Jackson Ronie Sá-Silva
Lyzette Gonçalves Moraes de Moura
Nilvanete Gomes de Lima
(Organizador e Organizadoras)

CONCEITOS BIOLÓGICOS TRANSVERSALIZADOS COM O CAMPO DA EDUCAÇÃO:

VÍRUS, SISTEMA IMUNOLÓGICO E VACINA

Eduema

Jackson Ronie Sá-Silva
(organizador)

Professor Associado no Departamento de Biologia da Universidade Estadual do Maranhão (DBIO-UEMA). Professor no Doutorado em Ensino na Rede Nordeste de Ensino (RENOEN-UEMA). Professor no Programa de Pós-Graduação em Educação da Universidade Estadual do Maranhão (PPGE-UEMA). Professor no Programa de Pós-Graduação em Educação Inclusiva (PROFEI-UEMA). Doutor em Educação (UNISINOS). Pós-Doutor em Educação (UFRGS). Mestre em Saúde e Ambiente (UFMA). Licenciado em Biologia e Química (UEMA). Bacharel em Farmácia e Bioquímica (UFMA). Líder do Grupo de Pesquisa Ensino de Ciências, Saúde e Sexualidade (GP-ENCEX/UEMA/CNPq).

Lattes: http://lattes.cnpq.br/1439787124956370

ORCID: https://orcid.org/0000-0001-9607-3674

Lyzette Gonçalves Moraes de Moura
(organizadora)

Graduada em Química Industrial (2005) e Licenciatura em Química (2010) pela Universidade Federal do Maranhão (UFMA). Mestra em Química (Analítica) pela Universidade Federal do Maranhão (2007) e Doutora em Ciências (Química/Físico-Química) pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) (2015). Na Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), teve experiência como Professora Substituta, atuando também como docente no Programa de Formação de Professores Ensinar e como tutora e orientadora no Curso de Especialização em Ensino de Ciências "CIÊNCIA É 10!", no âmbito da Universidade Aberta do Brasil (UAB). Na Universidade Federal do Maranhão (UFMA), participou como Pesquisadora Visitante do Programa de Formação de Recursos Humanos ANP/UFMA PRH 54.1, atuando como docente externa no PPGEE/UFMA, de 2020 a 2025.

Lattes: https://lattes.cnpq.br/4769808940538928

ORCID: https://orcid.org/0000-0001-6366-8110

Nilvanete Gomes de Lima
(organizadora)

Professora de Sociologia da Carreira de Magistério do Ensino Básico, Técnico e Tecnológico (EBTT) do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão (IFMA) (2015-dias atuais). Doutora em Ciências Sociais pelo Programa Pós-Graduação em Ciências Sociais (PPGCSoc) da Universidade Federal do Maranhão (UFMA) (2018). Mestra em Sociologia Política pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) (2001). Bacharel em Ciências Sociais pela UFSCar (1997). Especialista em Docência para a Educação Profissional e Tecnológica na modalidade EAD (IFMA) (2024). Doutoranda em Ensino pelo RENOEN/UEMA (2025). Membra do Grupo de Pesquisa Ensino de Ciências, Saúde e Sexualidade da Universidade Estadual do Maranhão (GP-ENCEX/UEMA).

Lattes: http://lattes.cnpq.br/5377560399933081

ORCID: https://orcid.org/0000-0002-1121-3875

Em ***Conceitos biológicos transversalizados com o campo da Educação: vírus, sistema imunológico e vacina*** são apresentados textos produzidos por licenciandas e licenciandos em Ciências Biológicas, de forma clara, objetiva e fundamentada. Discute os conceitos de vírus, sistema imunológico e vacina, para além da dimensão dos processos imunológicos, passando por aspectos sociais, culturais, políticos e educacionais. Fazendo um passeio, da antiguidade aos dias atuais, nomeia a covid-19 como uma "peste *cyborg*", através da qual as *fake news* disseminam falsas informações. Nesse sentido, parte em busca de uma educação científica crítica e reflexiva, aliada a uma pedagogia do viver-morrer, trazida pelos patógenos, que precisamos apreender, ancorada pelos Estudos Culturais em Educação, em sua vertente pós-crítica/pós-estruturalista. Os papéis sociais dessa educação crítica, do ensino de Ciências e de Biologia problematizador e da educação em saúde cidadã, são guardiães da ética, do bom senso e da qualidade de vida das pessoas, corporificada no cuidado de si e do outro. Assim, ao comentar sobre vida, saúde, doença e morte, esta obra parte do discurso responsável e ético, visibilizando a proteção social, o acolhimento e o bem-estar. ***Conceitos biológicos transversalizados com o campo da Educação: vírus, sistema imunológico e vacina*** chega para atuar no campo do ensino de Ciências e de Biologia, ele mesmo, como um instrumento didático-pedagógico contra a desinformação, a manipulação de conceitos biológicos e seu uso indevido, a favor de uma educação científica, laica e promotora de cidadania. Boa leitura!

GOVERNO DO MARANHÃO
TRABALHANDO PARA TODOS

Uema
UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO

Eduema

GP-ENCEX
Grupo de Pesquisa
Ensino de Ciências, Saúde e Sexualidade

ISBN 978-85-8227-656-3

© copyright 2025 by UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
Qualquer parte desta publicação pode ser reproduzida, desde que citada a fonte.
Todos os direitos desta edição reservados à EDITORA UEMA.

Conceitos biológicos transversalizados com o campo da Educação: vírus, sistema imunológico e vacina

EDITOR RESPONSÁVEL
Jeanne Ferreira Sousa da Silva

CONSELHO EDITORIAL
Alan Kardec Gomes Pachêco Filho • Ana Lucia Abreu Silva
Ana Lúcia Cunha Duarte • Cynthia Carvalho Martins
Eduardo Aurélio Barros Aguiar • Emanoel Cesar Pires de Assis
Fabíola Hesketh de Oliveira • Helciane de Fátima Abreu Araújo
Helidacy Maria Muniz Corrêa • Jackson Ronie Sá da Silva
José Roberto Pereira de Sousa • José Sampaio de Mattos Jr
Luiz Carlos Araújo dos Santos • Marcos Aurélio Saquet
Maria Medianeira de Souza • Maria Claudene Barros
Rosa Elizabeth Acevedo Marin • Wilma Peres Costa

Diagramação: Paul Philippe
Capa: Yuri Jorge Almeida da Silva
Revisão: Lyzette Gonçalves Moraes de Moura, Nilvanete Gomes de Lima e Jackson Ronie Sá-Silva

Conceitos Biológicos [recurso eletrônico]./ organizadores Jackson Ronie Sá-Silva; Lyzette Gonçalves Moraes de Moura; Nilvanete Gomes de Lima. – São Luís - MA: EDUEMA, 2025.

