



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E BIOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

LARISSA PIETRA SANT'ANNA

**ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA SOBRE VACINAÇÃO: DESENVOLVIMENTO DE
RECURSOS DIDÁTICOS MULTIMODAIS PARA O COMBATE À DESINFORMAÇÃO**

Ouro Preto – MG

2026

LARISSA PIETRA SANT'ANNA

**ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA SOBRE VACINAÇÃO: DESENVOLVIMENTO DE
RECURSOS DIDÁTICOS MULTIMODAIS PARA O COMBATE À DESINFORMAÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Departamento de
Ciências Biológicas, Instituto de
Ciências Exatas e Biológicas da
Universidade Federal de Ouro Preto,
como requisito parcial para obtenção
do título de Licenciada em Biologia.

Orientador: Prof. André Talvani

Coorientadoras: Dra. Bianca A. A. Machado

Ma. Josiane N. C. de Paula

Ouro Preto – MG

2026

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

S232a Sant'anna, Larissa Pietra.
Alfabetização científica sobre vacinação [manuscrito]:
desenvolvimento de recursos didáticos multimodais para o combate à
desinformação. / Larissa Pietra Sant'anna. - 2026.
37 f.: il.: gráf., tab..

Orientador: Prof. Dr. André Talvani.

Coorientadores: Dra. Bianca Alves Almeida Machado, Ma. Josiane
Nunes Costa de Paula.

Monografia (Licenciatura). Universidade Federal de Ouro Preto.
Instituto de Ciências Exatas e Biológicas. Graduação em Ciências
Biológicas .

1. Vacinação. 2. Ciência - Estudo e ensino. 3. Educação em saúde. 4.
Notícias falsas. I. Talvani, André. II. Machado, Bianca Alves Almeida. III.
de Paula, Josiane Nunes Costa. IV. Universidade Federal de Ouro Preto. V.
Título.

CDU 614.47:37

Bibliotecário(a) Responsável: Renata Mara de Almeida - CRB-7: 6328



FOLHA DE APROVAÇÃO

Larissa Pietra Sant'ana

Alfabetização científica sobre a vacinação: desenvolvimento de recursos didáticos multimodais para o combate à desinformação

Monografia apresentada ao Curso de Ciências Biológicas - Licenciatura, da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de licenciada em Ciências Biológicas

Aprovada em 03 de março de 2026.

Membros da banca

Prof. André Talvani - Orientador (Universidade Federal de Ouro Preto)
Dra. Bianca Alves Almeida Machado - Coorientadora (Universidade Federal de Ouro Preto)
Me. Josiane Nunes Costa de Paula - Coorientadora (Universidade Federal de Minas Gerais)
Me. Maria Bárbara Galdino Silva - (Universidade Federal de Ouro Preto)
Me. Karine Maria Moreira Almeida - (Universidade Federal de Ouro Preto)

Prof. André Talvani, orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 31/03/2026



Documento assinado eletronicamente por **Andre Talvani Pedrosa da Silva, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 31/03/2026, às 18:24, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1083116** e o código CRC **60298C56**.

AGRADECIMENTOS

Pela conclusão desta graduação, gostaria de agradecer primeiramente aos meus pais, Pedro Donato Sant'Anna e Andreia Alves Brito Sant'anna, pelo apoio financeiro e emocional durante todos esses anos. Agradeço também ao meu irmão, Pedro Júnior Sant'Anna, que caminhou ao meu lado enquanto seguíamos nossas jornadas acadêmicas na Universidade Federal de Ouro Preto. Juntos, partilhamos refeições no restaurante universitário, enfrentamos as idas e vindas diárias entre cidades e percorremos o trajeto do ponto de ônibus até nossa casa, muitas vezes à meia-noite. Tê-lo ao meu lado me incentivou a continuar seguindo por essa estrada, e por isso sou imensamente grata.

Estendo minha gratidão aos meus professores, que mediaram meu acesso ao conhecimento e contribuíram para meu crescimento pessoal e profissional. Entre eles, deixo um agradecimento especial a Uyra Zama, pelo apoio durante o Programa de Iniciação à Docência (PIBID), tanto na elaboração do projeto quanto no transporte, o que me permitiu permanecer no programa e vivenciar o ambiente escolar e a prática docente. Agradeço também à professora Dr. Cristina Maia pelo amparo ao longo da graduação e por ser um grande exemplo de profissional e ser humano; ao professor Dr. Fábio Augusto, pela importante contribuição na minha formação docente; e ao meu orientador, André Talvani, por despertar meu interesse pela imunologia juntamente às coorientadoras Bianca e Josiane, pela didática excelente, e por todo o suporte, paciência e compreensão durante a elaboração deste TCC.

Registro também meu agradecimento às agências de fomento CAPES, FAPEMIG e CNPq, cujo apoio à ciência e à formação acadêmica torna possível a permanência de estudantes na universidade e o desenvolvimento de pesquisas como esta, fortalecendo a educação pública e a produção do conhecimento no país.

Agradeço igualmente aos meus colegas de curso—Hakkon Higure, Bruno Bonfim e Willian Quirino—pelas risadas, pelos trabalhos compartilhados e pelo companheirismo ao longo da graduação. Aos meus melhores amigos, Matheus Vitor e Ian Drumond, e ao meu namorado, Victor Gabriel, agradeço por caminharem ao meu lado, por me ajudarem a seguir em frente quando pensei em desistir e por apoiarem minhas escolhas, independentemente dos desafios.

Sou grata também ao meu próprio esforço para chegar até aqui: às noites em claro, à busca constante pela superação da ansiedade social, aos inúmeros estágios,

leituras e trabalhos. Cada etapa foi essencial para que eu me tornasse uma pessoa melhor e me apropriasse do conhecimento durante a graduação. Por isso, desejo continuar aprendendo e evoluindo a cada dia como bióloga, docente e cidadã.

Este trabalho de conclusão de curso representa o término de um ciclo e a realização de um sonho que nasceu antes mesmo da graduação. Sou grata à minha mãe, que comprou nosso primeiro computador e despertou em mim o fascínio pela ciência por meio de uma enciclopédia virtual. Agradeço também aos meus professores de Ciências do ensino fundamental—Maria Henrique, Alessandra e Jaime—por apresentarem o conhecimento biológico de maneira leve e contextualizada, mesmo com recursos limitados. E deixo um agradecimento especial às minhas professoras orientadoras de estágio da Prefeitura de Itabirito, Maria Henrique e Norma, pela complacência, disposição e pela valiosa troca de aprendizagens durante toda a formação prática.

A todos que fizeram parte dessa trajetória, deixo minha profunda gratidão.

RESUMO

A queda da cobertura vacinal no Brasil tem permitido o ressurgimento de doenças previamente controladas, revelando a urgência de ações educativas que enfrentem a desinformação e promovam a alfabetização científica. Nesse contexto, este Trabalho de Conclusão de Curso teve como objetivo desenvolver recursos didáticos multimodais voltados para estudantes do Ensino Fundamental, buscando esclarecer conceitos essenciais sobre vacinação, fortalecer a compreensão pública da ciência e incentivar práticas de saúde fundamentadas em evidências. Para isso, foram aplicadas as seguintes estratégias metodológicas: (1) palestra interativa ministrada no Instituto Educacional Novos Tempos (Contagem-MG), abordando a história das vacinas, o funcionamento do sistema imunológico e os impactos das fake news na saúde pública; (2) interação junto aos estudantes sobre os conteúdos aplicados após a palestra, e (3) caderno temático estruturado com base em referenciais pedagógicos contemporâneos, integrando textos informativos, infográficos, elementos lúdicos, atividades investigativas e propostas multimídia. Os conteúdos foram selecionados por meio de revisão bibliográfica, análise de dados epidemiológicos recentes e consulta a organismos oficiais de saúde. Os resultados da intervenção escolar indicaram forte engajamento dos estudantes e ampliaram a compreensão crítica sobre a importância da vacinação. Conclui-se que materiais didáticos contextualizados e cientificamente embasados podem atuar como ferramentas eficazes na difusão do conhecimento, no combate à desinformação e na promoção da cultura científica, contribuindo para o fortalecimento da confiança social na imunização enquanto estratégia imprescindível de saúde pública.

Palavras-chave: Vacinação, alfabetização científica, educação em saúde, multimodalidade, fake news.

ABSTRACT

The decline in vaccination coverage in Brazil has enabled the resurgence of previously controlled diseases, highlighting the urgency of educational actions capable of addressing misinformation and promoting scientific literacy. In this context, this undergraduate thesis aimed to develop multimodal didactic resources for students in the final years of Elementary School, seeking to clarify essential concepts about vaccination, strengthen public understanding of science, and encourage evidence-based health practices. Two educational products were created: (1) an interactive lecture delivered at Instituto Educacional Novos Tempos (Contagem-MG), covering the history of vaccines, the functioning of the immune system, and the impacts of fake news on public health; and (2) a thematic booklet structured upon contemporary pedagogical frameworks, integrating informative texts, infographics, ludic elements, investigative activities, and multimedia suggestions. The contents were selected through bibliographic review, analysis of recent epidemiological data, and consultation of official health agencies. The intervention at the school demonstrated strong student engagement and expanded their critical understanding of the importance of vaccination. It is concluded that contextualized, scientifically grounded didactic materials can act as effective tools in disseminating knowledge, combating misinformation, and promoting scientific culture, thus contributing to strengthening social trust in vaccination as an essential public health strategy.

