ano	Autores	Objetivo	Resultados
Prevalence and management of vancomycin non-susceptible *Staphylococcus aureus*: A narrative review	2026	Aroonlug Lulitanond; Aroonwadee Chanawong; Chikara Kaito	Apresentar dados atuais sobre a prevalência, os mecanismos de resistência, a detecção e as estratégias terapêuticas contra *S. aureus* não suscetível à vancomicina.	A resistência à vancomicina varia entre regiões, dificulta o tratamento e exige alternativas terapêuticas e melhor detecção das cepas resistentes.
Effect of Organic Acids and Probiotics on Methicillin and Vancomycin-Resistant *Staphylococcus aureus* Isolated from Patients in the Dhi Qar Governorate: Effect of Organic Acids and Probiotics on Methicillin and Vancomycin-Resistant *Staphylococcus aureus*	2026	Riyadh M. J. Alzamili; Hiyam A. Altaii	Descobrir a eficácia de alguns ácidos orgânicos e probióticos na eliminação de isolados clínicos de *Staphylococcus aureus* resistente à meticilina (MRSA) e *Staphylococcus aureus* resistente à vancomicina (VRSA).	Os ácidos orgânicos apresentaram eficácia antibacteriana muito superior à da terapia com probióticos.
Antibacterial activity of camel milk and whey in combination with some antibiotics against vancomycin resistant *Staphylococcus aureus*	2025	Abdallah et al.	Observar a atividade antibacteriana do leite e do soro de camelo em combinação com os antibióticos contra VRSA.	O leite de camelo é considerado um produto natural promissor que desempenha um papel importante no aumento da susceptibilidade das bactérias a alguns antibióticos.
Unveiling the spectrum of vancomycin resistance in *Staphylococcus aureus* from Hospital-acquired urinary tract infections (HA-UTI) in cardiac patients	2025	Asghar et al.	Investigar genes de resistência à vancomicina em isolados de VRSA, relacionando-os à virulência, às bombas de efluxo e à suscetibilidade aos antimicrobianos.	A resistência *vanA* em VRSA está associada à atividade de bombas de efluxo e à expressão de genes de virulência, sendo essenciais estudos genômicos e transcriptômicos para desenvolver terapias eficazes e melhorar o controle de infecções.
In silico evaluation of chrysin: pharmacokinetics, toxicity, and potential as an adjuvant in combating vancomycin-resistant *Staphylococcus aureus*	2024	Harika Mudumbai; Lakshmi Velaga; Sri Ramya Balijepalli	Avaliar a farmacocinética, a toxicidade e a eficácia da crisina contra infecções por MRSA e VRSA.	Houve uma alta absorção gastrointestinal, permeabilidade moderada da barreira hematoencefálica e baixo potencial de inibição da enzima citocromo P450, sugerindo riscos mínimos de interação medicamentosa.

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

Ano VII, v.1 2026 | submissão: 30/10/2026 | aceito: 06/11/2026 | publicação: 11/11/2026

