

Vacinas contra doenças infecciosas: uma revisão das tecnologias clássicas às inovações recentes e perspectivas futuras

Vaccines against infectious diseases: a review from classical technologies to recent innovations and future perspectives

Vacunas contra enfermedades infecciosas: revisión desde las tecnologías clásicas hasta innovaciones recientes y perspectivas futuras

Welldy Gonçalves Teixeira¹, Ysis Gomes Campos², Ruann Macedo Santos³, Luiz Fernando Soares Laranjeira⁴, Maria Eduarda Reis⁵, Gustavo Lopes Rodrigues⁶, Camila Freire Araújo⁷

Como citar: Teixeira WGT, Campos YG, Santos RM, Laranjeira LFS, Reis ME, Rodrigues GL, Araújo CF. Vacinas contra doenças infecciosas: uma revisão das tecnologias clássicas às inovações recentes e perspectivas futuras. REVISIA. 2026; 15(Esp.4): 112-119. Doi: <https://doi.org/10.36239/revisa.v15.nEsp4.p112a119>

REVISIA

1. Universidade de Rio Verde, Campus Goiânia, Faculdade de Medicina (FAMED). Goiânia, Goiás, Brasil.
<https://orcid.org/0000-0001-5545-7954>

2. Universidade de Rio Verde, Campus Goiânia, Faculdade de Medicina (FAMED). Goiânia, Goiás, Brasil.
<https://orcid.org/0009-0002-9132-239X>

3. Universidade de Rio Verde, Campus Goiânia, Faculdade de Medicina (FAMED). Goiânia, Goiás, Brasil.
<https://orcid.org/0009-0005-1735-1397>

4. Universidade de Rio Verde, Campus Goiânia, Faculdade de Medicina (FAMED). Goiânia, Goiás, Brasil.
<https://orcid.org/0009-0004-1160-9695/print>

5. Universidade de Rio Verde, Campus Goiânia, Faculdade de Medicina (FAMED). Goiânia, Goiás, Brasil.
<https://orcid.org/0009-0008-7409-0228>

6. Universidade de Rio Verde, Campus Goiânia, Faculdade de Medicina (FAMED). Goiânia, Goiás, Brasil.
<https://orcid.org/0009-0008-1330-8748>

7. Universidade de Rio Verde, Campus Goiânia, Faculdade de Medicina (FAMED).
<https://orcid.org/0009-0001-0390-7498>

Recebido 27/01/2026
Aprovado: 22/03/2026

RESUMO

Objetivo: Apresentar uma análise crítica e atualizada sobre as principais tecnologias vacinais empregadas na prevenção de doenças infecciosas. **Métodos:** Trata-se de uma revisão narrativa da literatura, com buscas nas bases BVS, SciELO e Google Acadêmico, utilizando descritores DeCS/MeSH. Foram incluídos artigos originais, revisões e documentos técnicos publicados entre 2020 e 2025. **Resultados:** Foram identificados 76 estudos, dos quais 14 atenderam aos critérios de inclusão. Os artigos selecionados abordaram diferentes plataformas vacinais, descrevendo seus mecanismos, vantagens, limitações e aplicações clínicas. As vacinas clássicas continuam sendo essenciais no controle de infecções, embora apresentem limitações, especialmente em imunocomprometidos e idosos. Em contrapartida, vacinas modernas, como as baseadas em RNA mensageiro, vetores virais e nanopartículas, destacam-se pela segurança, rapidez de produção e capacidade de induzir respostas imunológicas robustas. **Conclusão:** A convergência entre ciência, biotecnologia e inteligência artificial tem ampliado o potencial das vacinas, não apenas na prevenção de doenças infecciosas emergentes, mas também como promissora ferramenta terapêutica em condições crônicas.

Palavras-chave: Tipos de vacina; Vetor viral; Vacina de vírus atenuado.

