

A IMPORTÂNCIA DAS NOVAS TECNOLOGIAS NA PRODUÇÃO DE VACINAS E A RELEVÂNCIA DO BIOMÉDICO: UMA REVISÃO ABRANGENTE

THE IMPORTANCE OF NEW TECHNOLOGIES IN VACCINE PRODUCTION AND THE RELEVANCE OF THE BIOMEDICAL PROFESSIONAL: A COMPREHENSIVE REVIEW

¹LIMA, J.V.S; ²MULLER, Christian; ³GATTI, L.L; ⁴SILVA, Douglas Fernandes.

^{1 a 4} Departamento de Biomedicina – Centro Universitário das Faculdades Integradas de Ourinhos – Unifio/FEMM Ourinhos, SP, Brasil

RESUMO

As vacinas têm sido uma das maiores conquistas da medicina moderna, salvando milhões de vidas e erradicando doenças devastadoras em todo o mundo. No entanto, a produção de vacinas tradicionalmente enfrentou desafios em termos de eficiência, velocidade e segurança. Nesse cenário, o biomédico desempenha um papel crucial, sendo responsável por inúmeras áreas do conhecimento e ciências aplicadas, como a pesquisa, desenvolvimento e produção de vacinas. **OBJETIVO:** O objetivo deste trabalho de revisão foi levantar na bibliografia conceitos e informações sobre as novas tecnologias e biotecnologias utilizadas na produção de vacinas e relacionar com o profissional biomédico. **MATERIAIS:** A pesquisa nos bancos de dados foi realizada entre maio e junho de 2023 e com o tema central: “Novas tecnologias na produção de vacinas e sua relação com o profissional biomédico”. **CONCLUSÃO:** No trabalho efetuado com enfoque na literatura científica, compreendemos a importância da produção de novas vacinas como uma das conquistas da medicina moderna. Essas novas tecnologias têm acelerado o processo de desenvolvimento de vacinas, permitindo que elas sejam produzidas em larga escala em um período mais curto.

Palavras chaves: Biotecnologia; Vacinas; Biomédico.

ABSTRACT

Vaccines have been one of the greatest achievements of modern medicine, saving millions of lives and eradicating devastating diseases around the world. However, vaccine production has traditionally faced challenges in terms of efficiency, speed and safety. In this scenario, biomedical professionals play a crucial role, being responsible for numerous areas of knowledge and applied sciences, such as research, development and production of vaccines. **OBJECTIVE:** The objective of this review work was to raise in the bibliography concepts and information about the new technologies and biotechnologies used in the production of vaccines and to relate with the biomedical professional. **MATERIALS:** The search in the databases was carried out between May and June 2023 and with the central theme: “New technologies in the production of vaccines and their relationship with the biomedical professional”. **CONCLUSION:** In the work carried out with a focus on the scientific literature, we understand the importance of producing new vaccines as one of the achievements of modern medicine. These new technologies have accelerated the vaccine development process, allowing them to be produced on a large scale in a shorter period of time.

Keywords: Biotechnology; Vaccines; Biomedical.

INTRODUÇÃO

As vacinas têm sido uma das maiores conquistas da medicina moderna, salvando milhões de vidas e erradicando doenças devastadoras em todo o mundo. No entanto, a produção de vacinas tradicionalmente enfrentou desafios em termos

de eficiência, velocidade e segurança. Com o avanço das novas tecnologias, como o RNA mensageiro (mRNA) e vetores virais, a produção de vacinas está passando por uma transformação revolucionária (FERNANDES DE LIMA; RIBEIRO DE MORAIS; OLIVEIRA, 2022); tais biotecnologias foram usadas na produção das vacinas contra a SARS-CoV-2 ou COVID-19, como a Pfizer-BioNTech e a Moderna (SANTOS et al., 2021).

Segundo Lima et al. (LIMA et al., 2023), a vacinação é um dos métodos mais eficazes para prevenir doenças infecciosas e erradicar epidemias. Assim, através da estimulação do sistema imunológico, as vacinas são capazes de prevenir doenças graves, reduzir a morbidade e a mortalidade, além de gerar economia de recursos financeiros e humanos (POSTMA et al., 2022). Desta forma, a pesquisa e desenvolvimento de novas tecnologias para a produção de vacinas são especialmente cruciais para a saúde pública, destacando a importância do biomédico. No contexto brasileiro, um dos objetivos primordiais do Programa Nacional de Imunizações (PNI) é atingir elevadas coberturas populacionais mediante a oferta universal e equitativa de vacinas em todo o território nacional (NEVES et al., 2022).