86p.:il. color.

ISBN: 978-85-8227-656-3

1.Ensino. 2. Biologia. 3.Vírus. I. Silva, Jackson Ronie Sá [et.al] organizadores. II.Título.

CDU: 573.6:578.89

Elaborado por Luciana de Araújo - CRB 13/445

EDITORA UEMA
Cidade Universitária Paulo VI - CP 09 Tiririca - CEP - 65055-970 São Luís – MA
www.editorauema.uema.br – editora@uema.br

Agradecimentos

À Pró-Reitoria de Graduação, ao Departamento de Biologia e ao Curso de Ciências Biológicas da Universidade Estadual do Maranhão por representarem espaços públicos, laicos e cidadãos na promoção do fortalecimento das licenciaturas. As entidades públicas mencionadas se constituem em espaços democráticos de produção de conhecimento e primam pela ética e pela cidadania científicas no estado do Maranhão.

Ao *Grupo de Pesquisa Ensino de Ciências, Saúde e Sexualidade* (GP–ENCEX/UEMA/CNPq) e ao *Laboratório de Metodologia e Prática de Ensino de Ciências e Biologia* (LABENBIO/DBIO/CCB/UEMA). Em seus espaços institucionais foi possível estudar, ler, debater, escrever e aprimorar os conhecimentos sobre teorias e metodologias que envolvem o campo da Educação.

Às licenciandas e aos licenciandos do Curso de Ciências Biológicas da Universidade Estadual do Maranhão, campus Paulo VI, em especial àquelas e àqueles que frequentaram os componentes curriculares *Prática – Dimensão Político-Social*, *Prática – Dimensão Educacional* e *Prática – Dimensão Escolar* no período pandêmico da covid-19, entre os anos de 2020 a 2023. Aprendemos, lemos e escrevemos muito em coletividade. Valorizamos ainda mais a Ciência em seu aspecto humano, mas, sobretudo, ético. Conseguimos compreender com mais clareza a significância do campo da Educação ao abordarmos temas biológicos como os conceitos de *vírus*, *sistema imunológico* e *covid-19*.

Jackson Ronie Sá-Silva

Lyzette Gonçalves Moraes de Moura

Nilvanete Gomes de Lima

Apresentação

A covid-19 como doença infecto-contagiosa viral produziu mal-estar, foi insidiosa, perversa, dizimante e aterrorizante. Um vírus desafiador. Um material genético complexo que influenciou exponencialmente as dimensões socioculturais, políticas, econômicas, educacionais e éticas da humanidade.

Assustou, expressou e expressa pavor, atiçou nossa imaginação e recrudesceu as representações sobre o imaginário da *peste*. Peste biológica pós-moderna. Peste *cyborg*. Peste eletrônica, mecatrônica, virtual e produtora de mentiras. Sim! Através da materialidade biológica de um vírus pandêmico foi possível o humano construir o monumento sociocultural denominado *fake news*. Notícias falsas. Falsidades virtualizadas. Peste cibernética. Produção de horror, de desrespeito, de desigualdade, de deseducação. Peste biológica com nuances *cyborg* que produziu conchavos com representações antiéticas e equivocadas do sentido da morte, do morrer, da finitude.

A peste covid-19 é o humano em sua mais complexa ação. Deparei-me com essa percepção que extrapola o biomédico e adentra nas dimensões filosófica, política, social, cultural, econômica e educacional do processo saúde-doença e, como professor universitário crítico e reflexivo, atuando em uma licenciatura em Ciências Biológicas e em programas de pós-graduação em nível de mestrado e doutorado no campo da Educação, entendi ser relevante trazer a discussão para o espaço educacional e, mais especificamente, para as áreas do Ensino de Ciências e Ensino de Biologia.

Entre 2021 e 2023, ministrei, no Curso de Ciências Biológicas Licenciatura da Universidade Estadual do Maranhão, os componentes curriculares *Prática – Dimensão Político-Social*, *Prática – Dimensão Educacional* e *Prática – Dimensão Escolar* e resolvi problematizar o tema biológico *Vírus* em projetos educacionais que revisitaram teoricamente, a partir de extensa pesquisa bibliográfica e documental, os seguintes conceitos: "*vírus*", "*sistema imunológico*", "*vacina*" e "*covid-19*".

Instiguei licenciandas e licenciandos a olharem e a atualizarem suas aprendizagens sobre esses temas, visto que são discussões que

perpassam o ensino de Biologia. Tentei, a partir de reflexões do campo do *Ensino de Ciências por Investigação*, estimular o exercício de posturas professorais críticas, éticas, reflexivas e cidadãs, quanto ao posicionamento discursivo, ao lidarem com essas temáticas em aulas na Educação Básica, já que enfrentariam os estágios supervisionados no ensino fundamental e no ensino médio. Conseguimos produzir quatro resultados teórico-documentais relevantes, os quais apresentamos nesta obra que foi coletivamente pensada, escrita e agora publicada.

O que é um vírus? Como funciona o sistema imunológico? Vacina, o que é? Covid-19, qual o significado? Naquilo que foi possível tentamos reunir informações científicas e éticas para fazer compreender, fazer abordar, fazer disseminar conteúdos biológicos que ajudem a posicionar o ensino ético, cidadão e crítico da Biologia educacional.

Tive a grata satisfação de interagir com vinte e dois estudantes da licenciatura em Ciências Biológicas da Universidade Estadual do Maranhão. Sujeitos do conhecimento biológico que aceitaram compreender a complexidade da Biologia e os limites da área, mas também suas potencialidades. Foi uma experiência didaticamente estimulante, pedagogicamente relevante e educacionalmente impactante.

As professoras doutoras Lyzette Gonçalves Moraes de Moura e Nilvanete Gomes de Lima, atuantes no GP–ENCEX/UEMA/CNPq, realizaram comigo um primoroso e sistemático trabalho editorial de organização dos textos. Elas, com suas lógicas, criatividades e inventividades teórico-metodológico-didáticas contribuíram para a qualidade da obra que intitulamos *Conceitos biológicos transversalizados com o campo da Educação: vírus, sistema imunológico e vacina*.

