

A ASSISTÊNCIA DA BIOMEDICINA NA INVESTIGAÇÃO DE VACINAS: DESAFIOS DA CONTEMPORANEIDADE

Cleonice Lucia Martins¹.

RESUMO: A assistência da biomedicina na investigação de vacinas é fundamental para o enfrentamento de desafios contemporâneos em saúde pública. Objetivos: Este estudo analisa como os avanços tecnológicos, engenharia genética e vacinas baseadas em mRNA, têm impulsionado a eficácia vacinal. Contudo, a rápida evolução de patógenos e a emergência de novas doenças exigem respostas rápidas e adaptáveis. Além disso, questões relacionadas à segurança, produção em larga escala e aceitação social das vacinas são abordadas. Metodologia: Foram empregados procedimentos de revisão bibliográfica por meio de plataformas especializadas para análise de dados de artigos científicos, tais como o Google Scholar, SciELO e PubMed. Conclusão: A biomedicina não apenas contribui com expertise técnica, mas também enfrenta dilemas éticos e sociais, como a equidade no acesso e a promoção da confiança pública. Este estudo enfatiza a necessidade de uma abordagem interdisciplinar, unindo ciência, ética e políticas de saúde, para garantir o sucesso das iniciativas vacinais e a proteção da saúde global.

PALAVRAS-CHAVE: Imunização. Biotecnologia. Biomédicos.

BIOMEDICINE ASSISTANCE IN VACCINE RESEARCH CONTEMPORARY CHALLENGES

ABSTRACT: The assistance of biomedicine in vaccine research is fundamental to facing contemporary challenges in public health. Objectives: This study examines how technological advances, such as genetic engineering and mRNA-based vaccines, have boosted vaccine effectiveness. However, the rapid evolution of pathogens and the emergence of new diseases require rapid and adaptive responses. Furthermore, issues related to safety, large-scale production and social acceptance of vaccines are addressed. Methodology: Bibliographic review procedures were used through specialized platforms for analyzing data from scientific articles, such as Google Scholar, SciELO and PubMed. Conclusion: Biomedicine not only contributes technical expertise, but also faces ethical and social dilemmas, such as equity in access and the promotion of public trust. This study emphasizes the need for an interdisciplinary approach, uniting science, ethics and health policy, to ensure the success of vaccine initiatives and the protection of global health.

KEYWORDS: Immunization. Biotechnology. Biomedical.

INTRODUÇÃO

O campo da biomedicina exerce uma função fundamental na investigação e criação de vacinas, enfrentando diversos desafios da atualidade. Segundo Silva (2020), “a área da biomedicina desempenha um papel crucial na pesquisa e desenvolvimento de vacinas, abordando uma variedade de desafios da contemporaneidade”. A atuação do profissional biomédico é essencial para enfrentar crises de saúde pública e garantir a eficácia na imunização.

O crescimento no campo da tecnologia, em especial na engenharia genética e nas plataformas de vacina baseadas em mRNA, têm aprimorado a eficácia vacinal. Contudo, esses progressos também suscitam questões relacionadas à segurança, à produção em larga escala e à aceitação pública das vacinações. Quais são os principais avanços em engenharia genética e plataformas de vacinas baseadas em mRNA que têm contribuído para o aumento da eficácia vacinal? Quais são as principais preocupações relacionadas à segurança das vacinas desenvolvidas com tecnologias baseadas em mRNA? Como a aceitação pública das vacinações pode ser influenciada pelos avanços tecnológicos e pelas questões de produção em larga escala? “As vacinas desempenham um papel fundamental como estratégias de profilaxia e controle de enfermidades infecciosas, as quais acarretam significativa carga de morbidade e mortalidade a nível global” (Who, 2021). Assim, a rápida mutação e evolução de patógenos impõem a necessidade de respostas ágeis e adaptáveis. Essa dinâmica torna a colaboração interdisciplinar e a inovação tecnológica fundamentais para a eficácia das estratégias vacinais. A biomedicina não apenas fornece conhecimentos técnicos essenciais, mas também deve enfrentar os desafios éticos e sociais associados à implementação de vacinas, incluindo a comunicação de riscos e benefícios, a equidade no acesso e a promoção da confiança pública nas intervenções de saúde. “Além dos aspectos técnicos, a biomedicina deve considerar as questões éticas e sociais que envolvem a vacinação, garantindo que a comunicação sobre riscos e benefícios seja clara, promovendo a equidade no acesso” (Pereira, 2022). Com o surgimento de novas tecnologias e métodos que podem melhorar a segurança, eficácia e disponibilidade das vacinas para a população em geral, a pesquisa sobre essas inovações é fundamental para avaliar seu potencial e aplicabilidade em diferentes contextos, além de facilitar a identificação de desafios e oportunidades para sua implementação.