O uso de novas tecnologias na produção de vacinas tem levado a avanços significativos no desenvolvimento de imunizantes. As vacinas baseadas em subunidades de proteínas, por exemplo, estão se tornando mais comuns, pois permitem a produção de proteínas virais específicas sem a necessidade de cultivar o vírus em laboratório (SANTOS et al., 2021). Desta forma, pode-se reduzir o tempo e o custo envolvidos na produção de vacinas, aumentando a escalabilidade e a disponibilidade delas.

A pandemia provocada pelo coronavírus (SARS-CoV-2) ressaltou a importância das ações de prevenção e controle de infecções em todos os setores da saúde, destacando a necessidade constante da evolução na tecnologia vacinal. A área de produção de vacinas, nesse ponto, precisa sempre ser renovado, e o surgimento de novas tecnologias e métodos podem melhorar a segurança, a eficácia e a acessibilidade das vacinas para a sociedade (WHO, 2020). Segundo os mesmos autores, pesquisar novas tecnologias permite avaliar possibilidades e limitações em diferentes cenários, além de reconhecer os desafios e as oportunidades para seu uso.

O objetivo deste trabalho de revisão foi levantar na bibliografia conceitos e informações sobre as novas tecnologias e biotecnologias utilizadas na produção de

vacinas e relacionar com o profissional biomédico. Assim, foi pretendido apresentar as principais inovações tecnológicas de forma conceitual e baseada em trabalhos científicos, investigando o impacto dessas tecnologias na eficácia, segurança e velocidade de produção. Além disso, buscou identificar as competências e conhecimentos específicos do biomédico necessários para o desenvolvimento, otimização e aplicação dessas novas tecnologias na produção de vacinas.

METODOLOGIA

Este trabalho foi produzido através de uma revisão de literatura, e os estudos foram selecionados após uma abrangente pesquisa nas bases de dados eletrônicas PubMed (*National Library of Medicine*), Lilacs (*Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde*) e Scielo (*Scientific Electronic Library Online*) e Google acadêmico.

A pesquisa nos bancos de dados foi realizada entre maio e junho de 2023 e com o tema central: “Novas tecnologias na produção de vacinas e sua relação com o profissional biomédico” e subdivisões: “novas tecnologias na produção de vacinas”, “biotecnologia, biomédico e vacinas” e “produção de vacinas por biologia molecular”. Além de buscas utilizando as palavras chaves: “biotecnologia”, “vacinas”, “produção de vacinas”, “novas tecnologias na produção de vacinas” e “biomédico e biotecnologia”. Os artigos tiveram como base descritores criados pela Biblioteca Virtual em Saúde desenvolvido (<http://decs.bvs.br/homepage.htm>) a partir do MeSH - *Medical Subject Headings da U.S. National Library of Medicine* (NLM), que permite a terminologia em comum em português, inglês e espanhol.

Os preceitos de inserção dos artigos escolhidos para o desenvolvimento da pesquisa foram: Artigos publicados em revistas ordenadas nos elementos citados anteriormente, artigos publicados no dialeto inglês, português e espanhol, artigos publicados no período de 2020 a 2023. Não foram efetuadas restrições quanto as amostras (sexo, idade, formação). Foram rejeitados artigos que não eram relevantes aos descritores do tema predeterminado e que não abordassem a propagação do novo coronavírus.

DESENVOLVIMENTO

A pesquisa nas bases de dados eletrônicas identificou 356 estudos no total e após análise de título e resumo, 34 foram para a etapa de revisão de texto completo e somente 26 se enquadraram nos critérios de inclusão. A tabela 1 demonstra as características dos respectivos artigos incluídos nessa pesquisa.

Tabela 1: Resumo dos estudos incluídos.

ARTIGOS	INTERVENÇÃO	CONCLUSÃO
(LAI et al., 2022)	Neste trabalho os autores realizaram uma pesquisa com um total de 160 pacientes em um estudo de caso-controle com participantes de controle hospitalar. Com a proposta de examinar a associação da vacinação BNT162b2 e CoronaVac (Sinovac) com cardite.	Os autores comprovaram que o risco foi observado principalmente após a segunda dose de BNT162b2, e não na primeira. Não foi observada associação entre CoronaVac e cardite com magnitude semelhante à do BNT162b2.
(DAVIDOV et al., 2022)	Os autores afirmam que a vacina de RNA mensageiro BNT162b2 (mRNA) contra o coronavírus 2 da síndrome respiratória aguda grave (SARS-CoV-2) demonstrou ser segura e eficaz em pacientes imunocompetentes. O objetivo deste estudo foi avaliar a segurança e eficácia da vacina BNT162b2 entre receptores de transplante. As respostas imunes de 76 receptores de LT recebendo 2 doses da vacina foram comparadas com as de 174 controles imunocompetentes da mesma idade.	Em conclusão, a resposta imune dos receptores de LT à vacina de mRNA BNT162b2 foi relativamente alta (72%), mas foi menor do que a dos controles imunocompetentes da mesma idade. A imunossupressão combinada e o comprometimento da função renal foram associados à redução da resposta de anticorpos à vacina. No geral, EAs leves e autolimitados foram relatados em 51% dos pacientes após a vacinação. Os efeitos adversos foram mais comuns em mulheres.
(HUFF; JAFFEE; ZAIDI, 2022)	Com base nesta revisão de literatura, os autores têm o intuito de compreender os avanços que produziram vacinas de mRNA bem-sucedidas para COVID-19 e o progresso na superação dos desafios restantes para sua aplicação na vacinação contra o câncer	Em resumo, os autores afirmam que um progresso considerável foi feito na terapêutica do câncer baseada em mRNA. Esse progresso se torna mais tangível com o sucesso global das vacinas de mRNA do SARS-CoV-2, promovendo ainda mais a promessa de imunoterapia contra o câncer.