Não posso deixar de registrar a atuação artística e inventiva do biólogo, professor e doutorando em Ensino, Yuri Jorge Almeida da Silva, que nos presenteou com a criação da capa do livro. Sua criação, que denomino capa-arte-biologia, expressa nossos pensamentos plurais sobre o que vivenciamos na pandemia da covid-19 quando pavor, dor, ciência, tecnologia, educação e esperança transversalizavam as existências.

Boa leitura!

Jackson Ronie Sá-Silva
Departamento de Biologia – Universidade Estadual do Maranhão

Prefácio

Um misto de alegria e honra invadiu o meu ser quando recebi o convite do professor Dr. Jackson Ronie Sá da Silva para escrever o prefácio desta obra. Em um primeiro momento, pela urgência do tema, um farol necessário em tempos sombrios, em que o negacionismo científico e a proliferação exacerbada de notícias falsas se espalham como certos tipos de vírus: replicam-se em poucos minutos e em questão de horas alcançam uma disseminação exponencial e descontrolada. Em um segundo momento, igualmente importante, devido às narrativas de qualidade apresentadas em cada capítulo.

Em *Conceitos biológicos transversalizados com o campo da Educação: vírus, sistema imunológico e vacina* são apresentados textos produzidos por estudantes de licenciatura em Ciências Biológicas em que o/a leitor/a será conduzido/a por uma escrita clara sobre a temática. Compartilha dados e discussão pertinente sobre uma educação que discute os vírus pela dimensão dos processos imunológicos e também por aspectos culturais, a partir dos quais os sujeitos sejam capazes de reconhecer que a repercussão da atuação dos patógenos se dá de diferentes formas, nos mais variados grupos sociais.

O capítulo inicial apresenta uma reflexão histórica sobre epidemias e pandemias, e a covid-19 é vista como uma *peste cyborg*, marcada pela disseminação do vírus e pela propagação de *fake news*. Nesse contexto, emerge a ideia de uma pedagogia do viver-morrer, e os autores recorrem ao filósofo Michel Foucault, para ressaltar que ela envolve práticas de cuidado de si e do outro.

Os capítulos seguintes abordam os conceitos relacionados ao sistema imunológico, a historiografia do termo vírus e seus aspectos biológicos. O livro também aborda sobre a covid-19, a biologia dos vírus e suas mutações; o papel das vacinas na promoção da saúde e na prevenção de doenças, além da desinformação e as notícias falsas sobre a atuação das vacinas.

Ao esclarecer como o sistema imunológico responde às infecções e como as vacinas atuam na prevenção de doenças, a coletânea contribui

para a formação de uma sensibilização coletiva. Em suma, esta obra nos faz um lembrete importante: vacinar-se, para além de uma proteção pessoal, é também um compromisso com a saúde e o bem-estar público, o que ajuda a reduzir a circulação de vírus e a proteger os grupos mais vulneráveis da sociedade. Que a informação seja a vacina contra a desinformação.

São Luís, agosto de 2025.

Renata Araújo Lemos
Professora de Biologia e Doutoranda em Ensino – RENOEN/ UEMA

Sumário

Agradecimentos
Jackson Ronie Sá-Silva | Lyzette Gonçalves Moraes de Moura | Nilvanete Gomes de Lima

Prefácio
Renata Araujo Lemos

Apresentação
Jackson Ronie Sá-Silva

11 **Entre pestes, epidemias e pandemias: problematizações históricas de saúde e cultura para a compreensão de uma pedagogia do viver-morrer**
Jackson Ronie Sá-Silva | Nilvanete Gomes de Lima

22 **Desmitificando conhecimentos acerca dos vírus**
Ana Clara Sousa dos Santos | Andressa Sousa Silva | Gerson Araújo | Joyce Loyse Marques Amaral | Mariene de Nazaré Pinto dos Santos | Thaylson Samines Menezes | Vinícius José Reis Verde | Lyzette Gonçalves Moraes de Moura | Jackson Ronie Sá-Silva | Nilvanete Gomes de Lima

35 **Sistema imunológico: aprender e ensinar a partir da Covid-19**
Aline Crislane do Nascimento Cantanhede | Ellen Rose de Oliveira Melo | Noemi Bezalel Costa Braga | Pedro Felipe Silva Almeida | Valdeny Santana Moraes Pacheco | Lyzette Gonçalves Moraes de Moura | Jackson Ronie Sá-Silva | Nilvanete Gomes de Lima

48 **Revisitando a covid-19: compreensão e reflexões**
Pedro Henrike Ferreira Serra | Pedro Guilherme Gaspar Caldas | Rubens Ferreira Rosa Neto | Samira Bezerra Machado | Thalyana Moraes Silva | Thaylane Caroline Samenezes Bulhões | Lyzette Gonçalves Moraes de Moura | Jackson Ronie Sá-Silva | Nilvanete Gomes de Lima

65 **O papel das vacinas na saúde e na prevenção de doenças**
Ana Beatriz Campos Melo | Diego Dias Barros | Fabianna Viégas Raposo | Gabriel Marques Carvalho | Lyzette Gonçalves Moraes de Moura | Jackson Ronie Sá-Silva | Nilvanete Gomes de Lima

82 **Autores e Autoras**

Entre pestes, epidemias e pandemias: problematizações históricas de saúde e cultura para a compreensão de uma pedagogia do viver-morrer

Jackson Ronie Sá-Silva

Nilvanete Gomes de Lima

"Os flagelos, na verdade, são uma coisa comum, mas é difícil acreditar neles quando se abatem sobre nós. Houve no mundo igual número de pestes e de guerras. E, contudo, as pestes, assim como as guerras, encontram sempre as pessoas igualmente desprevenidas" (Camus, A peste).

"[...] doeu-me um pouco a cegueira da epidemia que, matando à *direita e* à *esquerda, levou tambe*m *uma jovem dama que tinha de ser minha mulher; n*ão *cheguei a entender a necessidade da epidemia, menos ainda daquela morte. Creio até que esta me pareceu ainda mais absurda que todas as outras mortes"* (Machado de Assis, Memórias Póstumas de Brás Cubas).

"E de súbito, um indizível pavor prega-me ao banco. [...]

[...] Um mês antes ria dessa epidemia. Para que pensar em males cruéis, nesses males que deformam o físico, roem para todo o sempre ou afogam a vida em sangue podre? Para que pensar?

[...] Há epidemia, oh! sim, há epidemia! E eu tenho medo, meu amigo, um grande, um desastrado pavor..." (João do Rio, A peste).