Keywords: Vaccination. Scientific literacy. Health education. Multimodality. Fake news.

LISTA DE ABREVIATURAS

ABP - Aprendizagem Baseada em Problemas

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária

APC - Células Apresentadoras de Antígeno

BCG - Bacillus Calmette-Guérin

BNCC - Base Nacional Comum Curricular

CD4+ - Linfócito T auxiliar

CD8+ - Linfócito T citotóxico

COVID-19 - Doença causada pelo vírus SARS-CoV-2

DATASUS - Departamento de Informática do SUS

DNA - Ácido Desoxirribonucleico

DTP - Vacina contra Difteria, Tétano e Coqueluche

HPV - Papilomavírus Humano

mRNA - Ácido ribonucleico mensageiro

OMS - Organização Mundial de Saúde

PAMPs - Padrões Moleculares Associados a Patógenos

PNI - Programa Nacional de Imunizações

SARS-CoV-2 - Coronavírus causador da COVID-19

SUS - Sistema Único de Saúde

TLR - *Toll-Like Receptor* Vacina MMR - Vacina contra Sarampo, Caxumba e Rubéola

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 REFERENCIAL TEÓRICO	11
2.1 Varíola: como o surgimento e o desenvolvimento tecnocientífico das vacinas possibilitaram a erradicação de uma doença	11
2.2 Sistema Imunológico e Vacinas: A Formação da Imunidade Adaptativa.....	14
2.3 Três gerações de vacinas: marcos científicos na imunização humana	15
2.4 O desenvolvimento de vacinas: da pesquisa à aplicação	18
2.5 A queda da cobertura vacinal e o retorno de doenças anteriormente erradicadas no Brasil	20
3 JUSTIFICATIVA	23
4 OBJETIVO GERAL	23
4.1 Objetivos específicos.	24
5 METODOLOGIA	24
5.1 Desenvolvimento da palestra em colaboração com a escola Novos Tempos	24
5.2 Construção do caderno temático	25
imparcialidade.....	29
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
6.1 Vacinas: da descoberta até os dias de hoje	29
6.2 O caderno temático	30
7 CONCLUSÃO	34
8 PERSPECTIVAS	34
REFERÊNCIAS	35
APÊNDICES	37
APÊNDICE A - Caderno temático	37

1 INTRODUÇÃO

A humanidade sempre coexistiu com micro-organismos, mesmo que a maioria deles não tenha acarretado em malefícios à espécie humana. Por outro lado, muitos micro-organismos são causadores de doenças, sendo alguns responsáveis por eventos pandêmicos e que vitimaram milhões de indivíduos (UJVARI, 2009). Diante de tal realidade, os seres humanos buscam incessantemente meios de superar tais infecções desenvolvendo medicamentos e vacinas que atualmente são reconhecidas como alternativas extremamente eficazes para prevenir e controlar doenças causadas por agentes patogênicos (OMS, 2013).

Embora desponham na atualidade diversas técnicas para a produção desses imunizantes, o caminho para a construção dessa tecnologia tem sido árduo, extenso. Todavia, o caminho que percorremos até aqui nos dá a certeza de estarmos na direção certa da trilha imunológica.

Apesar do evidente sucesso em promover a longevidade humana, verificou-se uma redução significativa nas taxas de cobertura vacinal da maioria dos imunizantes ofertados gratuitamente pelo Sistema Único de Saúde (SUS) no Brasil (Neves, 2019). Dados do DATASUS (2024) demonstram que, embora esteja ocorrendo uma recuperação lenta e gradual da cobertura vacinal em 2023, o índice de imunização no país permaneceu abaixo do necessário para assegurar a imunidade coletiva contra a maioria das infecções.

Diante desse cenário, o presente projeto de trabalho de conclusão de curso (TCC) propõe a elaboração de um caderno temático voltado para a comunidade escolar, com a finalidade de promover a alfabetização científica por meio do esclarecimento acerca das vacinas. O material será estruturado com base em fundamentos pedagógicos que favoreçam a aprendizagem significativa, contemplando conteúdos como a história das vacinas, os diferentes tipos de imunizantes, os princípios básicos da imunologia, o processo de desenvolvimento e licenciamento vacinal, bem como a desconstrução de mitos e desinformações amplamente difundidos.

A abordagem didática será pautada em uma linguagem acessível, porém cientificamente embasada, e contará com recursos multimodais, como textos informativos, ilustrações, atividades interativas, jogos pedagógicos (como cruzadinhas) e propostas de investigação voltadas ao estímulo do pensamento crítico. Complementarmente, será realizada uma palestra direcionada aos estudantes do 6º ao 9º ano do Instituto Novos Tempos (Unidade Contagem), com o intuito de reforçar os conteúdos trabalhados e promover a disseminação de informações confiáveis sobre a temática. A proposta busca, assim, articular ciência, educação e cidadania, contribuindo para a formação crítica dos estudantes e para o fortalecimento da confiança social na vacinação como estratégia essencial de saúde pública

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Variola: como o surgimento e o desenvolvimento tecnocientífico das vacinas possibilitaram a erradicação de uma doença

A variola humana foi uma doença causada pelo vírus *orthopoxvirus*, transmitida pela inalação de gotículas contaminadas no ar ou através do contato direto com pessoas e objetos contaminados. Uma vez infectado, o indivíduo pode apresentar febre alta, cefaleia, fadiga e dor na lombar, após esta fase inicial ocorre o surgimento de lesões maculopapulares características da variola, a taxa de letalidade varia em torno de 30%, os indivíduos que sobrevivem podem apresentar sequelas como cicatrizes na pele e, nos casos mais graves, perda da visão (BREMAN et al., 2002).

Os registros consistentes sobre a variola remontam ao século IV. Embora o local exato de sua origem permaneça inconclusivo, estudos indicam a Índia ou o Egito como os locais mais prováveis de surgimento e posterior introdução na China e fixação nessas regiões (FENNER *et al.*, 1988) . A doença se disseminou nos séculos seguintes no Japão e na Europa, porém, só chegaria às Américas nos anos de 1500, trazida por colonizadores europeus. ; Este fato contribuiu para a conquista dos povos ameríndios, uma vez que a doença dizimou um terço da população asteca (WATTS, 1997) .

Como forma de combate à variola, o processo de variolização surgiu de forma independente na China e Índia. O método chinês consistia na inalação da casca seca

pulverizada das feridas da varíola, enquanto na Índia ocorria a inserção intradérmica desse material via escarificação (TOLEDO JR., 2005).

Embora a variolização não apresentasse eficácia absoluta, uma vez que a mortalidade entre os indivíduos submetidos ao procedimento variava entre um óbito a cada 48 ou 60 pessoas, seus resultados mostravam-se relativamente favoráveis quando comparados à infecção natural. Em grande parte dos casos, os inoculados desenvolviam manifestações mais leves da varíola e adquiriam imunidade duradoura, não sendo novamente acometidos pela doença. Em contraste, a varíola contraída por vias naturais apresentava uma letalidade significativamente mais elevada, estimada em cerca de uma morte para cada seis indivíduos infectados. (FENNER et al., 1988)

Diante de sua eficácia, o método acabou se espalhando pela Ásia até a Pérsia e a Turquia, assim como também ocorreu o surgimento de variações nas regiões do mar Cáspio, Grécia, África do norte e Arábia (BEHBEHANI, 1983).

Na Europa, onde estima-se que 400.000 pessoas chegavam a óbito por ano, devido a varíola (BEHBEHANI, 1983). A variolização foi popularizada por Lady Mary Wortley Montagu (1689-1762) uma aristocrata, escritora e viajante inglesa. Durante sua permanência no Império Otomano, como esposa do embaixador britânico, observou práticas médicas e costumes locais, dentre eles a variolização decidindo realizá-lo em seu filho. Em 1718, ao retornar a Europa, Mary foi responsável por difundir o método entre a aristocracia, além de publicar anonimamente artigos no jornal *flying-post* em defesa da inoculação, visto que o processo gerava receio a comunidade científica e na população devido a sua origem asiática (SOARES, 2018).

No ano de 1775, quando a variolização já havia se tornado um método popular em toda Europa, o médico Edward Jenner atuava como inoculador no interior da Inglaterra, onde observou-se que as mulheres que trabalhavam ordenhando vacas não contraíam a varíola, apenas apresentavam cicatrizes nas mãos devido a varíola bovina (*cowpox*). Pensando na possibilidade de tal variante da doença conferir imunidade à varíola humana, Jenner resolveu testar sua teoria, inoculando material extraído das lesões de *cowpox* em um menino de 8 anos da família Phipps, tal criança não contraiu varíola (HENDERSON; FENNER, 1994).

Jenner obteve sucesso com o menino Phipps, devido a isso, várias crianças foram posteriormente inoculadas com a *cowpox* e, como o primeiro garoto, também obtiveram imunidade para a varíola humana. Isto levou Jenner a publicar um trabalho em 1801, descrevendo suas observações intitulado "The origin of the vaccine

inoculation”(HENDERSON; FENNER, 1994).