(FAUST; RASMUSSEN; JAMIESON, 2023)	A literatura existente indica que as vacinas COVID-19 administradas durante a gravidez fornecem proteção substancial para mães e fetos. No entanto, em um estudo que examinou gestantes vacinadas no primeiro trimestre de gravidez, observou-se diminuição dos anticorpos; aumentando os níveis de anticorpos maternos e	Todas as evidências levantadas pelos autores sugerem que as grávidas correm maior risco. Além disso, elas carregam fetos que, após o nascimento, entrarão em um grupo que pode ter riscos mais altos de morbidade e mortalidade associadas ao COVID-19 do que alguns indivíduos em grupos atualmente elegíveis para doses
--	---	---

	neonatais quando as doses de reforço no terceiro trimestre foram fornecidas	adicionais de acordo com a política atual.
(SCHIAVONI et al., 2023)	Os autores buscam informações sobre a resposta mediada por células T após vacinação primária e de reforço com RNA mensageiro SARS-CoV-2 em residentes de casas de repouso. Segundo os autores os residentes do lar de idosos (NH) foram significativamente afetados pela pandemia da doença de coronavírus 2019 (COVID-19).	A administração da dose de reforço da vacina restaurou as respostas de células T específicas para picos em residentes virgens de SARSCoV-2 que responderam mal à primeira imunização, enquanto uma infecção anterior por SARS-CoV-2 teve um impacto na magnitude da infecção induzida pela vacina imunidade mediada por células em momentos anteriores.
(MCCANN et al., 2022)	Segundo a pesquisa realizada o desenvolvimento de tecnologias de vacinas novas e eficazes é vital na luta contra essas ameaças. Os vetores virais são uma plataforma de vacina relativamente nova que depende de vírus recombinantes para fornecer imunógenos selecionados ao hospedeiro.	Em conclusão, as vacinas de vetores virais têm sido um componente importante da resposta bem-sucedida à pandemia de SARS-CoV-2. Dada a sua segurança, imunogenicidade e capacidade de serem modificados e ampliados no ritmo, eles continuarão sendo uma tecnologia importante para o controle de doenças infecciosas no futuro.
(DENG et al., 2022)	Segundo os dados pesquisados com o acúmulo de mutações no SARSCoV-2 e o surgimento contínuo de novas variantes, a importância de desenvolver vacinas mais seguras e eficazes tornou-se mais proeminente no combate à pandemia de COVID-19.	Em conclusão, os autores acreditam que as vacinas de vetores virais não apenas desempenham um papel vital no combate à pandemia de COVID-19, mas também fornecem uma plataforma de vacina rápida e eficaz.

(CHAVDA et al., 2022)	Com base nas suas pesquisas o autor cita que nas últimas duas décadas, o mundo testemunhou o surgimento de dois outros CoVs semelhantes, SARSCoV em 2002 e MERS-CoV em 2013. A extensão da disseminação dessas versões anteriores foi relativamente baixa em comparação com SARS-CoV-2.	O surto de SARS-CoV-2 demonstrou que as vacinas baseadas em vetores virais são opções promissoras de vacinas. Ensaio clínicos utilizando vacinas baseadas em vetores virais mostraram que elas são seguras em humanos, com a grande maioria das pessoas não apresentando reações adversas graves.
(ZHANG et al., 2023)	Com base em uma pesquisa sistemática dos bancos de dados, os autores avaliaram a eficácia das vacinas de mRNA e de vetor viral em período	Por conclusão dos autores quando as variantes de SARS-CoV-2 estão sendo consideradas, VE diminuiu junto com a variação do vírus para todas as vacinas