Escrevemos este texto em julho de 2025, a quatro mãos. Desde a pandemia da covid-19 lá se vão cinco anos. Em 2022, quando o mundo parecia estar começando, literalmente, a respirar, tivemos a invasão russa contra a Ucrânia e o surgimento de um conflito armado, convencional

e de grande escala, no coração da Europa, que permanece até hoje, sem contar o conflito entre Israel e o grupo palestino Hamas. Estaria Camus equivocado? As guerras seriam em número maior que as pestes[1], com sua nomenclatura contemporânea atualizada para epidemias e pandemias? Vejamos...

Na Antiguidade, se denominava de peste a todas as doenças com características de alto contágio e de mortalidade. Entre 430 e 427 a.C. ocorreu a peste de Atenas, na Grécia, possivelmente uma epidemia de febre tifoide, provocada pela bactéria *Salmonella tiphy*, que dizimou dois terços da população estimada daquela cidade, à época. Sem conhecer a causa da doença, provavelmente, o principal sentimento era de impotência. Séculos depois, todo o império romano também foi atingido e o "mistério" sobre a sua causa se manteve. Em 250 a.C. a peste de Cipriano, assim chamada em reconhecimento ao bispo de Cartago (África), possivelmente um resfriado causado por vírus semelhante ao da gripe espanhola de 1918, mas de origem desconhecida até hoje, se espalhou pela Etiópia, norte de África, Egito e Roma, causando a morte de 60% dos habitantes de Alexandria (Egito). Antes da Era Comum, também temos conhecimento da peste de Galeno, que atingiu o Império Romano e foi, ao que tudo indica, um surto de varíola ou de sarampo, iniciado em 165 a.C., mas que se prolongou até 180 a.C.

Já na Era Cristã, a praga de Justiniano, que ocorreu entre 541 e 750, originária do Egito, generalizou-se pelo Império Bizantino, à época em que governava o imperador Justiniano I, chamado de "O Grande", chegando até o Mediterrâneo. Deve ter sido a primeira pandemia de peste bubônica, também conhecida como "peste negra", causada pela bactéria *Yersinia pestis,* transmitida geralmente por pulgas de camundongos,

1 *Peste*, foi um termo utilizado correntemente desde a antiguidade, cuja centralidade é o universo da doença em geral, das enfermidades de espectro citadino, das patologias infecciosas e parasitárias, dos sofrimentos, etc., com a característica de atingir um grande número de pessoas. Um termo polissêmico, que produz imaginários sobre adoecimento, infortúnio, dores e, principalmente, sobre a morte, investindo intensa carga psicológica e religiosa na produção do dispositivo sociocultural da culpa. As pestes sempre foram impactantes e dizimadoras das populações. Não se tinha uma dimensão microbiológica delas até o século XIX quando, com Pasteur, provou-se a origem microbiológica das doenças infecciosas.

vitimando mais da metade da população europeia do período. Durante toda a Idade Média, devido à falta de saneamento, a Europa sofreu com a peste bubônica, considerada uma das maiores pandemias da história da civilização e amplamente documentada. Em 1347, iniciou-se, na Ásia Central, uma epidemia que assolou a Europa, dizimando entre um terço (25 milhões) e metade da população (75 milhões) daquele período. Séculos depois, em 1665, surgia a Grande Peste de Londres, matando, aproximadamente, 20% da sua população.

Não podemos deixar de mencionar a hanseníase, também causada por uma bactéria, o *Mycobacterium leprae*, amplamente reconhecida como lepra[2]. É uma das doenças mais antigas e conhecidas da humanidade, sobretudo por sua presença nos relatos bíblicos, que a vê como um castigo em decorrência de algum pecado. Existem registros dela datados desde 4.300 anos a.C., no Egito, mas ao longo da Idade Média e até os dias atuais a hanseníase tem afetado endemicamente muitas pessoas, sobretudo aquelas de classes sociais mais baixas.

O período descrito como intercâmbio colombiano – quando Cristóvão Colombo chegou a América, em 1496 – provocou a dizimação daqueles povos originários. Doenças como o sarampo, a varíola e a peste bubônica atuaram como uma guerra química já que a população não possuía anticorpos contra elas. As marcas da colonização começaram ali, mas não cessariam na matança de 90% da população existente à época. As civilizações Incas, Maias e Astecas sofreram, dentre outros contextos, com uma batalha invisível que os vírus e as bactérias levaram até eles.

Com a colonização, os vírus viajaram mundo a fora, as pestes deram lugar às pandemias e as guerras continuaram. Em 1580, uma gripe assolou a Ásia e, seis meses depois se espalhou pela Europa e pela África, atingindo também a América do Norte, com uma mortalidade média de 10% da população. Em 1729 a gripe retornou, dessa vez, na Rússia e, em 1732, já estava alastrada por todo o mundo até então

2 A terminologia *lepra* não é mais utilizada no Brasil desde 1995 por conta de sua carga simbólica que se materializa em estigmas, preconceitos e discriminações. Nas comunicações oficiais e no discurso médico brasileiro utiliza-se o termo *hanseníase*.

conhecido. A China protagonizou em 1781 e em 1830 outras pandemias de gripes que também se espalharam.

No século XIX, conviveram várias pandemias com manifestações já conhecidas, mas também surgiu outra, a da cólera, que derivou 8 grandes pandemias mundiais, nos anos de 1817, 1832, 1852, 1863, 1875, 1866, 1892, 1899. Além delas, em 1855, iniciou-se na China, uma infestação de peste bubônica; em 1875, as Ilhas Fiji, colônia do Império Britânico, foram acometidas por uma pandemia de Sarampo e, em 1889, surgia a gripe russa, na Sibéria. Entre pestes e guerras, também nesse século, vários países da América Latina se tornaram independentes da Espanha e de Portugal, vivenciando processos tensos de revoltas e de conflitos que resultaram em declarações de independência, como foi o caso do Brasil em 1822.

O início do século XX é marcado por uma guerra e por uma pandemia, exatamente nesta ordem! Entre 1914 e 1918 ocorreu o que ficou conhecido como a Primeira Guerra Mundial. Quando a guerra estava em seu auge, a gripe espanhola surgiu implacável, em 1918 e, persistiu até 1919. Sua origem não foi na Espanha, mas o primeiro jornal a noticiá-la foi o *El Sol*, naquele país, em 22 de maio de 1918. Embora não se saiba de onde exatamente a "gripe das aves" tenha vindo, é inegável que as circunstâncias da guerra criaram condições ideais para ela, deixando um número maior de mortos que a própria guerra. Estima-se que tenha dizimado entre 40 e 50 milhões de pessoas no mundo inteiro, enquanto a guerra, aproximadamente 20 milhões.