OBJETIVO

O objetivo deste estudo é discutir, por meio de literaturas recentes, os progressos biotecnológicos na fabricação de vacinas e sua conexão com o profissional de biomedicina; possibilitando, assim, a promoção da saúde e a disseminação de saberes científicos. Este capítulo visa compilar um resumo de informações que pode oferecer várias contribuições científicas em diferentes níveis. No âmbito teórico, pode-se afirmar que isso permitirá a compreensão do atual panorama tecnológico que vivemos e o significativo progresso que

ele tem demonstrado, ligado à ampla produção de vacinas no mundo e o importante papel do profissional biomédico em seu desenvolvimento. Por meio de ações diretas e aplicadas na prática do biomédico, este estudo pode contribuir para a formulação de diretrizes específicas que possam ser adotadas por todos os profissionais envolvidos. Assim, o material bibliográfico reunido possibilitará a promoção da saúde e a disseminação de conhecimento científico, ajudando a identificar implicações práticas e políticas relacionadas, além de auxiliar nas deliberações e na possível evolução de subterfúgios efetivos.

METODOLOGIA

Este estudo será realizado através de uma abordagem qualitativa, combinando revisão de literatura e análise documental. Serão revisados artigos científicos, livros e revistas eletrônicas sobre a temática da contribuição da biomedicina na investigação de vacinas, focando em avanços tecnológicos, como engenharia genética e vacinas de mRNA. As fontes serão selecionadas a partir de bases de dados como Scielo, Google Scholar e PubMed, priorizando publicações diretamente ligadas ao tema.

A busca será realizada em bases de dados científicos relevantes, utilizando palavras-chave relacionadas ao desenvolvimento de vacinas e ao papel da biomedicina. Serão estabelecidos critérios de inclusão que abordem artigos publicados nos últimos 04 anos, focando em estudos que exponham processos de desenvolvimento, desafios enfrentados e soluções implementadas, além de destacar a colaboração interdisciplinar.

Os critérios de exclusão incluirão artigos que não se concentrem especificamente na biomedicina ou que abordem vacinas de forma superficial, bem como publicações em idiomas distintos do português ou inglês. Após aplicar esses critérios, serão inicialmente separados 15 artigos. Após análise detalhada, 10 artigos permanecerão selecionados para a análise qualitativa, buscando identificar padrões e insights relevantes sobre a temática.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As atuais inovações na fabricação de imunizantes estão promovendo avanços significativos na saúde coletiva. Vacinas que utilizam ácido nucleico, como mRNA e DNA, possibilitam uma reação imune mais ágil e adaptável a variantes emergentes.

As inovações na tecnologia vacinal, especialmente as que utilizam mRNA, representam um marco na saúde pública, permitindo respostas rápidas e eficazes a novos patógenos e suas variantes. Esse progresso é fundamental para enfrentar os desafios atuais em epidemiologia (Souza, 2021).

O emprego de vetores virais alterados e proteínas recombinantes também se revela eficaz na estimulação da resposta imune. Essas tecnologias oferecem benefícios como redução no tempo de desenvolvimento, resposta rápida a surtos e produção em grande

escala.

Imunizantes virais

Os imunizantes virais podem ser categorizados como atenuados, inativados ou subunitários. Os imunizantes atenuados contêm patógenos vivos, mas debilitados. Por outro lado, os imunizantes inativados e subunitários utilizam agentes mortos ou apenas fragmentos deles. Os elementos dessas vacinas são denominados antígenos e têm a função de minimizar o risco de infecção ao ativar o sistema imunológico a gerar anticorpos, de maneira similar ao que ocorre quando somos expostos a vírus, mas sem induzir a doença.