	epidêmico liderado por diferentes variantes de SARS-CoV-2.	de mRNA e vetor viral, mas apenas modestamente eficaz em participantes com 65 anos ou mais. Quando as variantes de SARS-CoV-2 estão sendo consideradas, VE diminuiu junto com a variação do vírus para todas as vacinas de mRNA e vetor viral.
(FERREIRA; JOHN, 2023)	As vacinas contra a doença de coronavírus de 2019 (COVID-19) que foram desenvolvidas em velocidade surpreendente reduziram a gravidade e as taxas de hospitalização e mortalidade da doença associada ao COVID-19. Embora os pacientes com cirrose tenham maior mortalidade por infecção por coronavírus 2 da síndrome respiratória aguda grave (SARS-CoV-2) em comparação com aqueles sem doença hepática, a vacinação é eficaz nessa população, embora em taxas mais baixas do que na população em geral	Os pacientes com cirrose devem ser encorajados a receber qualquer vacina que esteja prontamente disponível para eles - seja mRNA ou vacinas de vetor viral - já que todas conferem um nível razoável de proteção. Estudos futuros devem se concentrar na necessidade de doses de reforço na cirrose e se as vacinas atualmente disponíveis mantêm a eficácia contra as variantes mais recentes, como a subvariante Omicron BA.5.

(HEIDARY et al., 2022)	Os autores realizaram uma pesquisa tendo a revisão de literatura como caráter exploratório. Neste trabalho os autores afirmam que as vacinas de subunidades de proteína são tipos de vacinas que contêm uma proteína viral como a proteína spike ou seu segmento como o antígeno presumido para provocar imunidade humoral e celular e bons efeitos protetores.	No presente trabalho, os autores revisaram as vacinas de subunidades proteicas que passaram nos ensaios clínicos de fase 3 e 4, a população que participou desses ensaios, os fabricantes das vacinas, a eficiência das vacinas e seus efeitos colaterais e outras características dessas vacinas.
(DIJKMAN et al., 2023)	A única vacina contra a tuberculose (TB) licenciada, Bacillus Calmette Guerin (BCG), não protege de forma confiável adolescentes e adultos contra a tuberculose pulmonar, resultando em cerca de 1,6 milhões de mortes anualmente. As vacinas de subunidades de proteínas mostraram-se promissoras contra a tuberculose em estudos clínicos.	Segundo a conclusão dos autores esses dados apoiam a coadministração de vacinas BCG e de subunidades em indivíduos virgens de BCG e vacinados com BCG como uma estratégia de vacina contra tuberculose aprimorada com número reduzido de visitas de vacinação.
(Al et al., 2022)	Neste trabalho os autores conduziram um estudo prospectivo aberto em um único centro (Hospital Huashan, Centro Médico Nacional para Doenças	Em conclusão, após duas doses de vacinas de vírions inteiros inativadas como injeção "priming", um terceiro reforço heterólogo da vacina de
	Infecciosas (NMCID), Xangai, China) para explorar a segurança e a imunogenicidade de uma terceira dose de vacinação de reforço usando 25 µg de vacina de subunidade de proteína (ZF2001) administrado em um intervalo de 4 a 8 meses após a vacinação primária anterior por duas doses de vacinas de vírions inteiros inativados (CoronaVac ou BBIBP-CorV) em adultos saudáveis.	subunidade de proteína foi seguro e altamente imunogênico para adultos saudáveis, o que lembrou e aumentou significativamente as respostas imunes contra SARS-CoV-2 e suas variantes. Nossas descobertas fornecem uma importante evidência para estabelecer uma futura estratégia global de reforço heterólogo contra o COVID-19.