Mesmo depois da covid-19, a gripe espanhola continua a ser considerada a maior pandemia mundial até hoje já vivida, matando mais que a Aids nas últimas três décadas, sendo considerada 25 vezes mais letal quando comparada a outros vírus semelhantes. Mas não adiantemos a cronologia.

O século XX conheceu outros vírus da gripe como a asiática, em 1957 e a de Hong Kong, em 1968. Os últimos anos desse século marcaram as vidas da nossa geração para sempre, com 4 letras que mudaram a

história, mais uma vez: Aids/Sida. A Síndrome da Imunodeficiência Adquirida (Sida), em português, ou, em inglês *Acquired Immuune Deficiency Syndrome* (Aids), causada pelo HIV (vírus da imunodeficiência humana), explodiu nos Estados Unidos no início da década de 1980 e matou pessoas de destaque nacional e internacional: Michel Foucault, em 1984, aos 57 anos; Henfil, em 1988, com 42 anos; Cazuza, em 1990, com apenas 32 anos; Freddie Mercury, em 1991, aos 45 anos e; Renato Russo, em 1996, antes dos 40 anos.

Nos voltamos aqui para nossa segunda epígrafe: a perplexidade sobre a vida e sobre a sua fragilidade diante das epidemias, virais ou bacterianas, perpassam a existência de toda a humanidade, do Oriente ao Ocidente, dos colonizados aos colonizadores. E assim caminha a humanidade...

Epidemias e pandemias são fenômenos biológicos envoltos em questões econômicas, políticas, sociais e culturais. A centralidade da problematização que realizamos nesse texto visibiliza os patógenos (vírus, bactérias, fungos) que agem em animais, vegetais e humanos num lugar qualificado como meio ambiente. A ciência epidemiológica descreve esse discurso como cadeia do processo infeccioso. Alguém dúvida? Há algo que falte nessa definição?

Respondemos a este questionamento como Camus, em *A peste*. Segundo ele, para se conhecer um povo é preciso saber do seu cotidiano, como enfrenta ao que considera o absurdo da existência, a fragilidade da vida e a inevitabilidade da morte. Continuamos a falar de acontecimentos meramente naturais? Certamente que não!

A história das guerras e das pestes sempre nos pega desprevenidos, Camus está certo. Parece que elas se equivalem e se alternam, afinal todas são pestes, nisso ele também não está equivocado. Mas, até quando estaremos desprevenidos? Não podemos aprender a nos espantar como Machado de Assis e como João do Rio? Chegamos assim a nossa terceira epígrafe, aquela que nos aponta para o que chamamos de pedagogia do viver-morrer que os patógenos despertam e que nos causam pavor.

Michel Foucault, foi assustado por uma peste e, morreu em Paris, França, devido às complicações da Aids, no dia 26 de junho de 1984. Foi a primeira figura pública a morrer da doença naquele país. Em sua trajetória, apresentou uma história crítica da modernidade, apresentando os diferentes modos pelos quais, nós nos constituímos sujeitos na cultura Ocidental. Como sujeitos, dominamos e nos sujeitamos, por isso, Foucault afirma que para além da nossa humanidade somos "sujeitos de práticas", tanto dos outros sobre nós, em uma relação de dominação e de sujeição, quanto sobre nós mesmos, em um processo de subjetivação. Nesse sentido, somos a combinação de práticas de sujeição e de dominação, atravessados por saberes e apoiados por poderes.

Já na vivência da Aids, Foucault explorou diversas temáticas relacionadas ao cuidado de si e do outro, especificamente em sua obra *A história da sexualidade*, nos volumes dois e três, respectivamente, *O uso dos prazeres* e *O cuidado de si* e em seus escritos sobre ética e subjetividade. Destacamos o seu curso *A coragem da verdade*, ministrado em março de 1984, no *College de France*, poucos meses antes da sua partida prematura. Nele, Foucault fala sobre a ética da verdade e como o cuidado de si é uma prática que envolve uma relação crítica com a verdade e com as normas sociais. Sua coragem em olhar a peste de frente, nos anima.

Para Foucault, o cuidado de si é um conceito central que remete à forma como os indivíduos se relacionam consigo mesmos e com as normas sociais que os cercam, referindo-se às práticas e às técnicas que os indivíduos utilizam para se conhecerem melhor e se transformarem. Essa ideia é inspirada na filosofia estoica e nas tradições filosóficas da Antiguidade, na qual o autoconhecimento e a formação do *eu* eram fundamentos para uma vida ética. Para Foucault, o cuidado de si não é apenas uma questão de autocuidado físico, mas envolve também a gestão de desejos, de pensamentos e de comportamentos.

O cuidado do outro, por sua vez, envolve a responsabilidade que os indivíduos têm em relação aos outros em suas vidas. Foucault discute como as relações de poder e saber influenciam essas práticas

de cuidado. O cuidado do outro implica uma ética relacional, na qual a atenção e a responsabilidade são fundamentais. Isso pode ser visto nas relações familiares, nos cuidados em comunidades e até nas práticas institucionais.

Foucault sugere que o cuidado de si e o cuidado do outro estão interligados. O modo como nos cuidamos pode impactar a maneira como cuidamos dos outros e vice-versa. Ele também critica as instituições que muitas vezes governam essas práticas, apontando como essas relações são moldadas por sistemas de poder e controle. Nesse sentido, o cuidado de si e do outro são práticas éticas que envolvem uma reflexão profunda sobre a subjetividade, as relações sociais e as estruturas de poder, as quais moldam a vida cotidiana. Essa abordagem nos leva a pensar na importância do autoconhecimento e da responsabilidade nas relações interpessoais.

Epidemias são desafiadoras. Pandemias, desafios exponenciais. Vida e morte, saúde e doença, estão inexoravelmente unidos e imbricados. Patologia e higidez são discursos que se retroalimentam. Existir, viver, morrer e retornar ao ciclo vital a partir dos fenômenos biogeoquímicos da decomposição e da respiração permitem atualizar, informar e relembrar da característica inesgotável e mutável do "ser e estar vivo", nesse ecossistema imensurável, denominado planeta Terra. O ciclo biológico se renova com a decomposição, vale lembrar! O pútrido, o gás enxofre e o gás carbônico, dentre outros elementos da química, são materialidades que produzem vida, ancorados pelo fenômeno vegetal fotossintético. Ciclos biológicos. Ciclos patológicos. Ciclos de morte. Ciclos de vida. Ciclos socioculturais. Ciclos complexos...