Título	Ano	Autores	Objetivo	Resultados
Phytocompounds from Saudi medicinal plant *Ziziphus nummularia* against vancomycin-resistant *Staphylococcus aureus* (VRSA) causing atopic dermatitis (AD)	2023	Muhammad Musthafa Poyil; Mohammed H. Karrar Alsharif	Utilizar a nova propriedade antibacteriana de uma planta de origem saudita, a *Ziziphus nummularia*, para tratar a dermatite atópica.	A *Ziziphus nummularia* apresentou fitocompostos com atividade anti-VRSA.
Luteolin and Vancomycin Synergistically Resisted Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus*	2022	Sun et al.	Investigar a atividade antibacteriana *in vitro* da luteolina combinada com vancomicina contra MRSA.	A luteolina apresenta atividade anti-MRSA *in vitro* e, quando combinada à vancomicina, pode potencializar sua ação antibacteriana, favorecer efeitos sinérgicos ou aditivos e reduzir a seleção de bactérias resistentes.
Nigella sativa oil extract: A natural novel specific conjugal transfer inhibitor of vancomycin resistance from *vanA/B*-resistant *Enterococcus faecium* to *Staphylococcus aureus*	2022	Ahmad et al.	Investigar o impacto do óleo de *Nigella sativa* na transferência conjugativa de genes VR de *Enterococcus faecium* para *S. aureus* sensível à vancomicina.	A transferência do transposon Tn1546 com seus marcadores VR para VSSA foi efetivamente inibida em cepas doadoras de VREtfm tratadas com uma concentração subinibitória mínima de óleo de *N. sativa*.
Detection of *vanA* and *vanB* genes among vancomycin resistant *Staphylococcus aureus* isolated from clinical samples in Baghdad hospitals	2022	Ansam Basil AbdulRazzaq; AbdulMuhsin Moslim Shami; Kais Kassim Ghaima	Identificar os genes de resistência à vancomicina (*vanA* e *vanB*) em isolados clínicos de VRSA de pacientes hospitalizados em Bagdá, Iraque, por meio de análises microbiológicas e moleculares.	Constatou-se que todos os isolados apresentaram resistência à vancomicina pela presença do gene *vanA*, enquanto a presença do gene *vanB* foi observada em 66,6% dos casos.
Vancomycin resistance in *Enterococcus* and *Staphylococcus aureus*	2022	Gen Li; Mark J. Walker; David M. P. De Oliveira	Analisar a epidemiologia e os mecanismos de resistência à vancomicina em *Enterococcus spp.* e *Staphylococcus aureus*, além de investigar alternativas terapêuticas para tratar infecções causadas por essas bactérias resistentes.	*Enterococcus spp.* e *Staphylococcus aureus* podem causar infecções graves e desenvolver resistência à vancomicina por mecanismos genéticos e mutações. Apesar da existência de alternativas terapêuticas, novos antibióticos e estratégias de tratamento são necessários para combater a crescente resistência bacteriana.

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

Ano VII, v.1 2026 | submissão: 30/10/2026 | aceito: 06/11/2026 | publicação: 11/11/2026

Título	Ano	Autores	Objetivo	Resultados
Antimicrobial peptides with antibacterial activity against vancomycin-resistant *Staphylococcus aureus* strains: classification, structures, and mechanisms of action	2021	Isabella Hernández-Aristizábal; Iván Darío Ocampo-Ibáñez	Revisar as pesquisas sobre peptídeos antimicrobianos (AMPs) com atividade contra cepas de *S. aureus* resistentes ou com resistência intermediária à vancomicina, abordando sua classificação, origem, características estruturais e mecanismos de ação.	Diversos peptídeos antimicrobianos produzidos naturalmente por diferentes espécies de animais e bactérias demonstraram atividade antibacteriana *in vitro* e *in vivo* contra cepas de VRSA e VISA.
Safety and efficacy of linezolid treatment in comparison with vancomycin for methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* nosocomial infection: A prospective study in Mysore City, South India	2021	MK Jayanthi; VK Jatin; Ramith Ramu	Avaliar a evidência clínica do tratamento com linezolida em pacientes infectados por MRSA na cidade de Mysore.	A linezolida oferece o mesmo benefício que a vancomicina, porém com muito menos efeitos indesejados.

Fonte: Elaborado pela autora.

4. Discussão

A análise dos artigos selecionados permitiu identificar diferentes aspectos relacionados à resistência do *Staphylococcus aureus* à vancomicina (VRSA), abrangendo os mecanismos moleculares envolvidos, a disseminação dos genes de resistência, a ocorrência de cepas resistentes em amostras clínicas e as perspectivas terapêuticas investigadas na literatura. Os estudos evidenciam a importância da compreensão dos mecanismos genéticos, especialmente daqueles associados aos genes *vanA* e *vanB*, bem como da busca por alternativas que possam contribuir para o enfrentamento dessas infecções.

A vancomicina é um antibiótico da classe dos glicopeptídeos, utilizado principalmente no tratamento de infecções graves causadas por bactérias Gram-positivas, incluindo cepas de *Staphylococcus aureus* resistentes à meticilina (MRSA). Seu mecanismo de ação consiste em inibir a síntese da parede celular bacteriana, processo que ocorre por meio da sua ligação de alta afinidade ao terminal dipeptídeo D-Ala-D-Ala dos precursores do peptideoglicano. Entretanto, o surgimento de cepas resistentes à vancomicina representa um desafio terapêutico, uma vez que compromete a eficácia desse antimicrobiano (Sun et al., 2022).