Embora a vacina de Edward Jenner fosse segura, por não apresentar risco de mortalidade e oferecer proteção contra o contágio da varíola humana, ainda havia obstáculos a serem superados, como a técnica de vacinação braço a braço. Este ato acabou por gerar um surto de sífilis em indivíduos vacinados (PLOTKIN, 1994).

Naquela época não havia o conhecimento da existência de micro-organismos como bactérias, fungos e vírus. Além disso, a relação existente entre micro-organismos patogênicos e doenças infecciosas seria elucidada apenas em 1857, com os trabalhos do cientista francês Louis Pasteur. (TOLEDO JR., 2005).

Com o passar das décadas houve avanços tecnológicos e científicos tornando possível a fabricação de vacinas em larga escala, além disso, no Reino Unido foi desenvolvida a vacina liofilizada. Desta forma, o imunizante poderia ser congelado e, posteriormente, reconstituído, aumentando sua vida útil (GEDDES, 2006).

O uso dessas novas tecnologias permitiu em 1967, o início do programa de erradicação da varíola pela OMS (Organização Mundial de Saúde). Tal projeto se fazia necessário pois naquele período morriam 2 milhões de pessoas por ano em todo o globo devido à falta de vacinas (HENDERSON, 2011).

Diante deste desafio, seriam necessários cerca 250 milhões de doses ao ano e o envolvimento de milhares de profissionais da saúde de todos os países envolvidos, havendo um gasto de 300 milhões de dólares americanos (HENDERSON, 2011). O investimento e trabalho árduos seriam recompensados pois no ano de 1975 fora registrado o último caso de varíola em uma menina indiana chamada Rahima Banu e, em 1980, a doença foi oficialmente declarada erradicada pela OMS (TOLEDO JR., 2005).

Atualmente o vírus da varíola existe apenas em dois laboratórios, um localizado na Rússia e outro nos Estados Unidos, a fim de que mais estudos possam ser realizados em torno desse vírus. Alguns países sentem receio pelo potencial de uso de tal vírus como arma biológica, visto que a vacinação foi interrompida com a erradicação da doença. A situação gera tensão internacional induzindo países a captar recursos para um ataque que talvez nunca virá. Cientistas afirmam que o vírus se faz necessário, a fim de que se a doença reaparecer será possível criar vacinas seguras a partir da inativação ou modificação genética do vírus da varíola (GEDDES, 2006).

2.2 Sistema Imunológico e Vacinas: A Formação da Imunidade Adaptativa

O sistema imune evoluiu para ser capaz de reconhecer e eliminar patógenos que invadem o organismo humano, empregando os mecanismos de defesa da resposta imune inata e também da adaptativa (CURTISS, 2011).

A resposta imune inata compreende as barreiras da pele e das mucosas, as secreções contendo proteínas antimicrobianas, enzimas digestivas e sais biliares e células para controle da homeostase do indivíduo e proteção contra agentes externos (físicos, químicos e biológicos). Receptores presentes em células de defesa também se constituem estruturas da resposta imune inata, como os receptores do tipo *toll*- (TLRs) e os receptores do tipo-*NOD* (NLRs), capazes de identificar padrões moleculares associados a patógenos (PAMPs) e ativando células do sistema imune para neutralizar ou fagocitar microorganismos invasores (WICHERSKA-PAWŁOWSKA; WRÓBEL; RYBKA, 2021)

A imunidade adquirida é um sistema de defesa altamente especializado que se desenvolve ao longo da vida após o contato do organismo com antígenos específicos, como microrganismos ou vacinas, distinguindo-se da imunidade inata por sua elevada especificidade, diversidade de reconhecimento e capacidade de gerar memória imunológica. Esse tipo de imunidade é mediado principalmente por linfócitos B e T, permitindo o reconhecimento preciso de uma ampla variedade de antígenos e garantindo respostas mais rápidas e eficazes em exposições subsequentes ao mesmo agente, princípio fundamental que sustenta a eficácia da vacinação (Rimer; Cohen; Friedman, 2014); (Chi; Pepper; Thomas, 2024).

O desenvolvimento da imunidade adaptativa inicia-se quando células dendríticas ou macrófagos atuam como células apresentadoras de antígeno, processando-o e apresentando-o aos linfócitos B e T; após esse processo, os linfócitos B proliferam e se diferenciam em plasmócitos produtores de anticorpos específicos, capazes de opsonizar e neutralizar o patógeno, ou em células B de memória, responsáveis por respostas mais rápidas em infecções futuras pelo mesmo agente (COICO; SUNSHINE, 2010). De forma correlata, os linfócitos T ativados diferenciam-se em células T auxiliares ($CD4^+$), que coordenam a resposta imune por meio da ativação de linfócitos B e macrófagos (LUCKHEERAM et al., 2012), ou em células T citotóxicas ($CD8^+$), que eliminam células infectadas ou neoplásicas, além

da formação de células T de memória, que asseguram maior eficiência da resposta imunológica em exposições subsequentes ao mesmo antígeno (CUI; KAECH, 2010), consolidando a memória imunológica como uma das principais características da imunidade adaptativa (Chi; Pepper; Thomas, 2024).

Embora a imunidade adaptativa possa ser adquirida naturalmente após a exposição do organismo a agentes patogênicos, de modo que a superação de uma infecção resulte em memória imunológica e proteção duradoura contra o mesmo antígeno, esse processo é potencialmente perigoso, pois muitas infecções podem provocar manifestações clínicas graves, deixar sequelas permanentes ou até levar o indivíduo ao óbito (CURTISS, 2011).

Devido a isso, as vacinas representam um meio eficaz de estimular o organismo a desenvolver uma defesa adaptativa contra um microrganismo específico. Elas são construídas à partir de estruturas antigênicas como microrganismos inteiros atenuados ou partes do patógeno — como proteínas, toxóides, partículas virais ou fragmentos genéticos — que, sem causar a doença, são apresentados às células do sistema imune, tornando-as capazes de reconhecer o patógeno da infecção-alvo. Esse processo desencadeia a produção de anticorpos e a geração de células de memória, preparando o organismo para reagir de forma rápida e eficaz em um futuro contato com o mesmo agente infeccioso (COICO; SUNSHINE, 2010).

2.3 Três gerações de vacinas: marcos científicos na imunização humana

Atualmente existem diversas tecnologias utilizadas para desenvolver vacinas, cada produto vacinal pode ser considerado um imunizante de primeira, segunda ou terceira geração (DE LIMA et al., 2022)

2.3.1 As vacinas de 1º geração

Os imunizantes de primeira geração utilizam como antígeno formas atenuadas ou inativadas do microorganismo causador da infecção, produzindo tanto a imunidade celular quanto a humoral, pois esta forma de imunização é capaz de simular o desenvolvimento natural da doença (SILVA, 1997).

A inativação de um patógeno pode ocorrer por calor, radiação ou utilizando substâncias químicas como o fenol e o formaldeído (BALESTIERI, 2006). Em

contrapartida, a técnica de atenuação é um processo em que a patogenicidade é modulada de forma a conferir imunidade sem provocar a doença.

Entre os procedimentos viáveis para a atenuação de um patógeno, estão as passagens sucessivas em culturas de células distintas do seu hospedeiro original ou cultivo em plataforma de crescimento celular com temperatura inapropriada para a espécie do agente infeccioso. Os microrganismos também podem ter sua virulência reduzida por meio de alterações genéticas, possíveis com a utilização da tecnologia do DNA recombinante (BRAZ et al., 2014).

Vacinas produzidas com esta tecnologia são amplamente utilizadas como por exemplo os imunizantes para o sarampo, a caxumba e a rubéola, obtendo sucesso em conferir imunidade aos indivíduos.

2.3.2 As vacinas de 2º geração

As tecnologias de segunda geração empregam como antígeno apenas subunidades do microrganismo, possibilitando a utilização de toxinas purificadas, proteínas ou açúcares de superfície (GOLDSBY et al., 2004).

Com o desenvolvimento da tecnologia do DNA recombinante tornou-se possível a produção de peptídeos sintéticos purificados em larga escala, com esta técnica o gene de interesse é clonado e inserido em células cultivadas que podem ser de bactérias ou outros organismos, estas células irão sintetizar e produzir o peptídeo de interesse, esta proteína sintética será, por fim, utilizada como antígeno nas vacinas (DINIZ; FERREIRA, 2010).

Todavia, os antígenos gerados por este procedimento podem necessitar de adjuvantes para que seu efeito seja potencializado. Tais substâncias possuem a capacidade de prolongar e intensificar a resposta do sistema imunológico ao antígeno (QUINTILIO, 1999).

Os imunizantes de subunidades estimulam predominantemente a resposta imune humoral, as vacinas contra HPV e a hepatite B são exemplos de produtos bem sucedidos concebidos com estas tecnologias (DE LIMA; DE MORAIS; OLIVEIRA, 2022).

2.3.3 As Vacinas de 3ª geração

As vacinas de terceira geração também nomeadas de vacinas gênicas, utilizam sequências de nucleotídeos codificantes sejam de DNA ou RNA, com a finalidade de sintetização de proteínas pertencentes ao patógeno nos ribossomos do indivíduo imunizado (DE LIMA; DE MORAIS; OLIVEIRA, 2022).