A classificação das vacinas virais em atenuadas, inativadas e subunitárias é fundamental para entender como cada tipo estimula a resposta imunológica sem provocar a doença. Esses diferentes mecanismos de ação são essenciais para a segurança e eficácia das vacinas em saúde pública, (Barbosa, 2020).

A vacina atenuada é aquela em que o vírus permanece ativo, mas sem a habilidade de causar a enfermidade (exemplos: caxumba, febre amarela, poliomielite oral, rubéola, sarampo, varicela). Em raras ocasiões, esses vírus podem retornar à forma selvagem, provocando a doença. Essas vacinas são desaconselhadas para pessoas imunocomprometidas e gestantes. Os vírus atenuados recebem essa nomenclatura porque passam por um procedimento que reduz sua virulência a níveis considerados seguros para a vacinação.

As vacinas atenuadas desempenham um papel fundamental na imunização, proporcionando proteção ao ensinar o sistema imunológico a reconhecer e combater patógenos sem causar a doença. Contudo, seu uso deve ser cuidadosamente avaliado em grupos vulneráveis, como imunocomprometidos e gestantes, (Teles, 2020).

O método mais comum para a produção de vírus atenuados envolve a indução de infecções sequenciais de vírus patogênicos em culturas celulares *in vitro* ou em ovos embrionados. Após uma série de passagens, obtêm-se cepas virais com menor virulência, que sofreram mutações genéticas específicas que afetam a eficácia de fatores virais essenciais para a patogenicidade, mas sem comprometer a capacidade de replicação do vírus.

A vacina atenuada é crucial na prevenção de diversas doenças infecciosas, permitindo que o sistema imunológico aprenda a combater os patógenos sem causar a enfermidade. Sua produção envolve técnicas rigorosas que garantem segurança e eficácia, especialmente para populações vulneráveis, (Silva, 2019).

Quando introduzido no organismo de uma pessoa, o vírus atenuado consegue se multiplicar, mas de forma lenta, sem causar danos significativos. A exposição prolongada ao vírus durante essa replicação lenta desencadeia uma resposta imunológica. Essa resposta resulta na formação de células de memória (linfócitos B e T), que asseguram o

desenvolvimento de imunidade contra o vírus específico. Essas vacinas não apresentam risco de provocar infecção em indivíduos imunocomprometidos ou em gestantes e seus fetos.

A resposta imunológica gerada pela exposição a vírus atenuados é fundamental para o estabelecimento de células de memória, proporcionando proteção duradoura. Essas vacinas são particularmente seguras para populações vulneráveis, como imunocomprometidos e gestantes, (Figueiredo, 2021).

A vacina inativada possui o vírus inativado por meio de agentes químicos ou físicos. Por sua vez, as vacinas de subunidades consistem em fragmentos purificados do vírus (antígenos). As vacinas inativadas e de subunidade não “imitam” a doença como as atenuadas; em vez disso, “enganam” o sistema imunológico, que acredita que o agente infeccioso morto ou uma de suas partículas representa um perigo real, ativando assim o processo de proteção.

Imunizantes de vetor viral

O imunizante de vetor viral é uma forma de vacinação que emprega um vírus modificado para levar material genético de um patógeno específico ao organismo humano. Esse material genético é incorporado ao vírus vetor, que é então aplicado ao paciente para provocar uma resposta imunológica. Essa resposta auxilia o corpo a identificar e combater o patógeno verdadeiro caso ocorra uma exposição futura a ele.

As vacinas de vetor viral representam uma inovação significativa na imunização, utilizando vírus modificados para induzir respostas imunes específicas. Esse método tem se mostrado eficaz na preparação do sistema imunológico para enfrentar patógenos reais em exposições futuras, (Oliveira, 2020).

A operação da vacina de vetor viral se fundamenta na habilidade do vírus modificado de carregar material genético para as células do organismo humano. Após a administração, a vacina penetra nas células e libera o material genético, que é identificado pelo sistema imunológico como um agente invasor. Isso provoca uma resposta imune, na qual o corpo gera anticorpos e células de defesa específicas contra o patógeno-alvo.