Segundo Li, Walker e Oliveira (2022), a resistência à vancomicina pode estar relacionada à aquisição de determinantes genéticos e a alterações nos mecanismos bacterianos envolvidos na ação do fármaco. O desenvolvimento da resistência à vancomicina está

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

Ano VII, v.1 2026 | submissão: 30/10/2026 | aceito: 06/11/2026 | publicação: 11/11/2026

diretamente relacionado à aquisição de genes de resistência, com destaque para o óperon *vanA* (AbdulRazzaq, Shami e Ghaima, 2022). Segundo Lulitanond, Chanawong e Kaito (2026), o *S. aureus* pode adquirir o gene *vanA* por transferência horizontal, frequentemente a partir de espécies de *Enterococcus* portadoras do transposon Tn1546. A presença desse óperon modifica a síntese da parede celular bacteriana, substituindo o terminal D-Ala-D-Ala por D-Ala-D-Lac. Essa alteração reduz significativamente a afinidade da vancomicina pelo seu local de ação, conferindo alto nível de resistência à bactéria (Li, Walker e Oliveira, 2022).

A importância desse mecanismo foi observada no estudo de AbdulRazzaq, Shami e Ghaima (2022), que analisaram isolados clínicos hospitalares e constataram que 100% das cepas resistentes à vancomicina possuíam o gene *vanA*, enquanto o *vanB* foi detectado em 66,6% dos casos. Os autores evidenciaram que o *vanA* atua como o principal determinante para a consolidação da resistência, enquanto o gene *vanB*, de forma isolada, demonstrou ser insuficiente para garantir esse mesmo perfil.

De forma complementar, Asghar et al. (2025) investigaram isolados provenientes de infecções do trato urinário associadas à assistência à saúde e relacionaram a resistência à vancomicina à presença de genes de resistência, bombas de efluxo e fatores de virulência. Já a revisão de Lulitanond, Chanawong e Kaito (2026) reforça a importância da vigilância epidemiológica, da detecção adequada das cepas resistentes e da busca por alternativas terapêuticas. Em conjunto, os estudos destacam a relevância do *vanA* na resistência à vancomicina e a necessidade de monitorar sua disseminação, especialmente no ambiente hospitalar, onde a presença de mecanismos adicionais de resistência e virulência pode dificultar o tratamento das infecções.

Diante da perda de eficácia da vancomicina, o manejo clínico das infecções causadas por cepas de VRSA tem exigido a adoção de novas estratégias terapêuticas e o uso de antibióticos alternativos. A revisão conduzida por Lulitanond, Chanawong e Kaito (2026) ressalta que, ao se confirmar a redução da sensibilidade à vancomicina, o tratamento deve ser prontamente substituído por outros agentes antimicrobianos, destacando-se a linezolida como uma opção de tratamento viável e com boa atividade contra cepas resistentes.

A eficácia clínica dessa abordagem foi demonstrada por Jayanthi, Jatin e Ramu (2021) em um estudo prospectivo que comparou a segurança e a eficácia da linezolida em relação à vancomicina no tratamento de infecções nosocomiais causadas por *S. aureus* multirresistente. Os autores observaram que a linezolida, administrada tanto por via oral quanto intravenosa, demonstrou 100% de taxa de cura clínica, equivalente à eficácia pretendida com a vancomicina,

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

Ano VII, v.1 2026 | submissão: 30/10/2026 | aceito: 06/11/2026 | publicação: 11/11/2026

porém com uma incidência significativamente menor de eventos adversos graves, como episódios de tromboflebite e diarreia. Tais evidências consolidam a linezolida não apenas como um antibiótico de resgate, mas como uma alternativa mais segura e clinicamente equivalente nos protocolos de tratamento atuais.

A linezolida é um antibiótico da classe das oxazolidinonas, seu mecanismo de ação consiste na inibição da síntese proteica bacteriana, diferentemente da vancomicina, que interfere na formação da parede celular (Li, Walker e Oliveira, 2022). Segundo Jayanthi, Jatin e Ramu (2021), esse antimicrobiano interrompe o crescimento bacteriano ao prejudicar a produção de proteínas e, consequentemente, comprometer as funções celulares. Dessa forma, representa uma alternativa terapêutica para determinadas infecções causadas por bactérias Gram-positivas resistentes, conforme o perfil de suscetibilidade do microrganismo.