ABSTRACT

Objective: To present a critical and updated analysis of the main vaccine technologies used in prevention of infectious diseases. **Methods:** This is a narrative literature review, based on searches in BVS, SciELO, and Google Scholar databases, using DeCS/MeSH descriptors. Original articles, reviews, and technical documents published between 2020 and 2025 were included. **Results:** A total of 76 studies were identified, of which 14 met the inclusion criteria. Selected articles addressed different vaccine platforms, describing their mechanisms, advantages, limitations, and clinical applications. Classical vaccines remain essential for infection control, despite their limitations. In contrast, modern vaccines, such as those based on messenger RNA, viral vectors, and nanoparticles, stand out for their safety, rapid production, and ability to induce robust immune responses. **Conclusion:** The convergence of science, biotechnology, and artificial intelligence has expanded the potential of vaccines, not only in preventing emerging infectious diseases but also as a promising therapeutic tool for chronic conditions.

Keywords: Vaccine types; Viral vector; Live attenuated vaccine.

RESUMEN

Objetivo: Presentar un análisis crítico y actualizado sobre las principales tecnologías vacunales utilizadas en la prevención de enfermedades infecciosas. **Métodos:** Se trata de una revisión narrativa de la literatura, con búsquedas en las bases de datos BVS, SciELO y Google Académico, utilizando descriptores DeCS/MeSH. Se incluyeron artículos originales, revisiones y documentos técnicos publicados entre 2020 y 2025. **Resultados:** Se identificaron 76 estudios, de los cuales 14 cumplieron con los criterios de inclusión. Los artículos seleccionados abordaron diferentes plataformas vacunales, describiendo sus mecanismos, ventajas, limitaciones y aplicaciones clínicas. Las vacunas clásicas siguen siendo *fundamentales en el control de infecciones, aunque presentan limitaciones*. En cambio, las vacunas modernas, como las basadas en ARN mensajero, vectores virales y nanopartículas, se destacan por su seguridad, rapidez de producción y capacidad para inducir respuestas inmunológicas robustas. **Conclusión:** La convergencia entre la ciencia, la biotecnología y la inteligencia artificial ha ampliado el potencial de las vacunas, no solo en la prevención de enfermedades infecciosas emergentes, sino también como una herramienta terapéutica prometedora en enfermedades crónicas.

Descriptores: Tipos de vacunas; Vector viral; Vacuna de virus atenuado.

REVISÃO

Introdução

Ao longo do último século, avanços científicos e tecnológicos impulsionaram a prevenção e o controle de doenças infecciosas. Nesse contexto, as vacinas se consolidaram como uma das intervenções mais eficazes da medicina moderna. A origem da vacinação remonta aos experimentos pioneiros de Benjamin Jesty e Edward Jenner, no século XVIII, com a varíola humana e bovina¹. Esses estudos abriram caminho para estratégias de imunização capazes de modificar o curso natural de enfermidades outrora consideradas incontroláveis².

A partir dessas descobertas, o desenvolvimento de vacinas contribuiu para a erradicação do vírus da varíola³ e para o controle de doenças como difteria, sarampo, caxumba, rubéola e coqueluche⁴ em diversas regiões do mundo. Apesar desses avanços, diversas doenças infecciosas continuam a representar desafios para a saúde global. Um exemplo emblemático é o HIV/AIDS, cuja complexidade imunológica tem dificultado o desenvolvimento de uma vacina eficaz, apesar de décadas de pesquisas intensivas⁵.

Diante disso, esta revisão narrativa tem como objetivo apresentar uma análise crítica e atualizada das principais tecnologias vacinais empregadas na prevenção de doenças infecciosas, abordando desde plataformas clássicas até inovações recentes e perspectivas futuras. Serão discutidos os mecanismos de ação, vantagens e limitações de diferentes classes de vacinas, bem como os avanços biotecnológicos emergentes, com foco no fortalecimento das estratégias imunopreventivas frente a patógenos emergentes e reemergentes.