Ora, se epidemias e pandemias infecciosas não são fenômenos apenas ecológico-epidemiológicos, a cura também não passa apenas pelo entendimento da dinâmica das cadeias dos processos patológicos de vírus e bactérias, visando ao controle medicamentoso ou ao estudo de novas e mais avançadas vacinas para a prevenção.

Para dar conta do imaginário social produzido pela "peste" – epidemias, pandemias e guerras – portanto, aquela que não é simplesmente um patógeno, mas que influencia o pensamento sobre os temas seculares da culpa, da degradação social e da morte desde sempre e que se renovam a partir da história social em movimento, precisamos acionar também o dispositivo libertador da educação crítica para pensarmos a complexidade do viver-morrer.

Educação crítica em tempos de covid-19 e de *fake news* é uma atitude social importantíssima, que remonta à ética de si e do outro. Diz respeito também à responsabilidade social dos temas médicos em saúde pública. Os termos "saúde", "doença", "viver", "morrer" começaram a ser pronunciados com irresponsabilidade midiática sem precedentes a partir de 2019, com o discurso virtual sobre a covid-19.

Os conceitos de vírus, sistema imunológico e vacina foram capturados pela onda estratosférica midiático-virtual-computacional das redes sociais. Uma explosão de desinformação e deseducação sem precedentes. Nesse sentido, a tese da intensificação da educação crítica, que defendemos ser necessária em todos os espaços sociais, se impõe como indispensável.

A qual educação crítica nos referimos? A crítica ao fenômeno de massa denominado *imbecilização social*, conceito pensado e apresentado pela filósofa brasileira Márcia Tiburi. Ela, de forma didática, tem se dedicado a compreender e a denunciar as artimanhas de um discurso *conservador-fascista-nazista-patriarcal-machista-misógino-racista-lgbtqiapn+fóbico* que tem crescido e provocado profundas erosões e desestruturações da cidadania e do estado democrático de direito brasileiro impactando de forma expressiva na saúde pública e no bem-estar social (trabalho, educação, assistência, justiça, lazer, etc.).

Precisamos enfrentar, através da crítica educativa, esse movimento social conservador, fascista e retrógrado que tem como centralidade a apropriação superficial e equivocada de discursos biológicos como os conceitos complexos de vida, reprodução, doença e morte.

Estamos vivendo uma correnteza social imbecilizadora que usa temas biológicos para assustar, amedrontar e criar pânico social, cultural, político e educacional visando o desmantelamento da democracia, da cidadania, da ética e da existência plural dos sujeitos que não se enquadram nos discursos moralizadores dessa investida.

Dois conceitos biológicos, manipulados pela legião imbecilizadora nazi-fascista desde o início da pandemia da covid-19 são: vírus e vacina. Este é um desafio para a educação crítica, mas também um alerta para a educação científica: problematizar e usar pedagogicamente estratégias de educação crítica para desfazer os estragos que estão sendo causados pela onda moralista neofascista.

Os conceitos biomédicos de vírus, vacina, e sistema imunológico, por exemplo, assim como alguns termos correlacionados ao universo microbiológico – incidência, prevalência, endemia, epidemia, pandemia, infecção – foram construídos a partir de pesquisas científicas sérias e pautadas em conhecimentos acadêmicos historicamente situados.

A Ciência, entendida como uma atitude humana, tem sido validada desde o século XVI com a implementação, manutenção e renovação do método científico. Precisamos dizer, reafirmar e defender o fazer metódico da Ciência. Essa atitude se configura como uma ação de educação crítica a ser utilizada no enfrentamento, no combate e na prevenção da *imbecilização social*. É premente informar que os conceitos de vírus, vacina, sistema imunológico e outros termos da linguagem biomédica, não podem ser utilizados para espalhar mentira, ódio e desinformação.

A arquitetura do discurso imbecil-fascista-conservador é erguida pela biologização e naturalização do pavor. Qual figura apavora o povo na pós-modernidade líquida (ambiente social que vem sendo construído pelo consumo exacerbado, pelo capitalismo corrosivo, pelo racismo como tática de exclusão, pelo empreendimento do egoísmo)? A peste *cyborg*.

O imaginário da peste pós-moderna veio à tona a partir da figura assustadora de um vírus, mas não apenas uma imagem biológica. Agora, um vírus *cyborg*, estrutura que não conseguimos ver, mas que solta, projeta e injeta o veneno cultural da mentira como verdade insuflada e monumentalizada pela virtualidade. O imaginário da peste conseguiu construir um monumento viral nazi-fascista que denominamos *fake news*. Elas, assim como os vírus da biologia, envenenam, incidem, se multiplicam e podem matar.

Os papéis sociais da educação científica crítica e reflexiva, do ensino de Ciências e de Biologia problematizadores e da educação em saúde cidadã são guardiães da ética, do bom senso e da qualidade de vida das pessoas, aquele cuidado de si e do outro, que falávamos anteriormente. Ao comentar sobre vida, saúde, doença e morte a via deve ser a do discurso responsável e ético. Sendo assim, a exposição do pensamento sobre essas categorias discursivas precisa do aporte de uma premissa que viabilize a proteção social, o acolhimento e o bem-estar.

É a esse cuidado de si e do outro, existente há séculos, que denominamos de pedagogia do viver-morrer, mas agora pensada por nós, tendo como estímulo a patologia infecciosa e complexa, denominada covid-19, ancorada pelos Estudos Culturais em Educação em sua vertente pós-crítica/pós-estruturalista. Entendemos ser fundamental o exercício de uma educação científica cidadã comprometida com a ética.

Que os temas vírus, sistema imunológico e vacina sejam pensados, ditos, professorados, debatidos e problematizados com ética, a partir dos processos contraditórios que remontam o complexo do humano, do viver, do morrer e do decompor-fotossintetizar-respirar-pensar. Mas, sobretudo, que a pedagogia do viver-morrer nos ensine sobre o pavor de que fala João do Rio, que viveu Foucault, certamente como HIV positivo, mas não o que nos paralisa, e sim o que nos faz ir ao encontro do outro, o que nos coloca no caminho do retorno ao respeito pelo ecossistema, para que as pestes seja apenas uma possibilidade

para um texto, uma crônica, uma história, um romance, para se ler e se deliciar e não mais para nos assombrar...