Inicialmente estas vacinas estimulam o sistema imune inato com a chegada de neutrófilos e monócitos, estes promovem a inflamação no local da aplicação (SILVA; PONTES, 2024). As células musculares, dendríticas e macrófagos, por sua vez, irão capturar o material genético por endocitose e passarão a sintetizar com sua maquinaria celular o antígeno protéico codificado. Parte destas proteínas serão secretadas para o exterior da célula, onde poderão estimular linfócitos B que passarão a produzir anticorpos específicos contra este antígeno. Além disso, o antígeno secretado também poderá ser captado por novas células apresentadoras de antígeno (APC), fortalecendo a resposta imunológica (FOTIN-MIECZEK et al., 2011; EDWARDS et al., 2017).

Além do material genético é vital que se tenha bons mecanismos de entrega como os plasmídeos e os vetores virais. Para vacinas de RNA as nanopartículas lipídicas são extremamente funcionais, pois facilitam a endocitose e impedem a degradação do RNA pelas enzimas celulares (SILVA; PONTES, 2024).

Os estudos envolvendo a utilização de material genético começaram a se mostrar potencialmente viáveis na década de 90, quando se obteve sucesso em 1993 na produção de imunidade contra a influenza A em ratos. Durante este trabalho científico, foi inserido, nas cobaias, DNA plasmidial, capaz de codificar uma nucleoproteína de H1N1. Posteriormente estes animais foram inoculados com doses letais de H3N2, sendo que 90% das cobaias sobreviveram (HASAN et al., 1999).

Todavia, foi apenas em 2020 durante a pandemia de COVID 19 que as vacinas de terceira geração foram aprovadas para serem utilizadas em larga escala na população humana, após as vacinas da *pfizer biontech* e da moderna serem aprovadas, demonstrando 90% de eficácia nos ensaios clínicos de fase 3 (THOMAS; ABRAHAM, 2021).

As vacinas gênicas contribuíram significativamente para o controle da Pandemia de COVID 19 e seu uso, assim como o das outras vacinas segue sendo monitorado. Os efeitos adversos encontrados incluem dores de cabeça, fadiga e dor

no local da inoculação (ANAND; STAHEL, 2021). Efeitos colaterais mais danosos são raros, como a pericardite e miocardite, sendo a frequência extremamente baixa (variando de 1 e 10 para cada 100.000) (OSTER et al., 2022)

Além disso, casos graves e óbitos relacionados à doença são significativamente maiores, tornando evidente os benefícios da vacinação (OSTER et al., 2022). Também não houve nenhum incidente relacionado às mutações, visto que o material genético presente nestas vacinas não interagia com o genoma humano, portanto consideradas seguras neste aspecto (VERBEKE et al., 2021).

Os trabalhos científicos envolvendo as vacinas de 3^o geração continuam se mostrando promissores não apenas quando se trata de prevenção de doenças infecciosas, mas também em projetos envolvendo vacinas terapêuticas, principalmente no campo da oncologia, evidenciando a versatilidade e o potencial das vacinas gênicas como ferramentas estratégicas para o tratamento de doenças complexas (BRAZ et al., 2014).

2.4 O desenvolvimento de vacinas: da pesquisa à aplicação

O desenvolvimento de um novo imunizante implica em um alto investimento, tornando necessário o envolvimento de grandes agentes financeiros. No Brasil esta capitalização é realizada principalmente por investimentos governamentais, com pesquisas e produtos sendo desenvolvidos em universidades e laboratórios públicos como a Bio Manguinhos (<https://fiocruz.br/>) e o Instituto Butantan (<https://butantan.gov.br>). As vacinas produzidas são, então, voltadas para o crescimento e abastecimento do sistema de saúde público (VARGAS, 2009).

O processo para a concepção de uma vacina começa com a escolha de uma doença alvo, as motivações referentes a esta decisão são pautadas na relevância da enfermidade, levando em consideração a taxa de prevalência e mortalidade na população, o mercado vigente e o potencial de inovação (NISO, 2018).

Definida a doença será essencial a identificação do antígeno, este deve ser capaz de provocar uma boa resposta imunológica, além disso, deve ser seguro e possuir viabilidade para a produção em escala industrial, também se faz necessário a seleção de adjuvantes e métodos de entrega eficientes para este antígeno (NISO, 2018). Após a conclusão dessas definições começarão os ensaios clínicos e pré-clínicos, desenvolvidos em várias fases sequenciais, sendo estas as seguintes:

Fase pré clínica: Durante este período a vacina será testada em cultura de células e em animais com o intuito de averiguar a eficácia da imunogenicidade e também a segurança do imunizante. Os resultados devem ser aprovados pelos órgãos regulatórios para que o estudo possa seguir adiante com voluntários humanos (PLOTKIN, 2017).

Fase 1: Nesta fase se inicia os testes clínicos com um pequeno grupo de indivíduos saudáveis. Os voluntários participantes da pesquisa devem estar amplamente informados sobre o estudo e podem desistir da participação em qualquer etapa conforme eventual desejo (ARTAUD *et al.*, 2019). O objetivo desta etapa é avaliar a segurança da vacina, dosagem adequada e demais efeitos no organismo (PLOTKIN, 2017).

Fase 2: A fase 2 do estudo consiste em apurar a segurança, dose ideal e a imunogenicidade em uma população maior, contando geralmente com centenas de voluntários (ARTAUD *et al.*, 2019).

Fase 3: nos estudos de fase 3 são selecionados milhares de voluntários em uma ampla faixa etária e regiões geográficas diversas, a fim de estimar a eficácia e segurança da vacina, além de averiguar os efeitos adversos raros na população alvo para averiguar a viabilidade de comercialização e utilização deste imunizante (PLOTKIN, 2017). Durante a pandemia de Covid19, devido a situação emergencial, foi necessário viabilizar vacinas em tempo reduzido, para isto, os estudos das fases 2 e 3 foram realizados em paralelo, além disso, a adaptação de tecnologias desenvolvidas previamente e a parceria entre governos, indústria e academia foram essenciais para permitir o desenvolvimento e disponibilização de vacinas em tempo recorde (SHARPE *et al.*, 2020)(THANH LE *et al.*, 2020).

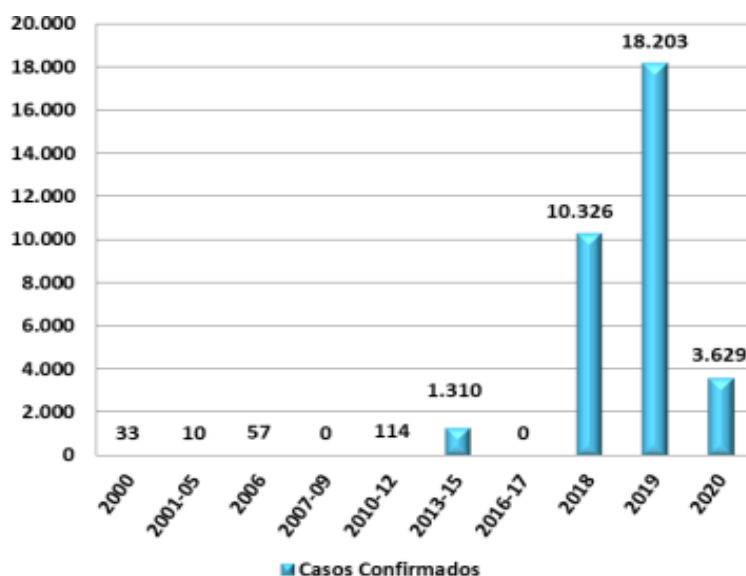
Fase 4: nesta fase o imunizante é aprovado pelos órgãos competentes e está disponível para comercialização e utilização pela população em geral, todavia seu uso segue sendo monitorado para garantir a segurança e detecção de efeitos adversos raros (NASCIMENTO *et al.*, 2020). No Brasil, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) é responsável pela regulamentação e aprovação das

vacinas que poderão ser utilizadas e comercializadas no país. Para aprovar um imunizante, a ANVISA realiza análises rigorosas dos estudos clínicos e dos dados fornecidos pelos fabricantes, verificando se a vacina atende a todos os requisitos de segurança. Além disso, a agência monitora a produção, distribuição e uso das vacinas, e realiza vigilância contínua após a comercialização, identificando possíveis problemas e tomando medidas quando necessário para proteger a saúde pública (ANVISA,2020).

2.5 A queda da cobertura vacinal e o retorno de doenças anteriormente erradicadas no Brasil

No Brasil o programa nacional de vacinação foi criado em 1973, tendo sucesso ao longo dos anos em controlar e erradicar inúmeras doenças no país chegando a alcançar coberturas vacinais superiores a 90% (MIZUTA AH et al, 2019; OLIVEIRA PMN et al. 2019; CUNHA JO et al, 2020). Contudo nos últimos anos a ação de movimentos anti-vacinas e divulgação de notícias errôneas nas mídias sociais levaram a uma redução significativa na cobertura vacinal no país e, conseqüentemente, ao reaparecimento de doenças erradicadas anteriormente (Barbosa et al, 2020) como podemos observar em relação ao sarampo no gráfico a seguir.

Figura 1: Casos Confirmados de sarampo no Brasil (2000 – 2020); evidenciando o crescente número de casos em 2019.