Método

Para a elaboração desta revisão narrativa, foi realizada uma busca da literatura nas seguintes plataformas: Biblioteca Virtual em Saúde (BVS), SciELO e Google Acadêmico. A estratégia de busca utilizou Descritores em Ciências da Saúde (DeCS) e Medical Subject Headings (MeSH), combinados por operadores booleanos (AND, OR). Entre os termos aplicados, destacam-se: *"vaccine development"*, *"vaccine types"*, *"traditional vaccines"*, *"novel vaccines"* e *"infectious diseases"*.

A busca foi realizada entre 2 e 6 de julho de 2025. A seleção dos estudos foi conduzida de forma independente pelos autores. Foram incluídas publicações dos últimos 5 anos, disponíveis na íntegra, em português, inglês ou espanhol. Consideraram-se artigos originais, revisões de literatura e documentos técnicos emitidos por instituições reconhecidas, como a Organização Mundial da Saúde (OMS). Foram excluídos trabalhos acadêmicos, resumos de eventos científicos e publicações indisponíveis na íntegra.

A triagem inicial dos resumos foi realizada com base nos critérios de inclusão, priorizando estudos que abordassem os fundamentos científicos das vacinas. Por se tratar de uma pesquisa baseada exclusivamente em dados de domínio público, sem envolvimento de seres humanos ou informações identificáveis, não foi necessária a submissão ao Comitê de Ética em Pesquisa, conforme a Resolução CNS nº 510/2016.

Resultados

Foram identificados 76 artigos, dos quais 14 foram selecionados após leitura do artigo na íntegra. Todos os artigos foram publicados em inglês, entre 2021 e 2024. Do total de artigos selecionados, 42% (n = 6) foram publicados em 2021, 14% (n = 2) em 2022, e 21% (n = 3) em 2023 e 2024. As principais informações sobre os artigos selecionados estão sintetizadas no Quadro 1.

Discussão

A análise dos artigos permitiu descrever as principais classes de vacinas atualmente disponíveis, com ênfase em seus mecanismos de ação, vantagens, limitações e inovações. A literatura mostra que os imunizantes podem ser classificados em dois grandes grupos: vacinas tradicionais ou clássicas, e vacinas modernas. Entre as primeiras, destacam-se as vacinas de vírus vivo atenuado, vírus inativado, toxoides e subunidades. Já entre as modernas, sobressaem-se as vacinas de vetor recombinante e as baseadas em ácidos nucleicos.

Quadro I - Síntese dos artigos incluídos na revisão narrativa.

Autor e ano	Objetivos	Principais resultados
Ghattas et al. (2021) ⁶	Resumir os avanços recentes nas tecnologias e plataformas vacinais.	Novas tecnologias, como mRNA e DNA, são mais rápidas, seguras e promissoras.
Sokefun et al. (2023) ⁷	Mostrar que vacinas não são uma ideia recente.	Vacinas de RVVs e NAVs seguem processos rigorosos semelhantes aos tradicionais.
Gebre et al. (2021) ⁸	Estudar vacinas de mRNA e com vetor adenoviral recombinante.	Houve avanço nas vacinas de mRNA e vetores adenovirais, permitindo vacinas mais estáveis, imunogênicas e escaláveis.
Vishweshwaraiah & Dokholyan (2022) ⁹	Destacar estratégias modernas como a vacinologia estrutural e design racional de vacinas.	A vacinologia moderna combina biologia estrutural, vacinologia reversa e biologia sintética para projetar vacinas.
Pollard & Bijker (2021) ¹⁰	Oferecer visão introdutória sobre vacinas, imunização e temas relacionados.	A imunização é direito fundamental que enfrenta desafios científicos e sociopolíticos, como variabilidade imunológica e acesso limitado.
D'Amico et al	Discutir mecanismos	Novas condições de saúde exigem