Desmitificando conhecimentos acerca dos vírus

Ana Clara Sousa dos Santos
Andressa Sousa Silva
Gerson Araújo
Mariene de Nazaré Pinto dos Santos
Thaylson Samines Menezes
Vinícius José Reis Verde
Joyce Loyse Marques Amaral
Lyzette Gonçalves Moraes de Moura
Jackson Ronie Sá-Silva
Nilvanete Gomes de Lima

Preparando o terreno: por uma historiografia do conceito de vírus

Os vírus foram identificados e designados no século XIX, como causadores de doenças infectocontagiosas nos mais diversos organismos vivos. Nos humanos, são responsáveis por várias infecções como verrugas e gripes, mas também podem causar doenças mais graves. Contudo, assim como podem causar problemas, também servem como uma importante ferramenta de pesquisas científicas, sendo essencial o conhecimento sobre seus conceitos e a outros aspectos relacionados com ele.

O Vírus do Mosaico do Tabaco (TMV, do inglês *Tobacco Mosaic Virus*) foi o primeiro a ser descoberto, em 1886, pelo químico agrícola alemão, Adolf Mayer (Panchenko *et al.*, 2020), o qual verificou que a doença do mosaico do tabaco poderia ser transmitida às plantas saudáveis se fossem inoculadas com extratos da seiva das folhas de plantas doentes. Embora não pudesse identificar o microrganismo

patogênico, Mayer estava certo de que haveria de ser uma bactéria bastante incomum (Creager, 2001).

Todavia, a primeira evidência concreta sobre a existência dos vírus ocorreu somente em 1892, quando o biólogo russo-ucraniano Dimitri Ivanovisky, realizou experimentos com filtros que tinham poros pequenos o suficiente para reter bactérias. Ele conseguiu mostrar que a seiva de uma planta de tabaco doente permanecia infecciosa para as plantas saudáveis, apesar de ter sido filtrada. Portanto, essa descoberta é considerada o princípio da virologia (Pennazio; Roggero; Conti, 2001)

Ivanovisky estudava na Universidade de São Petersburgo, na Rússia, quando foi enviado para investigar uma doença que afetava o tabaco, tendo sido descrita como *wildfire* ("fogo selvagem"), o mosaico do tabaco. Alguns anos mais tarde, ao avaliar outra doença de plantas de tabaco, desta vez na Crimeia, península do leste europeu, localizada entre a Rússia e a Ucrânia, ele descobriu que ambas foram causadas por um agente infinitamente microscópico capaz de penetrar filtros de porcelana, algo que as bactérias não podiam fazer. Ivanovsky foi, então, o primeiro a reconhecer uma entidade que era filtrável, submicroscópica em tamanho e diferente das bactérias, que poderia ser a causa da doença do mosaico do tabaco. Diante disso, propôs o termo "agente filtrável" para descrever tais microrganismos, antes que o termo "vírus" fosse adotado (Creager, 2001).

A natureza filtrável do TMV foi confirmada pelo botânico holandês Martinus Beijerinck, mas suas tentativas de isolar o vírus foram infrutíferas. Em 1898, ele propôs uma teoria de fluido vivo contagioso, sugerindo que esse organismo somente poderia se reproduzir dentro de organismos vivos (Zaitlin, 1998).

A subsequente descoberta e a caracterização parcial feitas pelo bacteriologista inglês Frederick Twort e pelo microbiologista franco-canadense Félix D'Herelle fortificaram ainda mais o campo e, no início do século XX, muitos vírus foram descobertos. Já em 1926, o virologista estadunidense Thomas Milton Kivers definiu os vírus como parasitas

obrigatórios, e, em 1931, a invenção do microscópio eletrônico, pelo físico alemão Ernst Ruska e seus colaboradores, permitiu a visualização de suas estruturas mais complexas (Creager, 2001).

Qual a biologia dos vírus?

Os vírus são conhecidos como agentes infecciosos que causam patologias em humanos, animais ou plantas. Esses agentes microscópicos parasitam células para conseguirem se reproduzir e podem ser encontrados de duas maneiras: dentro e fora das células. Quando está no meio extracelular, é uma partícula submicroscópica, conhecida como vírion ou partícula viral, e apresenta algumas características especiais, por exemplo: diferentes tamanhos e formas para cada tipo. Ao entrar na célula hospedeira, o vírus inicia o seu estado intracelular, realizando a replicação viral.

Os vírus, em sua composição, apresentam uma organização simples e isso os difere de outros organismos como o das células e, até mesmo, das bactérias. Por terem essa estrutura muito simples, são incapazes de crescerem de forma independente e somente podem se reproduzir no interior de células de outros organismos (Trabulsi; Alterthum, 2015).

A estrutura do vírion de um vírus é constituída por um envoltório proteico, o capsídeo, em cujo interior se encontra o genoma viral (DNA ou RNA). Em sua maioria, não há camadas adicionais envolvendo o capsídeo, mas muitos vírus que infectam animais a possuem, sendo composta por proteínas e lipídios e denominada de envelope. Em vírus envelopados, a união do capsídeo e dos ácidos nucleicos é denominada nucleocapsídeo e tem como função proteger o genoma viral até que ele penetre em uma célula hospedeira; as proteínas na sua superfície são importantes para que essa entrada à célula ocorra. O vírion também pode conter enzimas capazes de facilitar a infecção e a replicação (Madigan *et al.*, 2016).

Em organismos celulares, é comum a presença do genoma de DNA de fita dupla. Em contrapartida, nos vírus, o genoma pode se apresentar como sendo de DNA ou de RNA e pode, ainda, ocorrer uma subdivisão em relação ao seu genoma, podendo ser de fita simples ou fita dupla. No entanto, há alguns vírus, não tão comuns, que podem apresentar em seu material genético as duas formas do genoma (DNA e RNA), porém em etapas diferentes de seu ciclo de replicação. O material genético dos vírus pode ser linear ou circular e geralmente é menor do que aquele das células. O menor genoma viral conhecido tem cerca de 145 Kb (quilobases) e o maior conhecido tem 1,25 Mb (megabases) de comprimento, sendo este um vírus marinho chamado de megavírus, que infecta os protozoários (Madigan *et al*., 2016).