(HE et al., 2022)	Para investigar o potencial efeito protetor da vacina COVID-19 de subunidade de proteína recombinante direcionada ao domínio de ligação ao receptor (RBD) (PS-RBD) e vacina de partícula viral totalmente inativada (IV) contra as cepas variantes, neste estudo, macacos rhesus foram imunizados com vacina PS-RBD ou IV, seguida por uma variante Beta (B.1.351)	Em conclusão, embora os títulos de anticorpos neutralizantes extremamente baixos induzidos pela vacina IV contra a variante Beta, ainda mostrassem redução da carga viral e aliviassem significativamente a alteração patológica.
(BUNTINX et al., 2023)	Por meio de uma pesquisa de espectro randomizado os autores avaliaram a imunogenicidade do SCB-2019, um candidato a vacina de subunidade contendo uma forma trimérica de pré-fusão da proteína SARS-CoV-2 spike (S) adjuvantada com CpG-1018/alum.	Uma única dose de SCB-2019 foi imunogênica em indivíduos expostos a SARS-CoV-2, enquanto duas doses foram necessárias para induzir resposta imune em indivíduos virgens de SARS-CoV-2. O SCB-2019 provocou uma resposta de neutralização cruzada contra variantes emergentes de SARS-CoV-2 em níveis de anticorpos associados à proteção clínica, destacando seu potencial como reforço.
(SHAFATI et al., 2022)	Os autores salientaram em seu trabalho uma visão geral sobre as vacinas de DNA. Discutindo sobre temas como produção industrial de vacinas de DNA, purificação de produtos de DNA e design de vacinas de DNA. Com a proposta de propagar conhecimento sobre essa nova tecnologia em desenvolvimento que pode revolucionar o campo das vacinas.	Pela coleta de dados os autores denotaram que as vacinas de DNA sofreram muitos avanços e aperfeiçoamento. O seu custo de produção baixo, aumento de imunogenicidade e armazenamento facilitado estão tornando ela uma possível plataforma para ser usada em humanos, mas os cientistas ainda estão buscando obter sua licença.
(TANG et al., 2022)	No trabalho evidenciado os autores citam duas vacinas em desenvolvimento a MAV E2 e VGX-3100 que são vacinas terapêuticas Anti-HPV que estão sendo usadas em tratamento de pacientes com lesões intraepiteliais escamosas (HSIL). A proposta dos autores é relatar o uso dessas vacinas, seus resultados nos tratamentos e suas dificuldades.	Por meio dos resultados os autores retrataram que as vacinas terapêuticas Anti-HPV MAV E2 e VGX-3100 ainda necessitam ser aprimoradas possuindo “gargalos” e “lacunas” para serem superados. Necessitando de rodadas de avaliação e estratégias alternativas para resultados ideais.

(BLAKNEY; BEKKER, 2022)	Neste estudo de análise provisória confeccionado pelos autores foi realizado a pesquisa da vacina de DNA ZyCoV-D contra Covid-19. Com a proposta de desenvolver uma vacina de DNA mais acessível e efetiva no combate com a SARS-CoV-2.	Pelos dados extraídos a vacina de DNA ZyCoV-D é segura sendo comparada a outras vacinas de DNA em desenvolvimento. Sendo um desafio das vacinas de DNA atravessar o citoplasma e a membrana nuclear. Se esses e outros desafios puderem ser ultrapassados a ZyCoV-D pode ser uma ferramenta na luta contra a SARSCoV-2 e outras doenças.
(APPELBERG et al., 2022)	No trabalho apresentado os autores projetaram uma vacina de DNA SARSCoV-2 mais universal com a proposta de combater as novas variantes Alfa e Delta.	Os autores desenvolveram uma vacina de DNA SARS-CoV-2. Através de dados está vacina se portou funcional e induzindo imunidade ampla.
(HALABIAN et al., 2023)	O estudo feito pelos autores teve como proposta avaliar a potência antitumoral da vacina SEB DNA contra tumores in vivo.	Pelos dados disponibilizados pelos autores foi retratado que a vacina SEB DNA induz efetivamente a necrose e produz respostas imunes específicas contra o câncer de mama in vivo, podendo ser um modelo para tratar cânceres.
(SLIOPEN et al., [s.d.])	No trabalho desenvolvido os autores identificaram que geralmente vacinas elaboradas apenas a partir de glicoproteínas E2 do envelope do vírus da hepatite C (HCV) não são eficientes, induzindo baixa resposta de anticorpos. Com a proposta de aperfeiçoar a geração de vacinas criaram uma vacina com base no complexo glicoproteico do envelope E1E2.	Os autores desenvolveram uma vacina contra o vírus da hepatite C (HCV) que induz uma neutralização mais potente e ampla através de glicoproteínas complexas de sua estrutura.
(LOGUE et al., 2023)	Neste estudo realizado pelos autores, houve a elaboração de uma vacina recombinante de proteína spike nomeada de rS-Beta. Com foco em ter	Os autores desenvolveram uma vacina nomeada de rS-Beta. Sendo testada em um grupo de camundongos e babuínos. Foi visualizado após a
	resultados satisfatórios para combater variantes futuras da SARS-CoV-2 de maneira ampla e eficiente.	aplicação que quando administrada em doses isoladas ou em combinações com outras vacinas demonstrou ampla resposta imune para combater diversas variantes da SARS-CoV-2.