Imunizantes de RNA mensageiro

A vacina de RNA mensageiro (mRNA) é uma inovação no campo da imunização, que utiliza uma cópia sintética de RNA mensageiro para instruir as células do corpo a produzir proteínas específicas de um patógeno, como um vírus. Essa tecnologia foi amplamente empregada durante a pandemia de COVID-19, com vacinas como as desenvolvidas pela Pfizer-BioNTech e Moderna.

As vacinas de mRNA não contêm vírus vivos, o que elimina o risco de infecção causada pela vacina. Além disso, o RNA não se integra ao DNA humano. Estudos têm mostrado que as vacinas de mRNA têm uma alta taxa de eficácia na prevenção de doenças infecciosas, contribuindo significativamente para o controle de surtos.

O imunizante de RNA mensageiro, conhecido como vacina mRNA, é uma tecnologia inovadora que tem se mostrado eficaz no combate a diversas doenças, especialmente a COVID-19. Essa abordagem utiliza RNA mensageiro para instruir as células a produzirem proteínas que desencadeiam uma resposta imune significativa, (Pereira, 2022)

O imunizante de RNA mensageiro (mRNA) funciona introduzindo uma molécula de mRNA no organismo por meio de uma injeção. Essa molécula contém instruções para a produção de proteínas virais específicas. Uma vez absorvido pelas células, o mRNA é traduzido em proteínas que são exibidas na superfície celular, sinalizando ao sistema imunológico que um patógeno está presente. O sistema imunológico então reconhece essas proteínas como estranhas e inicia uma resposta, produzindo anticorpos e ativando células T. Essa resposta gera uma memória imune, permitindo que o organismo reaja rapidamente a futuras exposições ao vírus, proporcionando proteção eficaz.

O imunizante de RNA mensageiro insere uma molécula de RNA no organismo, fornecendo instruções para a produção de proteínas virais. Após a entrada nas células, esse RNA é traduzido, levando à apresentação dessas proteínas, o que ativa o sistema imunológico e gera uma memória imune contra o patógeno, (Costa, 2023).

As vacinas de RNA mensageiro (mRNA) oferecem diversas vantagens, como o desenvolvimento rápido, pois podem ser produzidas rapidamente em resposta a surtos, facilitando a imunização em situações de emergência, demonstram taxas de eficácia elevadas, como evidenciado nas vacinas contra a COVID-19. Não contêm vírus vivos, o que minimiza o risco de causar as doenças que previnem. Podem ser facilmente ajustadas para enfrentar novas variantes de vírus, proporcionam uma resposta imunológica robusta, garantindo proteção a longo prazo. Essas características fazem das vacinas de mRNA uma solução eficaz na luta contra doenças infecciosas.

Uma das principais vantagens do imunizante de RNA mensageiro é sua capacidade de ser desenvolvido rapidamente em resposta a novas ameaças virais. Além disso, os imunizantes mRNA são extremamente seguros, pois não contêm vírus vivos e não podem causar a doença que pretendem prevenir, (Oliveira, 2023).

Em síntese, o imunizante de RNA mensageiro é uma tecnologia inovadora que tem transformado a maneira como as vacinas são criadas e aplicadas. Com sua habilidade de provocar uma resposta imune forte e rápida, os imunizantes de RNA mensageiro representam uma esperança no combate a doenças infecciosas e genéticas. Apesar dos obstáculos que ainda enfrenta, a tecnologia de RNA mensageiro promete abrir novas oportunidades no âmbito da imunização e do tratamento de enfermidades.