Além dos antimicrobianos já utilizados na prática clínica, os estudos selecionados investigam substâncias capazes de interferir na disseminação dos genes de resistência. Ahmad et al. (2022), por exemplo, avaliaram o efeito do óleo de *Nigella sativa* sobre a transferência conjugativa de determinantes de resistência à vancomicina de *Enterococcus faecium* para *S. aureus*. O óleo de *Nigella sativa* é um produto natural, acessível, rico em ácidos graxos insaturados e contém compostos bioativos com propriedades antimicrobianas investigadas em pesquisas científicas (Ahmad et al., 2022) Os resultados indicaram inibição da transferência do transposon Tn1546, associado aos genes de resistência, após o tratamento das bactérias doadoras com concentrações subinibitórias do óleo.

Essa estratégia apresenta interesse científico por atuar sobre um processo relacionado à disseminação da resistência, em vez de se limitar à inibição do crescimento bacteriano. Entretanto, os resultados demonstram um potencial experimental para reduzir a transferência horizontal de genes, não sendo suficientes para afirmar que o composto previne a disseminação do VRSA em pacientes ou no ambiente hospitalar. Sua possível aplicação depende de investigações adicionais que avaliem a segurança, a eficácia e a viabilidade de utilização em condições clínicas (Ahmad et al., 2022)

Outra perspectiva investigada consiste na associação de compostos naturais com antimicrobianos convencionais, com o objetivo de potencializar a atividade antibacteriana. Sun et al. (2022) estudaram a luteolina em associação com a vancomicina contra cepas de *S. aureus* resistentes à meticilina (MRSA), observando resultados relacionados à atividade antibacteriana da combinação. De maneira semelhante, Mudumbai, Velaga e Balijepalli (2024) investigaram a crisina como possível adjuvante no combate ao *S. aureus* resistente à vancomicina, incluindo

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

Ano VII, v.1 2026 | submissão: 30/10/2026 | aceito: 06/11/2026 | publicação: 11/11/2026

análises computacionais relacionadas à interação molecular, às propriedades farmacocinéticas previstas e à toxicidade. Esses resultados contribuem para a identificação de moléculas candidatas a futuras investigações, mas as previsões computacionais não comprovam a eficácia terapêutica ou a segurança do composto em seres humanos.

Outros estudos analisaram o potencial antibacteriano de fitocompostos de *Ziziphus nummularia* (Poyil e Alsharif, 2023), de ácidos orgânicos (Alzamili e Altaii, 2026) e de leite de camela associado a antibióticos convencionais (Abdallah et al., 2025). Embora essas pesquisas ampliem as possibilidades de investigação de substâncias com atividade antimicrobiana, seus resultados devem ser interpretados considerando os modelos experimentais utilizados, as concentrações testadas, os microrganismos avaliados e os desfechos observados. A demonstração de atividade antibacteriana em condições laboratoriais não comprova, isoladamente, que essas substâncias possam ser utilizadas como tratamentos eficazes contra infecções por VRSA. Da mesma forma, a observação de um efeito combinado não é suficiente para caracterizar sinergismo sem a aplicação de métodos apropriados para essa avaliação.

Apesar dos resultados promissores, a literatura analisada apresenta limitações que precisam ser consideradas na interpretação das perspectivas terapêuticas. Parte das pesquisas envolve ensaios *in vitro*, que permitem avaliar a atividade antibacteriana em condições controladas, enquanto outras utilizam abordagens *in silico*, voltadas à previsão de interações moleculares e propriedades farmacocinéticas. Embora essas metodologias sejam importantes para a identificação de candidatos terapêuticos, elas não reproduzem integralmente a complexidade do organismo humano.

Dessa forma, permanecem necessárias investigações adicionais sobre toxicidade, biodisponibilidade, eficácia, dosagem e possíveis interações com outros medicamentos, além de estudos *in vivo* e ensaios clínicos quando pertinentes. Em síntese, a linezolida e outros antimicrobianos com atividade comprovada para o agente e o quadro clínico em questão constituem opções a serem consideradas na prática clínica, enquanto os compostos naturais e as estratégias adjuvantes permanecem, em diferentes graus, como perspectivas de investigação. O avanço dessas abordagens depende da produção de evidências robustas que permitam determinar sua efetividade e segurança e esclarecer sua possível contribuição para o enfrentamento das infecções causadas por *S. aureus* resistente à vancomicina.