(BEZBARUAH et al., 2022)	Os autores através de uma revisão bibliográfica demonstraram que a nova classe de vacinas baseadas em nanopartículas foi muito mais promissora que as tradicionais tecnologias anteriormente empregadas na geração de vacinas. Com a proposta de mostrar a visão geral sobre esse cenário atual de vacinas tecnológicas.	Com a coleta de dados declarada pelos autores, a nova classe de vacinas consegue superar as deficiências de outras vacinas convencionais. Graças ao avanço nas áreas da engenharia química e biológica, que possibilitam realizar ajustes nas nanopartículas e consequentemente otimizar as vacinas modernas.
(PAPI et al., 2022)	Os autores demonstram em sua revisão bibliográfica do que é conhecido atualmente e do que ainda está sendo investigado para melhorar a geração de vacinas de mRNA encapsulado em nanopartículas lipídicas (LNPs). Com a principal proposta de apresentar uma nova visão sobre o uso da engenharia de sistemas na bioimpressão em 3D para geração de vacinas futuras.	Pela introdução dos dados referentes a LNPs em vacinas contra a SARS-CoV2 pelos autores, foi evidenciado que o uso da LNPs está impulsionando a possibilidade de desenvolver novos métodos para somar na produção de vacinas futuras. Como exemplo da bioimpressão em 3D dissertada pelos autores. Consequindo consequentemente ter acesso a testes de vacinas mais rápidos e baratos em comparação com os em modelos animais.
(TURSI et al., 2023)	No trabalho desenvolvido os autores evidenciam e discorrem sobre o tema das vacinas de nanopartículas. Citando desde estratégias que estão sendo utilizadas até a sua montagem (in vivo e vitro). Com a proposta de demonstrar métodos usados na montagem de novas vacinas por nanopartículas.	A revisão bibliográfica pelos autores categorizou os métodos empregados para montagem de novas vacinas no hospedeiro, usando métodos de entrega de genes como ácidos nucléicos e vetores virais.

A introdução de novas tecnologias na produção de vacinas transformou dramaticamente a abordagem do controle de doenças e da proteção da saúde pública, como comprovado no levantamento bibliográfico apresentando neste trabalho. Esses avanços produziram ganhos notáveis em termos de potência, rapidez e flexibilidade, facilitando assim a criação de vacinas mais eficazes e multifacetadas.

Uma das tecnologias que tem ganhado destaque é a plataforma de RNA mensageiro (mRNA) (DAVIDOV et al., 2022). Como já apresentado neste trabalho, essa abordagem utiliza uma molécula de mRNA sintético para fornecer instruções às

células do corpo humano, ensinando-as a produzir proteínas específicas encontradas no patógeno alvo.

A vacina de vetor viral é uma tecnologia que mostra potencial no campo da imunização (DINIZ; FERREIRA, 2010). Por meio da modificação genética de um vírus inofensivo, uma parte do material genético do patógeno alvo é transportada. Após a administração dessa vacina, o vetor viral se infiltra nas células do corpo, estimulando a síntese da proteína objetiva e instigando uma resposta imune. Exemplos dessa tecnologia podem ser vistos nas vacinas COVID-19 produzidas pela Oxford/AstraZeneca e Johnson & Johnson, empregando vetores virais como o adenovírus.

A vacina de DNA é uma forma de imunização que utiliza fragmentos de DNA como principal componente. Ao contrário das vacinas tradicionais que usam vírus ou bactérias enfraquecidos ou inativados, esta introduz diretamente uma sequência específica de DNA no corpo do paciente. (SHAFATI et al., 2022). Para tanto, utiliza um plasmídeo, um pequeno círculo de DNA que contém genes selecionados do patógeno alvo, que produzem antígenos específicos e desencadeiam uma resposta imunológica no corpo. O plasmídeo é administrado ao paciente por meio de injeção intramuscular ou por outros métodos de entrega, como eletroporação, que utiliza pulsos elétricos para facilitar a entrada do DNA nas células (HALABIAN et al., 2023).

A tecnologia de subunidades proteicas também tem se mostrado eficaz (Al et al., 2022). Nesse método, uma proteína específica do patógeno é isolada e purificada para ser utilizada como antígeno em uma vacina. Essa proteína estimula uma resposta imunológica semelhante àquela causada pela infecção natural, sem o risco de causar a doença em si.

A responsabilidade do profissional biomédico especializado em imunologia é estudar os mecanismos de defesa do organismo, como forma de prevenção e tratamento contra microrganismos não próprios do nosso organismo, ou seja, é seu dever o conhecimento da imunidade (MELO LUIZ, 2021). Sendo este profissional muito cobijado devido as suas habilidades, principalmente no contexto atual pós pandemia atuando desde a patogênese até a produção de vacinas tecnológicas que auxiliaram a frear a velocidade de propagação da síndrome respiratória aguda grave coronavírus 2 (SARS-CoV2). Ato que não se concretizaria sem os profissionais biomédicos imunologistas (Marín-Hernández et al., 2021).