Imunizantes de DNA

O imunizante de DNA é uma abordagem inovadora de vacinação que utiliza sequências de DNA para induzir uma resposta imunológica no organismo. Ao inserir fragmentos de DNA que codificam proteínas específicas do patógeno, essas vacinas estimulam as células a produzirem as proteínas correspondentes, levando à ativação do sistema imunológico. Essa tecnologia permite um desenvolvimento rápido e flexível, podendo ser ajustada para diferentes doenças. Além disso, as vacinas de DNA têm mostrado potencial para gerar respostas imunes duradouras, com a vantagem de não conter vírus vivos, o que minimiza o risco de efeitos colaterais. Essa estratégia representa uma nova fronteira na prevenção de doenças infecciosas e no desenvolvimento de terapias personalizadas

O imunizante de DNA representa uma abordagem inovadora de imunização, utilizando material genético para estimular a resposta imune. Ao contrário das vacinas tradicionais, os imunizantes de DNA contêm fragmentos que codificam proteínas específicas do patógeno, desencadeando assim uma resposta imune adaptativa eficaz, (Almeida, 2022).

O desenvolvimento de um imunizante de DNA envolve várias etapas fundamentais. Inicialmente, os pesquisadores identificam os genes que codificam proteínas específicas do patógeno alvo. Esses genes são então inseridos em um vetor, como um plasmídeo, que transporta o DNA para as células do organismo. Após a administração, geralmente por meio de injeções, o vetor entrega o DNA às células, que começam a produzir as proteínas correspondentes. Essa produção desencadeia uma resposta imunológica, estimulando a ativação de anticorpos e células T. A abordagem permite a criação de vacinas de forma rápida e eficaz, além de possibilitar adaptações para diferentes patógenos. O uso de imunizantes de DNA representa uma promessa significativa na luta contra doenças infecciosas, oferecendo segurança e potencial para imunizações de longa duração.

Para a criação de um imunizante de DNA, os cientistas identificam genes que codificam proteínas do patógeno e os inserem em um vetor, que é então administrado ao paciente. Uma vez dentro das células, o vetor libera o DNA, levando à produção de proteínas virais que são reconhecidas como antígenos estranhos pelo sistema imunológico, desencadeando uma resposta imune, (Martins, 2023).

O desenvolvimento de imunizantes de DNA enfrenta diversos desafios e restrições. Um dos principais obstáculos é a eficiência na entrega do DNA às células do hospedeiro, já que a estrutura do DNA é complexa e nem sempre consegue penetrar nas células de maneira eficaz. Além disso, a resposta imune induzida pode variar entre os indivíduos, o que pode afetar a eficácia da vacina. Outro desafio é a estabilidade do DNA durante o armazenamento e transporte, que pode comprometer a viabilidade do imunizante. Questões relacionadas à aceitação pública e à necessidade de testes rigorosos de segurança e eficácia também são relevantes. Essas limitações exigem mais pesquisas e inovações para que os imunizantes de DNA possam ser amplamente utilizados e reconhecidos como uma solução eficaz na prevenção de doenças infecciosas.

Apesar de suas vantagens, os imunizantes de DNA enfrentam desafios significativos, como a eficiência na entrega do DNA às células do hospedeiro. O tamanho e a complexidade do DNA podem dificultar essa entrega, e a resposta imune induzida pode variar entre indivíduos, afetando a eficácia da imunização, (Souza, 2024).

Os imunizantes de DNA trazem diversos estudos com foco em diversos tipos de enfermidades, como o HIV, a malária, o câncer e outras tantas infecções causadas por vírus e bactérias. No contexto do câncer, esses imunizante buscam direcionar antígenos específicos definidos por células tumorais, estimulando assim, uma resposta imune que combate os tumores. Em relação ao HIV, as vacinas de DNA estão sendo desenvolvidas para induzir uma resposta imunológica capaz de controlar a replicação do vírus. Além disso, pesquisas estão em andamento para o uso de imunizantes de DNA no combate a doenças como a gripe, zika e hepatite B, demonstrando o potencial dessa tecnologia na prevenção e tratamento de diversas condições infecciosas e não infecciosas. Essa versatilidade destaca a importância dos imunizantes de DNA na inovação das estratégias de vacinação.

As vacinas de DNA têm sido investigadas para uma variedade de doenças, incluindo câncer, HIV e malária. No câncer, essas vacinas podem direcionar antígenos específicos das células tumorais, promovendo uma resposta imune eficaz. Para o HIV, os imunizantes de DNA estão sendo desenvolvidos para induzir uma resposta imune que controle a replicação viral, (Ferreira, 2023).