(2021) ¹¹	imunológicos da vacinação.	vacinas inovadoras, como as baseadas em nanopartículas e microneedles.
Ahmad et al. (2023) ¹²	Fornecer uma visão geral dos diferentes tipos de vacinação.	A vacinação evoluiu, abrangendo desde vacinas tradicionais até DNA, mRNA e nanopartículas, cada uma com vantagens específicas.
Poria et al. (2024) ¹³	Analisar métodos inovadores para o desenvolvimento de vacinas não virais.	Vacinas são ferramentas essenciais para controlar pandemias atuais e futuras.
Kim et al. (2022) ¹⁴	Apresentar vacinas com nanopartículas e partículas semelhantes a vírus contra o SARS-CoV-2	Essas vacinas oferecem maior proteção e prometem combater variantes do SARS-CoV-2 e futuras pandemias.
Narwade et al. (2024) ¹⁵	Apresentar uma visão geral dos diversos sistemas de administração de vacinas.	Existem diversos métodos de administração de vacinas, como vacinas injetáveis, orais, nasais, microneedles e mRNA. A escolha ideal depende de fatores como estabilidade, custo e eficácia.
Qin et al. (2021) ¹⁶	Apresentar os métodos de entrega para aumentar a eficácia das vacinas.	Métodos físicos, nanocarregadores e adjuvantes ajudam a melhorar a eficácia e resposta imune.
Abdaal et al. (2024) ¹⁷	Mostrar os avanços nas estratégias de vacinação.	Estratégias eficazes de vacinação são essenciais para controlar surtos virais.
Rai et al. (2023) ¹⁸	Mostrar novas vias de administração, e vetores de entrega.	Novas formas de aplicação e vetores biotecnológicos tornam-nas mais seguras.

Tecnologias clássicas

Vacinas de vírus vivo atenuado: Produzidas a partir de microrganismos vivos enfraquecidos, essas vacinas mantêm a capacidade imunogênica com virulência reduzida^{6,7}. Em geral, não necessitam de adjuvantes e conferem imunidade duradoura com uma única dose. Exemplos incluem as vacinas contra

varíola, sarampo, caxumba, rubéola (tríplice viral) e febre amarela. Apesar de induzirem respostas robustas, apresentam limitações, como o risco de reversão à forma virulenta e a imunossupressão transitória associada a certos vírus atenuados⁸. Tais riscos tornam seu uso contraindicado em imunocomprometidos e exigem cadeia de frio rigorosa para conservação⁷, o que limita sua aplicação em regiões com infraestrutura precária.

Vacinas de vírus inteiro inativado: Essas vacinas utilizam microrganismos mortos por calor, radiação ou agentes químicos, preservando a estrutura antigênica⁷. São mais seguras para pacientes imunocomprometidos, não exigem refrigeração constante e apresentam ampla aplicabilidade em cenários com recursos limitados^{6,8}. São exemplos as vacinas contra hepatite A, poliomielite e raiva. Contudo, apresentam menor imunogenicidade, exigem adjuvantes para potencializar a resposta imune⁹ e requerem múltiplas doses^{9,10}. Além disso, a inativação inadequada pode deixar fragmentos do patógeno, enquanto a inativação excessiva pode comprometer sua eficácia⁹.

Vacinas de toxoides: Essas vacinas utilizam toxinas bacterianas inativadas, que perdem sua toxicidade mas mantêm propriedades antigênicas^{6,7}. O alvo da resposta imune é a toxina modificada, como nas vacinas DTP (diftérica, tetânica e pertussis acelular). São seguras, estáveis e têm boa vida útil. No entanto, a baixa imunogenicidade exige o uso de adjuvantes e esquemas com múltiplas doses para manutenção da proteção a longo prazo^{11,12}.