Fonte: Adaptado do Guia de Vigilância em Saúde do Ministério da Saúde (2019); Boletim Epidemiológico Sarampo, até março de 2020 por (Barbosa et al, 2020)

O sarampo era uma doença de notificação compulsória no Brasil, chegando a atingir 129.976 casos em 1986, nesse cenário o Brasil adotou em 1992 uma campanha de vacinação visando a eliminação do sarampo. A medida eventualmente obteve sucesso pois o país foi considerado mundialmente livre do sarampo em 2016 pela OMS, no entanto o certificado foi perdido devido a novos surtos nos anos seguintes (Barbosa et al, 2020).

Quanto à cobertura vacinal, pode-se notar que dos anos 2015 a 2019 houve diminuição da cobertura da maioria das vacinas oferecidas gratuitamente pelo Sistema Único de Saúde (SUS) (Neves J, 2019) como pode ser observado na tabela abaixo.

Tabela 1: Cobertura vacinal brasileira de 2015 a 2019

Imunobiológicos	2015	2016	2017	2018	2019
BCG	105,08	95,55	97,12	97,72	52,95
DTP	96,9	89,53	84,02	87,31	49,86
DTP REF (4 e 6 anos)		2,73	2,81	1,93	1
dTpa gestante	44,97	33,81	42,36	63,06	41,97
Dupla adulto e tríplice acelular gestante	45,57	31,53	34,56	47,02	30,73
Febre Amarela	46,31	44,59	46,46	58,4	39,91
Hepatite A	97,07	71,58	83,05	82,16	52,09
Hepatite B (menores de 30 dias)	90,93	81,75	85,2	86,73	48,33
Hepatite B	97,74	105,19	86,29	92,91	55,93
Meningococo C	98,19	91,68	87,04	87,5	53,66
Meningococo C (1º ref)	87,85	93,86	82,13	79,72	55,16
Penta	96,3	89,27	83,78	87,1	49,73
Pneumocócica	94,23	95	91,56	93,43	54,43
Pneumocócica(1º ref)	88,35	84,1	79,66	80,02	50,5
Poliomielite	98,29	84,43	84,27	88,17	51,54
Poliomielite(menores de 4 anos)			0,62	0,47	0,19
Poliomielite(1º ref)	84,52	74,36	78,06	71,9	45,89
Rotavírus Humano	95,35	88,98	84,65	89,76	52,47
Tetra	77,37	79,04	36,86	32,46	22,46
Tríplice Bacteriana	85,78	64,28	74,29	67,49	38,7
Tríplice Viral D1	96,07	95,41	90,85	91,89	57,19
Tríplice Viral D2	79,94	76,71	76,45	76,49	48,37

Fonte: Beltrão RPL, et al., 2020. Adaptado do Ministério da Saúde, 2019.

Observando-se a tabela 1 é notória a redução na cobertura das vacinas ofertadas pelo SUS, sendo que esta redução variou de 7% a 71%. Além disso, em 2019,

nenhuma das vacinas analisadas no estudo alcançou a cobertura vacinal considerada ideal pelo Ministério da Saúde, visto que esta é de no mínimo 90% para BCG, Rotavírus e HPV, enquanto para os demais imunizantes o desejado é 95% (Beltrão et al, 2020)

Entretanto, a partir do ano 2022 começou a haver uma melhora na cobertura vacinal da maioria dos imunizantes, principalmente no ano de 2023 como pode ser visto na tabela abaixo.

Tabela 2: Cobertura vacinal brasileira de 2015 a 2019

imunobiológicos	2020	2021	2022	2023	2024
BCG	77,14	74,97	90,06	81,79	93,6
DTP	77,99	71,59	77,25	85,69	89,78
DTP(1º REF)	77,21	67,45	69,53	78,17	85,76
Febre amarela	57,64	58,19	60,67	73,51	72,88
Hepatite A	75,9	67,54	79,99	82,91	85,15
Hepatite B(<30dias)	65,77	67,03	82,73	78,1	91,57
Hepatite B	77,86	71,53	77,24	85,61	89,41
Meningococo C	79,23	72,17	78,63	88,35	87,48
Meningococo C (1º ref)	76,55	68,7	75,34	86,69	90,91
Penta	77,86	71,53	77,24	85,58	89,77
Pneumocócica	82,04	74,84	81,51	88,5	92,05
Pneumocócica(1º ref)	72,14	66,14	71,54	83,28	92,23
Rotavírus Humano	77,94	71,8	76,5	85,85	88,56
Tríplice Viral D1	80,88	74,94	80,7	88,44	95,29
Tríplice Viral D2	62,27	53,2	57,64	78,37	79,82
Poliomielite	76,79	71,04	77,2	86,02	89,58
Poliomielite(1º ref)	69,3	60,5	67,71	86,02	87,21

Fonte: adaptado do Ministério da Saúde, 2025

Os dados revelam a evolução da cobertura vacinal de diversos imunobiológicos oferecidos pelo SUS entre os anos de 2020 e 2024. Nota-se uma queda expressiva na maioria das coberturas vacinais nos anos de 2020 e 2021, período fortemente impactado pela pandemia de COVID-19. Exemplos claros dessa redução podem ser observados nas vacinas DTP, que caiu de 77,99% em 2020 para 71,59% em 2021, e na Tríplice Viral D2, que passou de 62,27% para 53,2% no mesmo intervalo.

A partir de 2022, nota-se uma retomada gradual das coberturas vacinais, com melhorias mais consistentes nos anos de 2023 e 2024. A vacina BCG, por exemplo, apresentou crescimento contínuo, atingindo 93,63% em 2024. A Tríplice Viral D1, que já possuía uma boa cobertura em 2020 (80,84%), alcançou 95,29% em 2024, atingindo a meta preconizada. Outros imunizantes, como a pneumocócica e a hepatite

B, também apresentaram recuperação significativa, superando os índices dos anos anteriores à pandemia.

No entanto, a análise também aponta para desafios persistentes. Algumas vacinas ainda não alcançaram os níveis ideais de cobertura, como a Tríplice Viral D2, que embora tenha subido para 79,82% em 2024, ainda está aquém dos 95% recomendados. A vacina contra a febre amarela, que registrou 58,19% em 2021, chegou a 72,88% em 2024, mostrando melhora, mas ainda distante de uma cobertura satisfatória para a prevenção coletiva. Esses dados reforçam a importância de estratégias contínuas de sensibilização da população, formação de profissionais de saúde e combate à desinformação.

De forma geral, a tabela evidencia que, apesar dos efeitos negativos da pandemia sobre a cobertura vacinal, os esforços de recuperação têm surtido efeito positivo nos últimos anos. Ainda assim, é necessário fortalecer as políticas públicas de imunização com foco em equidade, acesso e confiança social, garantindo que todas as faixas etárias e regiões do país possam estar protegidas contra doenças imunopreveníveis.

3 JUSTIFICATIVA

Diante do cenário atual em que várias das vacinas oferecidas gratuitamente pelo SUS se encontram com a cobertura vacinal abaixo do desejado, este trabalho pretende contribuir com a conscientização e com o enfrentamento do negacionismo científico. Além disso, a educação sobre vacinas contribui para a construção de uma cultura científica, fundamental para que as futuras gerações entendam a importância da ciência no enfrentamento de crises sanitárias globais, como a pandemia de COVID-19. Ao proporcionar conhecimento acessível e confiável, o projeto visa fortalecer a confiança nas vacinas e promover uma conscientização ampla sobre os benefícios da imunização.

4 OBJETIVO GERAL

Estruturar materiais didáticos relativos aos processos vacinais para serem difundidos entre estudantes e público leigo com enfoque na promoção da alfabetização científica, utilizando uma abordagem didática acessível e cientificamente fundamentada, com o intuito de fomentar o pensamento crítico,

combater a desinformação e fortalecer a confiança na vacinação como estratégia de saúde pública.

4.1 Objetivos específicos.

- Desenvolver uma palestra voltada para alunos do fundamental visando promover a divulgação do conhecimento científico construído ao longo dos anos sobre vacinas, além de esclarecer parte dos mitos e verdades que existem em torno destes imunizantes
- Ministrar a palestra desenvolvida em uma escola estadual e/ou privada.
- Elaborar um caderno temático sobre vacinas, com base em fundamentos pedagógicos e científicos, utilizando linguagem acessível e recursos multimodais (textos informativos, ilustrações, atividades interativas e jogos pedagógicos) para promover a alfabetização científica de forma contextualizada e significativa.

5 METODOLOGIA

A metodologia deste trabalho descreve as etapas adotadas para o desenvolvimento da palestra educativa e do caderno temático voltados à promoção da alfabetização científica sobre vacinas. São apresentados os procedimentos utilizados na coleta e seleção das informações, os critérios de elaboração dos materiais didáticos e a organização das atividades realizadas junto aos estudantes. Esta seção detalha, portanto, o percurso metodológico que fundamentou a construção do produto educacional e a aplicação das ações propostas, garantindo transparência e rigor ao processo de pesquisa.