A área das vacinas de DNA está em constante crescimento, com o surgimento de novas tecnologias e métodos sendo criados, buscando-se aprimorar a eficácia, eficiência e segurança dos imunizantes. Avanços na área da engenharia genética, assim como na biotecnologia trazem para o mundo atual a grande possibilidade no cenário do desenvolvimento de imunizantes de DNA de forma mais sofisticadas e também personalizadas, que assim, podem ser ajustadas às necessidades de cada indivíduo. Como conceitua (Silva, 2022) “Os progressos na engenharia genética e na biotecnologia têm permitido a criação de vacinas de DNA mais avançadas e personalizadas, adaptáveis às necessidades específicas de cada paciente”. Com a busca incessante por mais pesquisas e investimentos, as vacinas de DNA têm o potencial de transformar a vida de pacientes através de sua prevenção e tratamento de doenças infecciosas e crônicas fornecidos pelo uso adequado desse tipo de imunizante.

Profissionais Biomédicos no desenvolvimento de imunizantes

O biomédico no campo da imunologia desempenha um papel crucial em várias áreas relacionadas à saúde e à pesquisa. Suas funções incluem o estudo dos mecanismos de defesa do organismo contra patógenos, o desenvolvimento de imunizantes e terapias imunológicas, e a realização de diagnósticos para doenças infecciosas e autoimunes. São responsáveis por conduzir pesquisas que ajudam a entender como o sistema imunológico reage a diferentes agentes patogênicos, o que é fundamental para a criação de novos

imunizantes e tratamentos. Além disso, os biomédicos colaboram em ensaios clínicos, monitorando a segurança e a eficácia das vacinas e terapias. Sua formação multidisciplinar permite que atuem na promoção da saúde pública, contribuindo para a prevenção de doenças e a melhoria da qualidade de vida da população.

A atuação do biomédico especializado em imunologia envolve a investigação dos mecanismos de defesa do organismo contra doenças infecciosas causadas por micro-organismos. Isso demanda um entendimento profundo do sistema imunológico e dos processos pelos quais ele identifica e combate invasores externos, como bactérias e vírus, (Costa, 2023).

Os biomédicos têm um papel crucial no contexto atual, pois possuem a formação necessária para entender áreas como biotecnologia, genética, biologia molecular e os mecanismos da resposta imunológica, incluindo as ações das vacinas. Assim, devido a essa formação multidisciplinar, eles conseguem contribuir significativamente para a pesquisa e o desenvolvimento de novas terapias e tratamentos, além de promover a saúde pública e prevenir doenças. O conhecimento dos biomédicos nesses campos é essencial para identificar novos avanços e abordagens inovadoras na área da saúde e, por consequência, são fundamentais no desenvolvimento de novas estratégias para o controle de doenças infecciosas.

Com essa formação multidisciplinar, os biomédicos conseguem contribuir de maneira significativa para a pesquisa e o desenvolvimento de novas terapias e tratamentos, além de promover a saúde pública e a prevenção de doenças. O conhecimento acumulado nesses campos é crucial para identificar inovações e, portanto, são essenciais no desenvolvimento de estratégias para o controle de enfermidades infecciosas, (Pereira, 2023).

A conexão entre as tecnologias de vacinas e os biomédicos é de grande importância para a ciência, uma vez que as vacinas são produtos biológicos que exigem conhecimentos e habilidades especializadas para seu desenvolvimento, produção e avaliação. Os biomédicos desempenham, assim, um papel essencial, contribuindo com sua experiência em áreas como biologia molecular, imunologia e farmacologia para o avanço de novas tecnologias de vacinas e melhoria das tecnologias já existentes.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os imunizantes são uma das intervenções médicas mais eficientes para prevenir enfermidades infecciosas, novas tecnologias têm possibilitado a criação de vacinas mais seguras e eficazes, incluindo o uso de vetores virais, RNA mensageiro e DNA recombinante, por exemplo.