Vacinas de subunidade: Constituídas por partes purificadas do agente infeccioso (como proteínas ou polissacarídeos), essas vacinas não contêm o patógeno completo⁷. Apresentam excelente perfil de segurança, maior estabilidade e menor custo de produção^{7,11}. São exemplos as vacinas contra hepatite B, HPV e pentavalente (DTP-Hib-HB). Apesar disso, tendem a induzir respostas imunes mais limitadas, exigindo adjuvantes para alcançar imunogenicidade adequada^{7,8,11}. Avanços recentes incluem o uso de nanopartículas, VLPs (partículas semelhantes a vírus) e plataformas recombinantes baseadas em vírus vegetais e vírus quiméricos^{13,14}.

Inovações recentes

Vacinas de vetor recombinante: Utilizam vetores virais ou bacterianos modificados para carregar genes que codificam antígenos, estimulando uma resposta imune específica^{7,11,12}. Os vetores virais mais comuns são adenovírus não replicativos, que apresentam alta imunogenicidade mesmo na ausência de adjuvantes. Essas vacinas podem induzir proteção com dose única e permitir a codificação de múltiplos antígenos⁷. Exemplos incluem imunizantes contra hepatite B, HPV, herpes, rotavírus e raiva¹⁵. Suas limitações envolvem o risco de infecção em indivíduos vulneráveis (especialmente com vetores replicativos)⁶, além da possibilidade de imunidade pré-existente ao vetor, reduzindo sua eficácia.

Vacinas de ácidos nucleicos: Dividem-se em vacinas de DNA (veiculadas por plasmídeos) e de RNA mensageiro (mRNA, geralmente encapsulado em nanopartículas lipídicas)^{7,16,18}. Com destaque durante a pandemia, as vacinas de mRNA foram valorizadas pela rapidez no desenvolvimento, alta imunogenicidade e facilidade de adaptação a variantes virais^{13,17}. Entre as vantagens estão a ausência

de componentes alergênicos, pureza elevada e possibilidade de produção rápida e em larga escala. As vacinas de DNA apresentam maior estabilidade e menor custo⁶,¹¹. No entanto, sua baixa imunogenicidade e o risco teórico de integração ao genoma do hospedeiro ainda representam desafios importantes⁶,⁷,¹⁶.

Perspectivas futuras

Apesar dos avanços recentes, o desenvolvimento de vacinas ainda enfrenta desafios relevantes, especialmente no combate a patógenos com alta transmissibilidade, variabilidade antigênica ou evasão imune⁶,¹⁷,¹⁸. A eficácia vacinal reduzida em idosos e imunocomprometidos permanece uma preocupação, em virtude da imunossenescência e da inflamação crônica associada ao envelhecimento⁵,⁸,¹⁸. Nesse contexto, tecnologias capazes de rápida adaptação, como plataformas de RNA e vetores recombinantes, associadas à escolha adequada de adjuvantes, despontam como soluções promissoras. Adicionalmente, o uso crescente de ferramentas de inteligência artificial (IA) e bioinformática tem revolucionado o desenvolvimento vacinal, permitindo a predição de epítomos, análise de mutações virais e personalização de imunizantes⁹.

Conclusão

Esta revisão possibilitou uma análise crítica das principais tecnologias vacinais, abrangendo desde plataformas clássicas até inovações recentes. As vacinas tradicionais permanecem fundamentais na prevenção de doenças infecciosas. Em contrapartida, as tecnologias modernas oferecem maior flexibilidade, rapidez no desenvolvimento e elevado potencial imunogênico. As perspectivas futuras incluem o uso de ferramentas de inteligência artificial e bioinformática na identificação de alvos imunológicos, o aprimoramento de plataformas tecnológicas adaptáveis, e a aplicação racional de adjuvantes, especialmente em populações vulneráveis. Conclui-se que o progresso no desenvolvimento vacinal está intrinsecamente ligado à integração entre conhecimento científico, inovação tecnológica e estratégias personalizadas de imunização.