5.1 Desenvolvimento da palestra em colaboração com a escola Novos Tempos

Foi desenvolvida uma atividade pedagógica em colaboração com o Instituto Novos Tempos (Unidade Contagem), envolvendo as turmas de ciências ministradas pela professora de ciências Josiane Nunes Costa de Paula. Esta atividade teve como objetivo sensibilizar os alunos quanto à importância das vacinas, promover o esclarecimento científico, combater a desinformação sobre o tema e estimular o engajamento crítico dos estudantes.

A atividade consistiu em uma palestra informativa destinada a alunos do 6º ao 9º ano, abordando três principais tópicos:

- História e desenvolvimento das vacinas: discussão dos principais marcos na história da vacinação, demonstrando como o conhecimento científico é construído ao longo do tempo, com ênfase nos processos não lineares e nos anos de esforço necessários para alcançar avanços científicos.
- Mecanismo de ação das vacinas e sua relevância: abordagem do funcionamento do sistema imunológico em resposta às vacinas e o impacto positivo que a vacinação teve e tem na sociedade, salvando vidas e prevenindo doenças em larga escala.
- *Fake News* e o movimento anti-Vacina: apresentação das consequências da disseminação de desinformações sobre vacinas, incluindo o impacto dessas informações na redução da cobertura vacinal e no ressurgimento de doenças previamente erradicadas.

Para garantir o engajamento e a compreensão dos alunos, a palestra foi estruturada de maneira didática, com o uso de linguagem simples e objetiva e o auxílio de vídeos, imagens e gráficos que tornaram o conteúdo acessível e de fácil assimilação. A construção da palestra foi baseada em artigos científicos obtidos de bases como Google Acadêmico, SciELO e PubMed, além de dados estatísticos do DataSUS. Os artigos selecionados foram criteriosamente escolhidos com base na sua relevância temática para os tópicos abordados.

Além disso, ao final foi introduzida uma caixa de perguntas, por meio da qual os estudantes poderão ter suas dúvidas restantes respondidas pelos pesquisadores da área da saúde e da imunologia.

5.2 Construção do caderno temático

O caderno temático (Apêndice A) caracteriza-se como um material pedagógico que possibilita trabalhar temas diversos, utilizando uma abordagem clara e polimodal, buscando estimular o leitor por meio de desafios, elementos lúdicos e recursos multimídia. Além de contribuir para a aprendizagem dos estudantes, também é exequível como material de apoio para professores da educação básica.

5.2.1 Coleta de dados para estruturação do caderno temático

A coleta de dados foi realizada por meio da busca e seleção de informações em diversas fontes, conforme detalhado a seguir:

- Bases de dados científicas: Foram consultadas bases de dados como PubMed, Scielo e Google Scholar para identificar artigos científicos e revisões sobre os temas abordados.
- Sites de organizações de saúde: Informações foram extraídas dos sites oficiais da OMS e da ANVISA, que são referências globais e nacionais em saúde pública e regulamentação de vacinas.
- Livros e materiais didáticos: Livros-texto de imunologia e materiais didáticos sobre vacinação foram utilizados para aprofundar o conhecimento e garantir a precisão das informações.
- Artigos de divulgação científica: Artigos de divulgação científica de veículos confiáveis foram empregados para auxiliar na adaptação da linguagem técnica para um público não especializado.
- 5.2.2 Análise, síntese e seleção do conteúdo para o caderno temático

Após a coleta, o conteúdo foi submetido a um processo de análise crítica, síntese e seleção, com os seguintes critérios:

- relevância: priorização de informações essenciais para a compreensão do tema das vacinas.
- Precisão científica: verificação da acurácia das informações com base em evidências científicas atualizadas.
- Clareza e simplicidade: adaptação da linguagem para torná-la acessível a um público amplo, evitando jargões técnicos excessivos. Para isso, alguns textos foram reescritos pela autora com base na literatura consultada, visando concentrar e simplificar os dados, mantendo a fidelidade às informações científicas originais.
- Atualidade: busca por dados e informações mais recentes sobre o desenvolvimento e a segurança das vacinas.

- Combate à desinformação: Inclusão de seções específicas para desmistificar mitos e notícias falsas sobre vacinas, com base em evidências científicas.

5.2.3 Referenciais pedagógicos

A concepção e o desenvolvimento deste caderno temático foram guiados por referenciais pedagógicos que visam promover a aprendizagem ativa, significativa e engajadora. As principais abordagens pedagógicas incorporadas incluem:

- Aprendizagem baseada em problemas (ABP) e Investigação: o caderno estimula o leitor a assumir um papel ativo na construção do conhecimento, especialmente nas seções de "Atividades" e "Hora da investigação". Ao apresentar cenários e desafios, o material convida o leitor a pesquisar, analisar informações e formular soluções, desenvolvendo o pensamento crítico e a capacidade de resolução de problemas.
- Divulgação científica e alfabetização científica: o objetivo central do caderno é tornar o conhecimento científico sobre vacinas acessível e compreensível para o público geral. A linguagem clara, a simplificação de conceitos complexos e a utilização de analogias são estratégias para promover a alfabetização científica, capacitando o leitor a entender e avaliar informações científicas no seu dia a dia.
- Interatividade e engajamento: o material busca ir além da mera transmissão de informações, incorporando elementos interativos para manter o leitor engajado.

A inclusão de:

- Cruzadinha: para testar o conhecimento de forma lúdica.
- Sugestões de vídeos e animes (ex: *Cells at Work*): Para complementar o aprendizado de forma visual e divertida.
- Propostas de "compartilhando informação": Incentivando o leitor a se tornar um agente de disseminação de informações corretas, utilizando diferentes mídias. Esses recursos visam atender a diferentes estilos de aprendizagem e tornar o processo mais dinâmico e prazeroso.
- Contextualização e relevância social: O caderno conecta o tema das vacinas a questões sociais e de saúde pública relevantes, como o

impacto da varíola na história, o ressurgimento de doenças erradicadas e o combate às *fake news*. Essa contextualização ajuda o leitor a compreender a importância das vacinas não apenas em nível individual, mas também coletivo.

- Abordagem lúdica e acessível: A linguagem utilizada é convidativa e busca desmistificar a complexidade da ciência.

5.2.4 Estrutura e organização do caderno temático

O caderno temático foi estruturado em capítulos e subcapítulos, seguindo uma lógica progressiva para facilitar o aprendizado:

- História da varíola e da primeira vacina: Abordagem histórica da varíola e do desenvolvimento da primeira vacina por Edward Jenner, incluindo o contexto da variolização.
- Glossário básico de imunologia: Definição de termos-chave para a compreensão do funcionamento do sistema imune e das vacinas.
- Vacinas e o sistema imune: explicação detalhada de como as vacinas atuam no organismo para gerar imunidade.
- Os Ingredientes das vacinas: Descrição dos componentes das vacinas e dos diferentes tipos de vacinas existentes.
- Descobrimos novas vacinas: Apresentação do processo de pesquisa e desenvolvimento de novas vacinas, com destaque para o papel da ANVISA.
- Mitos e verdades: Seção dedicada a desmistificar informações falsas e abordar preocupações comuns sobre a vacinação.
- O Retorno das doenças erradicadas: Discussão sobre o impacto da queda da cobertura vacinal e o ressurgimento de doenças.
- Atividades e complementos: inclusão de atividades práticas (como cruzadinhas e cenários de investigação) e sugestões de materiais complementares (vídeos, animações) para engajar o leitor e reforçar o aprendizado.
- Referências: listagem completa das fontes consultadas para garantir a rastreabilidade e a credibilidade das informações.

5.2.5 Ferramentas e recursos Utilizados

Para a elaboração do caderno, foi utilizado o Canva como ferramenta de edição de texto e design para garantir uma apresentação visual clara e atraente. A inclusão de imagens, gráficos e links para recursos externos (vídeos, sites) teve como objetivo enriquecer a experiência do leitor e proporcionar diferentes formas de interação com o conteúdo.

5.3 Considerações Éticas

A elaboração do caderno temático e da palestra interativa pautou-se em princípios éticos de responsabilidade científica e social. Todas as informações apresentadas são baseadas em evidências científicas e visam promover a saúde pública, combatendo a desinformação e incentivando a vacinação. As fontes foram devidamente citadas e o conteúdo foi revisado para garantir a precisão e a imparcialidade.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Vacinas: da descoberta até os dias de hoje

O projeto sobre a história da vacina (Vacinas: da descoberta até os dias de hoje) foi desenvolvido no Instituto Educacional Novos Tempos, em Contagem, com a participação dos estudantes dos 6º, 7º e 8º anos do Ensino Fundamental II. A atividade integrou colaboração das professoras de Ciências da Instituição mencionada Cíntia Karime e Josiane Nunes.

Durante o projeto, foi apresentada uma linha do tempo da vacinação, desde as primeiras práticas de variolização até as vacinas mais recentes, com destaque para a vacina contra a Covid-19, que revolucionou o cenário mundial da saúde. Além disso, discutiu-se a importância do processo de produção de vacinas, detalhando as etapas científicas e tecnológicas envolvidas.

Os estudantes também tiveram entendimento sobre os diferentes tipos de vacinas, incluindo vacinas de DNA, proteína quimérica, vírus inativado, vírus

atenuado, entre outras. Essa diversidade permitiu compreender como a ciência desenvolve estratégias distintas para a prevenção de doenças.