A interligação entre as tecnologias de vacinas e os biomédicos é de suma importância para a ciência, visto que as vacinas são produtos biológicos que exigem conhecimentos e habilidades especializadas em seu desenvolvimento, produção e avaliação. Assim, os biomédicos desempenham um papel crucial, trazendo suas experiências em biologia molecular, imunologia e farmacologia para o aprimoramento das tecnologias de vacinas existentes e o desenvolvimento de novas abordagens. Essa colaboração é fundamental para impulsionar a ciência das vacinas e seu impacto na saúde pública.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

No trabalho efetuado com enfoque na literatura científica, compreendemos a importância da produção de novas vacinas como uma das conquistas da medicina moderna. Essas novas tecnologias têm acelerado o processo de desenvolvimento de vacinas, permitindo que elas sejam produzidas em larga escala em um período mais curto. Além disso, a flexibilidade dessas plataformas permite uma rápida adaptação às variantes do patógeno, aumentando a eficácia das vacinas contra novas cepas. Esses avanços tecnológicos representam um marco importante na história da imunização, oferecendo esperança para o controle e erradicação de doenças em todo o mundo, destacando, desta forma, o papel do profissional biomédico.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à UNIFIO.

REFERÊNCIAS

Al, J. *et al.* Recombinant protein subunit vaccine booster following two-dose inactivated vaccines dramatically enhanced anti-RBD responses and neutralizing titers against SARS-CoV-2 and Variants of Concern. **Cell Research**, v. 32, n. 1, p. 103–106, 23 jan. 2022.

APPELBERG, S. *et al.* A universal SARS-CoV DNA vaccine inducing highly crossreactive neutralizing antibodies and T cells. **EMBO Molecular Medicine**, v. 14, n. 10, p. e15821, 10 out. 2022.

BEZBARUAH, R. *et al.* Nanoparticle-Based Delivery Systems for Vaccines. **Vaccines**, v. 10, n. 11, p. 1946, 2022.

BLAKNEY, A. K.; BEKKER, L. G. DNA vaccines join the fight against COVID-19. **The Lancet**, v. 399, n. 10332, p. 1281–1282, 2 abr. 2022.

BUNTINX, E. *et al.* Immunogenicity of an adjuvanted SARS-CoV-2 trimeric Sprotein subunit vaccine (SCB-2019) in SARS-CoV-2-naïve and exposed individuals in a phase 2/3, double-blind, randomized study. **Vaccine**, v. 41, n. 11, p. 1875– 1884, 2023.

CHAVDA, V. P. *et al.* Replicating Viral Vector-Based Vaccines for COVID-19: Potential Avenue in Vaccination Arena. **Viruses**, v. 14, n. 4, p. 759, 2022.

DAVIDOV, Y. *et al.* Immunogenicity and Adverse Effects of the 2-Dose BNT162b2 Messenger RNA Vaccine Among Liver Transplantation Recipients. **Liver Transplantation**, v. 28, n. 2, p. 215–223, 2022.

DENG, S. *et al.* Viral Vector Vaccine Development and Application during the COVID-19 Pandemic. **Microorganisms**, v. 10, n. 7, p. 1450, 2022.

DIJKMAN, K. *et al.* A protective, single-visit TB vaccination regimen by coadministration of a subunit vaccine with BCG. **npj Vaccines**, v. 8, n. 1, p. 66, 2023.

DINIZ, M. DE O.; FERREIRA, L. C. DE S. Biotecnologia aplicada ao desenvolvimento de vacinas. **Estudos Avançados**, v. 24, n. 70, p. 19–30, 2010.

FAUST, J. S.; RASMUSSEN, S. A.; JAMIESON, D. J. Pregnancy should be a condition eligible for additional doses of COVID-19 messenger RNA vaccines. **American Journal of Obstetrics & Gynecology MFM**, v. 5, n. 2, p. 100801, 2023.

FERNANDES DE LIMA, J.; RIBEIRO DE MORAIS, S.; OLIVEIRA, T. L. S. TECNOLOGIAS DE PRODUÇÃO E CONTROLE DE QUALIDADE DE VACINAS: UMA REVISÃO. **RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar - ISSN 26756218**, v. 3, n. 1, p. e311097, 25 jan. 2022.

FERREIRA, R. D.; JOHN, B. V. Viral Vector Vaccines Are Victorious Against COVID-19 in Patients with Cirrhosis. **Digestive Diseases and Sciences**, v. 68, n. 2, p. 349–351, 10 fev. 2023.

HALABIAN, R. *et al.* Staphylococcal enterotoxin B as DNA vaccine against breast cancer in a murine model. **International Microbiology**, v. 29, p. 1–11, 2023.

HE, Q. *et al.* Immunogenicity and protective efficacy of a recombinant protein subunit vaccine and an inactivated vaccine against SARS-CoV-2 variants in nonhuman primates. **Signal Transduction and Targeted Therapy**, v. 7, n. 1, 1 dez. 2022.