Os biomédicos exercem um papel de grande importância no cenário atual, pois têm a formação necessária para entender áreas como biotecnologia, genética, biologia molecular e os mecanismos da resposta imunológica, incluindo as ações vacinais. Dessa forma,

devido a essa formação multidisciplinar, eles conseguem contribuir significativamente para a pesquisa e o desenvolvimento de novas terapias e tratamentos, além de promover a saúde pública e prevenir doenças. Esses profissionais auxiliam na garantia de que as vacinas sejam seguras e eficazes por meio de testes rigorosos e monitoramento pós-comercialização.

A pandemia de COVID-19 ressaltou a importância das vacinas e a necessidade de novas tecnologias para ações mais rápidas e em grande escala. Com a colaboração entre cientistas, governos e organizações internacionais, observou-se o desenvolvimento de várias vacinas eficazes contra a COVID-19 em um curto período de tempo. As revisões bibliográficas, como as apresentadas neste capítulo, são ferramentas valiosas e de grande relevância para os estudiosos da área de pesquisa, permitindo assim, a análise e interpretação de forma crítica da literatura existente, oferecendo informações importantes para investigações futuras. Dessa forma, este estudo deve ser entendido como uma pequena parte, porém, essencial, do processo de pesquisa e avanço científico.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, Ricardo. **Vacinas de DNA: Avanços e Perspectivas na Imunização**. Revista Brasileira de Ciências Biomédicas, vol. 19, no. 1, 2022.
- BARBOSA, A. M. **Imunologia e Vacinas: Fundamentos e Aplicações**. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2020.
- COSTA, Maria. **O Papel do RNA Mensageiro nas Vacinas: Mecanismos e Eficácia**. Revista de Ciências Biomédicas, vol. 18, no. 4, 2023.
- COSTA, Felipe. **O Papel do Biomédico na Imunologia e suas Implicações na Saúde Pública**. Jornal de Biomedicina, vol. 15, no. 1, 2023.
- FERREIRA, Camila. **Vacinas de DNA: Aplicações em Doenças Infeciosas e Câncer**. Revista Brasileira de Imunologia, vol. 14, no. 1, 2023.
- FIGUEIREDO, A. S. **Vacinas: Mecanismos de Ação e Aplicações na Saúde Pública**. São Paulo: Editora Manole, 2021.
- MARTINS, Laura. **Vacinas de DNA: Fundamentos e Aplicações**. Jornal Brasileiro de Imunização, vol. 11, no. 3, 2023.
- OLIVEIRA, M. R. **Imunização e Vacinas: Avanços e Desafios no Século XXI**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2020.
- OLIVEIRA, Fernanda. **Vantagens e Desafios das Vacinas de RNA Mensageiro**. Revista Brasileira de Vacinas, vol. 10, no. 2, 2023.
- PEREIRA, Ana. **Tecnologias de Vacinas: O Caso do RNA Mensageiro**. Jornal Brasileiro de Saúde Pública, vol. 15, no. 2, 2022.

- PEREIRA, Ana. **Ética e Saúde Pública: A Vacinação em Debate**. Editora Saúde, 2022.
- PEREIRA, João. **A Importância do Biomédico na Saúde Pública e no Controle de Doenças Infecciosas**. Revista de Imunologia e Saúde, vol. 17, no. 2, 2023.
- SILVA, João. **Biomedicina e Vacinas: Desafios e Avanços**. Editora Saúde, 2020.
- SILVA, L. M. **Vacinas: Teoria e Prática**. São Paulo: Editora Atheneu, 2019.
- SILVA, Ana. **Inovações em Vacinas de DNA: Avanços e Desafios**. Revista Brasileira de Biomedicina, vol. 18, no. 2, 2022.
- SOUZA, D. L. **Vacinas e Saúde Pública: Desafios e Avanços**. São Paulo: Editora Unesp, 2021.
- SOUZA, Renata. **Desafios das Vacinas de DNA: Limitações e Perspectivas**. Revista de Saúde Pública, vol. 20, no. 2, 2024.
- TELES, L. R. **Imunização e Saúde Pública: Fundamentos e Desafios**. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2020.
- WHO. **VACINAS EXPLICADAS**. Disponível em: <<https://www.who.int/pt/news-room/feature-stories/detail/safety-of-covid-19-vaccines>>. Acesso em: 16 de Setembro de 2024.