O momento central do projeto foi o “Aulão sobre vacinas”, no qual os estudantes puderam formular perguntas a serem respondidas por cientistas convidados. Essa interação permitiu que dúvidas e curiosidades fossem esclarecidas de forma acessível, promovendo não apenas aprendizado, mas também alfabetização científica.

A seguir, são apresentadas imagens registradas durante o Aulão e da participação dos estudantes nos momentos de interação. As fotos ilustram o engajamento da turma, o ambiente de aprendizagem e a condução da atividade pela equipe responsável. As imagens encontram-se disponíveis no *instagram* oficial do Instituto Educacional Novos Tempos.

A iniciativa foi bem aceita pelo Instituto e, pela avaliação crítica de seus idealizadores, atingiu as metas previstas, despertando nos estudantes maior interesse pela ciência, pela saúde pública e pela relevância das vacinas.

Agradecimento especial: O Instituto Educacional Novos Tempos - Contagem foi peça-chave para que essa iniciativa se concretizasse. A escola não apenas abriu suas portas para o desenvolvimento do projeto, mas também incentivou o protagonismo dos estudantes, criando um espaço fértil para a integração entre ciência, educação e cidadania. Reconhecemos com gratidão a confiança, o apoio e o compromisso do Instituto em promover experiências transformadoras que aproximam o conhecimento científico da comunidade escolar.

6.2 O caderno temático

O caderno temático "Vacinas: onde surgiram? Como funcionam? Qual é a sua composição? São seguras?" Foi concebido como um produto educacional vinculado ao trabalho de conclusão de curso e também à disciplina de ensino de ciência, voltado para os anos finais do Ensino Fundamental e o Ensino Médio. Fundamentado com o intuito de promover a alfabetização científica, o pensamento crítico e a compreensão dos processos biológicos, históricos e sociais que envolvem as vacinas. Alinhado à Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e a literatura pedagógica contemporânea, o material busca integrar conteúdo científico com atividades pedagógicas interativas e interdisciplinares.

No primeiro capítulo, é apresentado a trajetória histórica da varíola, desde seus registros iniciais até a sua erradicação oficial pela Organização Mundial da Saúde. Nesse percurso, são discutidas a prática da variolização e a invenção da vacina por Edward Jenner, ressaltando a ciência como uma construção histórica e social (ALMEIDA DE OLIVEIRA; BISPO DA SILVA, 2011). O capítulo também resgata personagens frequentemente apagados, como Lady Mary Wortley Montagu, cuja atuação foi fundamental para a difusão das práticas de imunização.

Por meio da apresentação da história do surgimento e evolução das técnicas de imunização é possível discutir com os discentes a respeito de como o contexto social molda o trabalho dos cientista e a construção do conhecimento científico, além de impactar negativamente ou positivamente na aceitação de determinadas teorias, assim como os momentos históricos estimulam a busca por novas tecnologias.

Ademais, é destacado por meio de dados históricos o papel vital das vacinas no controle controle de doenças e preservação de vidas humanas, dialogando diretamente com a habilidade da BNCC EF07CI10 , que estabelece que os estudantes do sétimo ano devem ser capazes de argumentar sobre a importância da vacinação para a saúde pública, mostrando como ela ativa o sistema imunológico para prevenir doenças e como, historicamente, contribuiu para proteger indivíduos, fortalecer a imunidade coletiva e erradicar enfermidades.

O segundo capítulo apresentou um glossário básico de imunologia, com definições objetivas de conceitos-chave, como antígeno, anticorpo, linfócitos, mRNA e imunidade. Tal proposta visa promover uma compreensão preliminar de termos e conceitos científicos, compreendendo um dos eixos da alfabetização científica, reconhecido como essencial para a interpretação de textos informativos e acadêmicos (SASSERON, 2015). A atividade de palavra cruzada presente neste módulo possibilita que os estudantes testem seus conhecimentos de maneira lúdica, ao mesmo tempo que recebem o feedback imediato de seu desempenho, além de também contribuir com o ensino de ortografia, pois para concluir o jogo, é necessário que as palavras estejam escritas com a grafia correta (IILHO; IIORUCCI; BENEKEPII, 2009).

Além disso, neste segundo capítulo também foi apresentado um texto explicativo curto, em linguagem coloquial, abordando como as vacinas interagem com

o sistema imune, assim como links para vídeos que demonstram essa interação de maneira lúdica e cientificamente embasada.

Os vídeos podem ser uma excelente ferramenta de apoio no ensino de Química e Biologia, pois alguns fenômenos não são observáveis a olho nu, exigindo maior capacidade de abstração por parte dos discentes. Por isso, as exposições visuais podem contribuir para contornar esse obstáculo (RICARDO; ROSA, 2000).

Ademais, é sugerida a animação japonesa *Hataraku Saibō* (conhecida em inglês como *Cells at Work!*). Tal obra ilustra o funcionamento do sistema imune de forma lúdica e cientificamente fundamentada, fazendo uso de personagens que representam as células imunológicas. Dessa forma, esse recurso audiovisual possui potencial pedagógico para promover o aprendizado de maneira cativante e descontraída, bem como estimular a análise crítica por meio de discussões a respeito dos episódios (DE OLIVEIRA TORRES et al., 2021).

O capítulo "os ingredientes da vacina" aprofunda-se nos componentes químicos dos imunizantes e nos diferentes tipos de vacinas — inativadas, atenuadas, de subunidades e de mRNA, destacando tanto sua base molecular quanto a segurança de seus componentes. Esse conteúdo dialoga com a biotecnologia aplicada à saúde e fornece subsídios para que analisem criticamente os imunizantes e compreendam o embasamento científico por trás de sua eficácia.

No quarto capítulo, é explorado o processo de desenvolvimento e regulamentação das vacinas, com ênfase no papel da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) e nos testes clínicos realizados em território nacional. Essa abordagem reforça a compreensão da ciência como um processo sistemático, submetido a um comitê de ética e sujeito a avaliações constantes, desmistificando a ideia de que os imunizantes são produzidos de forma improvisada ou sem rigor metodológico. Desta forma este módulo integra outro eixo da alfabetização científica ao abordar a natureza do fazer científico e fatores que norteiam a sua prática (SASSERON, 2015).

Já a seção dedicada às *fake news* aborda os riscos da desinformação em saúde pública. A proposta incluiu estudos de caso com personagens fictícios que representam situações cotidianas, estimulando os estudantes a avaliar criticamente informações divulgadas pela mídia e a usar as tecnologias digitais de maneira consciente. Ao mediar a construção de um julgamento fundamentado e estímulo à

pesquisa, essa etapa contribui diretamente para a formação de cidadãos críticos e capazes de combater a circulação de conteúdos infundados.

O último capítulo se encerra com uma discussão sobre o retorno de doenças outrora erradicadas ou controladas, como o sarampo, em decorrência da queda da cobertura vacinal e da hesitação em vacinar. A análise de dados e gráficos sobre esse fenômeno permite compreender a importância da imunização coletiva e reforça a relação entre comportamentos individuais e impactos na saúde pública, além disso o fechamento do caderno propõe que os alunos pesquisem e construam o seu próprio material de divulgação científica integrando ciência e cidadania.

A estrutura do caderno, portanto, configura-se como um percurso formativo coerente e interdisciplinar, articulando conhecimentos históricos, biológicos, sociais e culturais de maneira integrada e próxima da realidade dos estudantes. Além de desenvolver competências e habilidades previstas na BNCC, o material incentiva metodologias participativas e o debate favorecendo o protagonismo discente e a construção coletiva do conhecimento. Em diálogo com os quatro pilares da educação propostos pela UNESCO — aprender a conhecer, a fazer, a conviver e a ser —, este produto educacional contribui para a formação integral dos estudantes e reforça o papel social da ciência em um momento histórico em que a informação confiável se tornou essencial.

Além disso, apresentar os conteúdos de forma contextualizada e progressiva, o material aproxima-se dos princípios da aprendizagem significativa. Esta ocorre, segundo Ausubel, quando novos conteúdos se relacionam de forma lógica e não arbitrária aos conhecimentos prévios do aluno, produzindo compreensão real e não mera memorização.

Reconhecendo que o estudante aprende melhor quando consegue relacionar o novo ao que já sabe. Para isso, o uso de organizadores prévios, como a história introdutória e outros elementos que preparam cada capítulo, oferece uma visão geral acessível e envolvente do tema antes da exploração conceitual mais aprofundada. Essa abordagem não apenas facilita a compreensão, mas também cria um ambiente de aprendizagem mais acolhedor, no qual os alunos conseguem atribuir sentido às informações, estabelecer conexões duradouras e compreender, de maneira crítica e sensível, a importância das vacinas para a saúde individual e coletiva.

7 CONCLUSÃO

A crescente influência de movimentos negacionistas e a circulação massiva de informações falsas sobre imunização representam desafios significativos para a saúde pública brasileira. A diminuição da cobertura vacinal registrada nos últimos anos evidencia que o enfrentamento desses problemas exige estratégias educativas consistentes, capazes de aproximar a ciência da comunidade escolar e fomentar a compreensão crítica sobre o papel das vacinas na prevenção de doenças. Este trabalho demonstrou que ações pedagógicas planejadas podem contribuir para a alfabetização científica, estimulando os estudantes a interpretar dados, compreender processos imunológicos e reconhecer a importância social da vacinação.