HEIDARY, M. *et al.* **A Comprehensive Review of the Protein Subunit Vaccines Against COVID-19.** **Frontiers in Microbiology Frontiers Media S.A.**, 14 jul, 2022.

HUFF, A. L.; JAFFEE, E. M.; ZAIDI, N. Messenger RNA vaccines for cancer immunotherapy: progress promotes promise. **Journal of Clinical Investigation American Society for Clinical Investigation**, 15 mar. 2022.

- LAI, F. T. T. *et al.* Carditis After COVID-19 Vaccination With a Messenger RNA Vaccine and an Inactivated Virus Vaccine. **Annals of Internal Medicine**, v. 175, n. 3, p. 362–370, mar. 2022.
- LIMA, J. V. DE S. *et al.* THE IMPORTANCE OF SOCIETY'S KNOWLEDGE ABOUT VACCINATION: FAKE NEWS, HISTORICAL CONTEXT, AND LITERATURE REVIEW. **Centro de Pesquisas Avançadas em Qualidade de Vida**, v. 14, n. v14n2, p. 1, 2023.
- LOGUE, J. *et al.* Immunogenicity and protection of a variant nanoparticle vaccine that confers broad neutralization against SARS-CoV-2 variants. **Nature Communications**, v. 14, n. 1, p. 1–16, 2023.
- MARÍN-HERNÁNDEZ, D.; HUPERT, N.; NIXON, D. F. The Immunologists' Guide to Pandemic Preparedness. **Trends in Immunology**, v. 42, n. 2, p. 91–93, 2021.
- MCCANN, N. *et al.* Viral vector vaccines. **Current Opinion in Immunology**, v. 77, p. 102210, 2022.
- MELO LUIZ. **O que é imunologia? - Alergoclinica**. Disponível em: <<https://alergoclinica.med.br/o-que-e-imunologia/>>. Acesso em: 2 jul. 2023.
- NEVES, R. G. *et al.* Trend in the availability of vaccines in Brazil: PMAQ-AB, 2012, 2014, and 2018. **Cadernos de Saude Publica**, v. 38, n. 4, 2022.
- PAPI, M. *et al.* Principles for optimization and validation of mRNA lipid nanoparticle vaccines against COVID-19 using 3D bioprinting. **Nano Today**, v. 43, p. 101403, 2022.
- POSTMA, M. *et al.* Capturing the value of vaccination within health technology assessment and health economics: Country analysis and priority value concepts. **Vaccine**, v. 40, n. 30, p. 3999–4007, 26 jun. 2022.
- SANTOS, R. *et al.* **COVID-19: UM PANORAMA SOBRE AS VACINAS CONTRA O SARS-COV-2 COSTA**, Leticia Marques da 1Revista Presença-Rio de Janeiro. [s.l: s.n.].
- SCHIAVONI, I. *et al.* T-Cell Mediated Response after Primary and Booster SARSCoV-2 Messenger RNA Vaccination in Nursing Home Residents. **Journal of the American Medical Directors Association**, v. 24, n. 2, p. 140- 147.e2, fev. 2023.
- SHAFATI, M. *et al.* A brief review on DNA vaccines in the era of COVID-19. **Future Virology**, v. 17, n. 1, p. 49–66, 1 jan. 2022.
- SLIEPEN, K. *et al.* **Induction of cross-neutralizing antibodies by a permuted hepatitis C virus glycoprotein nanoparticle vaccine candidate**. [s.d.].
- TANG, J. *et al.* Therapeutic DNA Vaccines against HPV-Related Malignancies: Promising Leads from Clinical Trials. **Viruses** 2022, v. 14, n. 2, p. 239, 2022.
- TURSI, N. J. *et al.* Gene-encoded nanoparticle vaccine platforms for in vivo assembly of multimeric antigen to promote adaptive immunity. **Wiley**

Interdisciplinary Reviews: Nanomedicine and Nanobiotechnology, p. e1880, 2023.

WHO. **Como funcionam as vacinas**. Disponível em:

<<https://www.who.int/pt/newsroom/feature-stories/detail/how-do-vaccines-work?gclid=CjwKCAjw44m>

IBhAQEiwAqP3eVkb1MPCUPTlg0czgg1jxaRjOZ3YM1IZhmVJy0inkOceSYf7IX_dURoCzqYQAvD_BwE>. Acesso em: 2 jul. 2023.

ZHANG, J. *et al.* Effectiveness of mRNA and viral-vector vaccines in epidemic period led by different SARS-CoV-2 variants: A systematic review and metaanalysis. **Journal of Medical Virology**, v. 95, n. 3, 2023.