Referências

1. REES, Anthony R. *A New History of Vaccines for Infectious Diseases: Immunization-Chance and Necessity*. Academic Press, 2022.
2. Montero DA, Jiménez J, Lillo V, García P, Hormazábal JC, González C, et al. Two centuries of vaccination: historical and conceptual approach and future perspectives. *Front Public Health*. 2024;11:1326154.
3. Bigouette JP, Wilkinson AL, Tallis G, Burns CC, Wassilak SG, Vertefeuille JF. Progress Toward Polio Eradication – Worldwide, January 2019–June 2021. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep* 2021;70:1129–1135. DOI: <http://dx.doi.org/10.15585/mmwr.mm7034a1>

4. Arpagaus, C. (2023). A Short Introduction to Vaccines. In: Spray Drying of Vaccines. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-24323-3_1
5. NG'UNI, Tiza; CHASARA, Caroline; NDHLOVU, Zaza M. Major scientific hurdles in HIV vaccine development: historical perspective and future directions. *Frontiers in immunology*, v. 11, p. 590780, 2020.
6. Ghattas M, Dwivedi G, Lavertu M, Chew SY. Vaccine technologies and platforms for infectious diseases: current progress, challenges, and opportunities. *Vaccines (Basel)*. 2021;9(12):1490.
7. Sokefun OE, Olasehinde GI. Chronicles, classes, constituents, and creation of traditional vaccines and COVID-19 vaccines. *Arch Microbiol Immunol*. 2023;7(4):384-407.
8. Gebre MS, Brito LA, Tostanoski LH, Edwards DK, Carfi A, Barouch DH. Novel approaches for vaccine development. *Cell*. 2021;184(6):1589-1603.
9. Vishweshwaraiah YL, Dokholyan NV. Towards rational vaccine engineering. *Adv Drug Deliv Rev*. 2022;183:114142.
10. Pollard AJ, Bijker EM. A guide to vaccinology: from basic principles to new developments. *Nat Rev Immunol*. 2021;21:83-100.
11. D'Amico C, Distefano A, Fumagalli V, Franzé S, Parodi B, Carbone C, et al. Development of vaccine formulations: past, present, and future. *Drug Deliv Transl Res*. 2021;11:353-72.
12. Ahmad S, Baqar T, Kumar R. A comprehensive review on types of vaccines: from classic to cutting-edge. *VVOA*. 2023;8:000164.
13. Poria R, Kala D, Nagraik R, Dhir Y, Dhir S, Singh B, Gupta S. Vaccine development: current trends and technologies. *Life Sci*. 2024;336:122331.
14. Kim C, Kim JD, Seo SU. Nanoparticle and virus-like particle vaccine approaches against SARS-CoV-2. *J Microbiol*. 2022;60:335-46.
15. Narwade P, Bora V, Sheikh A, Biyani KR. Advancements in vaccine drug delivery systems: a comprehensive review. *Int J Adv Res Sci Commun Technol*. 2024;4(1).
16. Qin F, Xia F, Cheng H, Cui B, Feng Y, Zhang P, et al. A guide to nucleic acid vaccines in the prevention and treatment of infectious diseases and cancers: from basic principles to current applications. *Front Cell Dev Biol*. 2021;9:Article 751.

17. Abdaal K, Batool A, Navid MT, Ahmed S, Qazi AS, Safdar W, Rafaqat S. Advancements in vaccination strategies: from historical milestones to modern innovations in viral disease prevention and public health. *Res J Vet Pract.* 2024;12(1):11-21.
18. Rai CI, Kuo TH, Chen YC. Novel administration routes, delivery vectors, and application of vaccines based on biotechnologies: a review. *Vaccines (Basel).* 2024;12(9):1002.

Autor de correspondência:

Welldy Gonçalves Teixeira
Rua S3, Qd. S06, Lt. 06, nº 642, Setor Bela Vista, CEP
74823-440.
Goiânia, Goiás, Brasil.
welldygteixeira@gmail.com