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

Ano VII, v.1 2026 | submissão: 30/10/2026 | aceito: 06/11/2026 | publicação: 11/11/2026

5. Considerações finais

A presente revisão permitiu compreender que a resistência do *Staphylococcus aureus* à vancomicina (VRSA) representa um desafio para a saúde pública e para a microbiologia clínica, principalmente devido à aquisição de determinantes genéticos de resistência, com destaque para o operon *vanA*. Esse mecanismo promove alterações nos precursores da parede celular bacteriana, reduzindo a afinidade da vancomicina pelo seu alvo e comprometendo sua atividade antimicrobiana. Além disso, a possibilidade de transferência horizontal de genes de resistência reforça a importância do monitoramento dessas cepas, especialmente no ambiente hospitalar.

Em relação às perspectivas terapêuticas, os estudos analisados destacaram a linezolida como uma alternativa para determinadas infecções causadas por bactérias Gram-positivas resistentes, cuja utilização deve considerar o perfil de suscetibilidade do microrganismo e as condições clínicas do paciente. Também foram identificadas pesquisas promissoras envolvendo compostos naturais capazes de interferir na transferência de genes de resistência e substâncias com potencial para potencializar a atividade de antimicrobianos convencionais. Entretanto, essas estratégias ainda apresentam limitações, uma vez que parte significativa das evidências provém de estudos experimentais *in vitro* e análises computacionais *in silico*, sendo necessárias investigações adicionais para determinar sua eficácia, segurança e aplicabilidade clínica.

Nesse contexto, destaca-se a contribuição do biomédico no enfrentamento da resistência antimicrobiana, especialmente por meio da realização de exames laboratoriais, da identificação de microrganismos resistentes, da investigação de determinantes genéticos e da execução de procedimentos de controle de qualidade. Sua atuação também contribui para a vigilância epidemiológica e para o fornecimento de informações laboratoriais confiáveis às equipes assistenciais e aos serviços de controle de infecções relacionadas à assistência à saúde.

Por fim, destaca-se a importância do desenvolvimento de novos estudos sobre os mecanismos de resistência, a dinâmica de disseminação horizontal dos genes van e a validação clínica de compostos adjuvantes, contribuindo para o avanço das estratégias terapêuticas e para a preservação da eficácia dos antimicrobianos.

Referências

ABDALLAH, Lubna et al. Antibacterial Activity of Camel Milk and Whey in Combination with some Antibiotics Against Vancomycin Resistant *Staphylococcus Aureus*. **An-Najah University Journal for Research - A (Natural Sciences)**, [s. l.], vol. 40, no. 1, pp. 71–76, 2026.

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

Ano VII, v.1 2026 | submissão: 30/10/2026 | aceito: 06/11/2026 | publicação: 11/11/2026

AHMAD, Adel Attia M. et al. *Nigella sativa* oil extract: A natural novel specific conjugal transfer inhibitor of vancomycin resistance from *vanA/B*-resistant *Enterococcus faecium* to *Staphylococcus aureus*. **Journal of Applied Microbiology**, v. 133, n. 2, p. 619–629, 2022

ALZAMILI, Riyadh M. J.; ALTAII, Hiyam A.; IVANOVSKI, Igor. Effect of Organic Acids and Probiotics on Methicillin and Vancomycin-Resistant *Staphylococcus aureus* Isolated from Patients in the Dhi Qar Governorate. **Rafidain Journal of Science**, [s. l.], vol. 35, no. 2, pp. 60–69, 2026.

AMER, Ali A. et al. Development of Vancomycin, a Glycopeptide Antibiotic, in a Suitable Nanoform for Oral Delivery. **Molecules**, [s. l.], vol. 30, no. 7, 2025.

ASGHAR, Muhammad Umer et al. Unveiling the spectrum of vancomycin resistance in *Staphylococcus aureus* from Hospital-acquired urinary tract infections (HA-UTI) in cardiac patients. **Molecular Biology Reports**, [s. l.], vol. 52, no. 1, 2025.

BASIL ABDULRAZZAQ, Ansam; MOSLIM SHAMI, AbdulMuhsin; KASSIM GHAIMA, Kais. Detection of *vanA* and *vanB* genes Among Vancomycin Resistant *Staphylococcus aureus* Isolated from Clinical Samples in Baghdad Hospitals. **Iraqi Journal of Biotechnology**. [S. l.]: [s. d.], 2022.