O caderno temático produzido apresentou-se como um recurso didático versátil, articulando elementos históricos, biológicos, sociais e tecnológicos, e incorporando atividades interativas que favoreceram a aprendizagem significativa. Além disso, a intervenção com os estudantes permitiu observar o interesse em dialogar com cientistas e o potencial formativo de iniciativas que valorizam a participação ativa do aluno e o uso de materiais multimodais. Assim, conclui-se que a integração entre universidade e escola amplia o alcance da educação científica e fortalece a circulação de informações confiáveis.

8 PERSPECTIVAS

Como continuidade do projeto, as ações desenvolvidas no Instituto Educacional Novos Tempos terão prosseguimento. Os estudantes terão novas oportunidades para dialogar com cientistas convidados, esclarecendo dúvidas remanescentes sobre vacinação, produção de imunizantes e saúde pública. As perguntas levantadas pelos alunos, bem como as respostas fornecidas pelos pesquisadores, serão organizadas e compiladas em um livro de divulgação científica.

Esse material a ser produzido com base nesta vivência escolar, será disponibilizado para a comunidade escolar, ampliando o alcance da iniciativa e contribuindo para a disseminação de informações confiáveis sobre vacinas. Assim, reforça-se o compromisso com uma ciência acessível, socialmente engajada e voltada para a promoção da saúde coletiva, fortalecendo a ponte entre escola, universidade e sociedade.

REFERÊNCIAS

- AGRA, G. et al. Analysis of the concept of Meaningful Learning in light of Ausubel's Theory. *Revista Brasileira de Enfermagem*, v. 72, n. 1, p. 248-255, 2019.
- ALMEIDA DE OLIVEIRA, R.; BISPO DA SILVA, A. History of science in science teaching: different views and their influence on science understanding. [S.l.: s.n.], [s.d.].
- ANAND, P.; STAHEL, V. P. The safety of Covid-19 mRNA vaccines: a review. *Patient Safety in Surgery*, v. 15, n. 1, 2021.
- BALESTIERI, F. *Imunologia*. Barueri, SP: Manole, 2006.
- BARBOSA, L. F. et al. Recusa vacinal e o impacto no ressurgimento de doenças erradicadas. *Brazilian Journal of Surgery and Clinical Research*, 2020.
- BEHBEHANI, A. M. The smallpox story: life and death of an old disease. *Microbiological Reviews*, v. 47, n. 4, p. 455-509, 1983.
- BELTRÃO, R. P. L. et al. Perigo do movimento antivacina: análise epidemiológica do movimento antivacinação no Brasil. *Revista Eletrônica Acervo Saúde*, v. 12, n. 6, p. e3088, 2020.
- BOTTAZZI, B. et al. An integrated view of humoral innate immunity: Pentraxins as a paradigm. *Annual Review of Immunology*, v. 28, p. 157-183, 2010.
- BRAZ, L. C. C. et al. Contribuições da biotecnologia no desenvolvimento e produção de vacinas. *Revista Saúde e Ciência*, v. 3, n. 3, p. 189-206, 2014.
- BREMAN, J. G.; HENDERSON, D. A. Diagnosis and management of smallpox. *New England Journal of Medicine*, v. 346, n. 17, p. 1300-1308, 2002.
- CHI, H.; PEPPER, M.; THOMAS, P. G. Principles and therapeutic applications of adaptive immunity. *Cell*, v. 187, p. 2052-2078, 2024.
- COICO, R.; SUNSHINE, G. *Imunologia*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2010.
- CUI, W.; KAECH, S. M. Generation of effector CD8⁺ T cells and their conversion to memory T cells. *Immunological Reviews*, v. 236, p. 151-166, 2010.
- CURTISS III, R. The impact of vaccines and vaccinations: challenges and opportunities for modelers. *Mathematical Biosciences and Engineering*, v. 8, n. 1, p. 77-93, 2011.
- DA CONCEIÇÃO RAMOS, A. C. L. et al. Cobertura vacinal e o movimento antivacina: o impacto na saúde pública no Brasil. *Revista Baiana de Saúde Pública*, v. 47, n. 1, p. 210-226, 2023.
- DE LIMA, J. F.; DE MORAIS, S. R.; OLIVEIRA, T. L. S. Tecnologias de produção e controle de qualidade de vacinas: uma revisão. *RECIMA21*, v. 3, n. 1, p. e311097, 2022.
- DE OLIVEIRA SOARES, M. J. Mary Montagu e a inoculação da varíola na Inglaterra no século XVIII. *Khronos*, n. 5, p. 12, 2018.

DE OLIVEIRA TORRES, C. I. et al. Uso do anime Hataraku Saibou (Cells at Work!) numa proposta metodológica para o ensino de biologia. *Revista Eletrônica Ludus Scientiae*, v. 5, 2021.

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

FENNER, F. et al. Early efforts at control: variolation, vaccination, and isolation and quarantine. In: FENNER, F. et al. *Smallpox and its eradication*. Geneva: World Health Organization, 1988.

FILHO, E. B.; FIORUCCI, A. R.; BENEDETTI, S. Palavras Cruzadas como Recurso Didático no Ensino de Teoria Atômica. v. 31, n. 2, 1 maio 2009.

FOTIN-MIECZEK, M. et al. Messenger RNA-based vaccines with dual activity induce balanced TLR-7 dependent adaptive immune responses and provide antitumor activity. *Journal of Immunotherapy*, v. 34, n. 1, p. 1-15, 2011.

GEDDES, A. M. The history of smallpox. *Clinics in Dermatology*, v. 24, n. 3, p. 152-157, 2006.

GOLDSBY, R. A.; KINDT, T. J.; OSBORNE, B. A. Kuby J. *Vacines*. In: *Imunologia*. 5. ed. McGraw Hill, 2004. p. 437-454.

GUGEL, S. et al. Percepções acerca da importância da vacinação e da recusa vacinal: uma revisão bibliográfica. *Brazilian Journal of Development*, v. 7, n. 3, p. 22710-22722, 2

HASAN, U. et al. Nucleic acid immunization: concepts and techniques associated with third generation vaccines. *Journal of Immunological Methods*, v. 229, p. 1-22, 1999.

HENDERSON, D.; FENNER, F. *Smallpox and vaccinia*. In: PLOTKIN, S.; MORTIMER, E. (ed.). *Vaccines*. Philadelphia: W. B. Saunders, 1994.

HENDERSON, D. A. The eradication of smallpox - an overview of the past, present, and future. *Vaccine*, v. 29, p. D7-D9, 2011.

HOMMA, A. et al. Atualização em vacinas, imunizações e inovação tecnológica. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 16, n. 2, p. 445-458, 2011.

LUCKHEERAM, R. V. et al. CD4+ T cells: differentiation and functions. *Clinical and Developmental Immunology*, 2012

RIMER, J.; COHEN, I.; FRIEDMAN, N. Do all creatures possess an acquired immune system of some sort? *BioEssays*, v. 36, n. 3, p. 273-281, 2014.

OSTER, M. E. et al. Myocarditis cases reported after mRNA-based COVID-19 vaccination in the US from December 2020 to August 2021. *JAMA*, v. 327, n. 4, p. 331, 2022.

PLOTKIN, S. A short history of vaccination. In: PLOTKIN, S.; MORTIMER, E. (ed.). *Vaccines*. Philadelphia: W. B. Saunders, 1994.

QUINTILIO, W. Proteína de 18 kDa de *Mycobacterium leprae*: um modelo de carregadora para vacinas de segunda geração. 1999. *Dissertação (Mestrado) — USP, São Paulo*, 1999.

RICARDO, P.; ROSA, S. O uso dos recursos audiovisuais e o ensino de ciências. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v. 17, p. 33-49, 2000.

SASSERON, L. H. Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação. Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências, Belo Horizonte.

SILVA, C. O impacto sobre o controle das doenças infecciosas. Biotecnologia, Ciência & Desenvolvimento, v. 3, 1997.

SILVA, E. C.; PONTES, D. S. Vacinas de RNA mensageiro: da revolução tecnológica à eficácia no controle da pandemia de COVID-19. Editora Licuri, p. 1-13, 2024.

THOMAS, S.; ABRAHAM, A. mRNA vaccines to protect against diseases. In: Vaccine Design. p. 111-129, 2021.

TOLEDO JR., A. C. C. História da varíola. Revista Médica de Minas Gerais, v. 15, n. 1, p. 58-65, 2005.

VERBEKE, R. et al. The dawn of mRNA vaccines: the COVID-19 case. Journal of Controlled Release, v. 333, p. 511-520, 2021.

VARGAS, P.V. , P. BINOTTO, C. C. S.; OGATA, M. N. Vacina, negacionismo e desinformação. Revista Contemporânea, v. 4, n. 3, p. e3019, 2024.

WATTS, S. Epidemics and history. New Haven: Yale University Press, 1997.

WICHERSKA-PAWŁOWSKA, K.; WRÓBEL, T.; RYBKA, J. Toll-like receptors (TLRs), NOD-like receptors (NLRs) and RIG-I-like receptors (RLRs) in innate immunity. International Journal of Molecular Sciences, v. 22, n. 24, p. 13397, 2021.

APÊNDICES

APÊNDICE A - Caderno temático