CAETANO, Giselle Soares; SILVA, Fernanda Gonçalves. RESISTÊNCIA BACTERIANA E O IMPACTO DO USO INDISCRIMINADO DE ANTIBIÓTICOS: Revisão narrativa da literatura. **Scientia Generalis**, [s. l.], vol. 6, no. 2, pp. 212–220, 2025.

DAVIS, Kathleen P. et al. *In vitro* identification of underutilized β-lactam combinations against methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* bacteremia isolates. **Microbiology Spectrum**, [s. l.], vol. 12, no. 8, 2024.

HERNÁNDEZ-ARISTIZÁBAL, Isabella; OCAMPO-IBÁÑEZ, Iván Darío. Antimicrobial peptides with antibacterial activity against vancomycin-resistant *staphylococcus aureus* strains: Classification, structures, and mechanisms of action. [S. l.]: MDPI, 2021.

JATIN, VK; JAYANTHI, MK; RAMU, Ramith. Safety and efficacy of linezolid treatment in comparison with vancomycin for methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* nosocomial infection: A prospective study in Mysore City, South India. **International Journal of Health & Allied Sciences**, [s. l.], vol. 10, no. 1, p. 23, 2021.

LI, Gen; WALKER, Mark J.; DE OLIVEIRA, David M.P. Vancomycin Resistance in *Enterococcus* and *Staphylococcus aureus*. [S. l.]: MDPI, 2023.

LULITANOND, Aroonlug; CHANAWONG, Aroonwadee; KAITO, Chikara. Prevalence and management of vancomycin non-susceptible *Staphylococcus aureus*: A narrative review. [S. l.]: Elsevier Ltd, 2026.

MUDUMBAI, Harika; VELAGA, Lakshmi; BALIJEPALLI, Ramya. *In Silico* Evaluation of Chrysin: Pharmacokinetics, Toxicity, and Potential as an Adjuvant in Combating Vancomycin-Resistant *Staphylococcus aureus*. Harika Mudumbai et.alAJBR **Afr. J. Biomed. Res**, [s. l.], vol. 27, no. 4s, p. 2024

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

Ano VII, v.1 2026 | submissão: 30/10/2026 | aceito: 06/11/2026 | publicação: 11/11/2026

POYIL, Muhammad Musthafa; ALSHARIF, Mohammed H. Karrar. Phytocompounds from Saudi Medicinal Plant *Ziziphus nummularia* against Vancomycin-Resistant *Staphylococcus aureus* (VRSA) Causing Atopic Dermatitis (AD). **International Journal of Pharmacology**, [s. l.], vol. 19, no. 5, pp. 655–664, 2023.

SUN, Yixuan et al. Luteolin and Vancomycin Synergistically Resisted Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus*. **International Journal of Pharmacology**, [s. l.], vol. 18, no. 1, pp. 164– 170, 2022.

TABASHSUM, Zajeba et al. Palmitoleic acid sensitizes vancomycin-resistant *Staphylococcus aureus* to vancomycin by outpacing the expression of resistance genes. **Microbiology Spectrum**, [s. l.], vol. 13, no. 1, 2025.

TAHA, Mariam et al. Combining bacteriophage and vancomycin is efficacious against MRSA biofilm-like aggregates formed in synovial fluid. **Frontiers in Medicine**, [s. l.], vol. 10, 2023.

TAO, Shuan et al. Targeted elimination of Vancomycin resistance gene *vanA* by CRISPR-Cas9 system. **BMC Microbiology**, [s. l.], vol. 23, no. 1, 2023.

TOUAITIA, Rahima et al. *Staphylococcus aureus*: A Review of the Pathogenesis and Virulence Mechanisms. [S. l.]: Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI), 2025.

VIVEKANANDAN, K.E. et al. Exploring molecular mechanisms of drug resistance in bacteria and progressions in CRISPR/Cas9-based genome expurgation solutions. **Global Medical Genetics**, [s. l.], vol. 12, no. 2, p. 100042, 2025.

WU, Qianxing et al. RETRACTED ARTICLE: Systematic review and meta-analysis of the epidemiology of vancomycin-resistance *Staphylococcus aureus* isolates. **Antimicrobial Resistance and Infection Control**, v. 10, n. 1, 2021.

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.