Os diferentes vírus apresentam estruturas muito diversas entre si, que podem variar em tamanho, formato e composição química. Uma característica em comum na estrutura dos vírus é que o ácido nucleico é sempre envolvido pelo capsídeo, estrutura constituída por um agrupamento de capsômeros, que são moléculas proteicas organizadas ao redor do ácido nucleico. Os vírus são altamente simétricos e se dividem em dois formatos: cilíndrico e esférico; nos vírus cilíndricos, a simetria é helicoidal, enquanto nos vírus esféricos, a simetria é icosaédrica (Madigan *et al*., 2016).

Os vírus providos de DNA como material genético, têm a facilidade de ingressar diretamente no núcleo celular para realizar atividades de transcrição de seus genes, sua replicação e reparo de seu DNA. Essa capacidade permite que alguns vírus, como os herpesvírus, adquiram um genoma grande, com cerca de 125 a mais de 240 mil pares de bases de comprimento. Alguns vírus de RNA podem apresentar o seu genoma segmentado, dividido em várias moléculas, como, por exemplo, o vírus da gripe, composto por oito seguimentos de RNA de fita simples. Essa particularidade influencia diretamente na possibilidade de gerar uma grande diversidade de vírus, ou seja, outras variantes (Trabulsi; Alterthum, 2015).

Como os vírus podem ser classificados?

A classificação dos vírus foi realizada em 1971 pelo microbiologista estadunidense David Baltimore, com base no tipo de ácido nucleico (DNA ou RNA), simetria do capsídeo, ausência ou presença do envelope, tamanho e sensibilidade às substâncias químicas (Stephens *et al.*, 2009). Com relação ao genoma viral, eles podem ser constituídos por fita simples (ss) ou dupla (ds), linear ou circular, de polaridade negativa ou positiva. As características dos ácidos nucleicos conduzirão a diversas estratégias de replicação (Stephens *et al.*, 2009).

Com base nessas características, Baltimore dividiu os vírus em 7 grupos, conforme citado por Freire (2022):

I) DNA dupla fita (ds DNA): o DNA desse vírus tem duas fitas na sua estrutura. Um exemplo é o papilomavirus humano (HPV).

II) DNA fita simples (ss DNA): esse vírus tem apenas uma fita de DNA e quando entra na célula hospedeira, a primeira etapa a ser realizada é fazer a fita complementar se transformar em DNA de fita dupla. O parvovírus está incluído nessa classificação.

III) RNA dupla fita (ds RNA): o RNA tem duas fitas. O rotavírus é um exemplo.

IV) RNA fita simples senso positivo ([+] ss RNA): esse tipo de RNA é de cadeia positiva, denominação que indica que, quando entra na célula hospedeira, trabalha como RNA mensageiro (RNAm), ou seja, o próprio RNA do vírus consegue ser lido pelos ribossomos produzindo proteínas. O vírus que ocasiona a covid-19 faz parte desse grupo.

V) RNA fita simples senso negativo ([-] ss RNA): recebe a denominação de negativo porque será um molde para um RNA mensageiro e, depois, os ribossomos da célula terão esse RNA para realizar o trabalho e produzir proteínas. A influenza é um exemplo clássico de RNA negativo.

VI) RNA com transcrição reversa (ss RNA-RT): são os retrovírus, conhecidos assim porque, quando entram na célula, fazem o

processo de transcrição reversa, isto é, o RNA forma DNA. Um exemplo muito conhecido desse tipo é o vírus da imunodeficiência humana (HIV).

VII) DNA com transcrição reversa (ds DNA- RT): esse tipo de vírus forma RNA ao entrar na célula, e, então, volta a ser DNA, sendo nessa transformação que ocorre a transcrição reversa. A hepatite B é um exemplo de vírus que passa por esse processo.

A capacidade de reprodução dos vírus

Os vírus infectam a célula hospedeira e a utilizam para a produção dos componentes virais dos próximos vírus (proteínas e genoma). O processo de replicação tem duas fases (precoce e tardia) que ocorrem em etapas consecutivas. A fase precoce segue as etapas de reconhecimento, fixação, penetração e descapsidação; em seguida, acontecem as etapas da fase tardia: síntese macromolecular, montagem, brotamento (vírus envelopados) e liberação (Murray; Rosenthal; Pfaller, 2014).

Primeiramente, ocorre o reconhecimento e a ligação das proteínas de fixação viral, ou estruturas presentes no capsídeo, aos receptores presentes nas células hospedeiras. Essas proteínas, ou partes do capsídio do vírion, se ligam a receptores específicos que estão expressos em certos tipos de células, o que explica o fato dos vírus infectarem somente determinadas espécies (espectro de hospedeiros) ou determinados tipos de células (Murray; Rosenthal; Pfaller, 2014).

Após essa primeira etapa, ocorre a entrada dos vírus na célula hospedeira, chamada de penetração. De modo geral, os vírus com capsídio descoberto atravessam a célula por meio da endocitose mediada por receptores ou por meio da viropexia (Murray; Rosenthal; Pfaller, 2014). Na endocitose, o vírus se liga a um receptor, a membrana plasmática sofre uma invaginação, envolve-o e forma uma vesícula

(Tortora; Funke; Case, 2017); já na viropexia há a passagem direta dos vírus através da membrana plasmática devido à exposição das partes hidrofóbicas das proteínas do capsídeo (Murray; Rosenthal; Pfaller, 2014).

A penetração dos vírus envelopados ocorre por meio da fusão das membranas dos vírus e das células (união das membranas) e, em seguida, o nucleocapsídeo, livre, chega à membrana do núcleo e libera seu material genético (DNA) no citoplasma ou núcleo. A forma de penetração é determinada pelo pH, ou seja, pela acidez do meio. Se o pH for neutro (pH = 7,0), a fusão das membranas ocorre na superfície da célula, mas se o pH for ácido (pH < 7,0), o vírus adentra por endocitose e a fusão acontece no endossomo, como ocorre com o vírus da influenza A. Após a penetração, acontece a descapsidação, que consiste na remoção do capsídeo ou envelope, e o transporte do genoma do vírus para o sítio de replicação (local de replicação). O material genético dos vírus DNA é levado para o núcleo, ao contrário dos vírus de RNA do qual a maior parte fica no citoplasma. A descapsidação acontece por meio da ligação ao receptor ou por meio ácido ou por proteases localizadas no lisossomo ou endossomo.

Após a descapsidação, inicia-se o período de eclipse, no qual o vírus perde a capacidade de infectar e se torna indetectável (Murray; Rosenthal; Pfaller, 2014). Também é nessa etapa que ocorre a síntese das macromoléculas que os compõem: as proteínas pela transcrição do genoma viral e os próprios ácidos nucleicos, por meio de sua replicação (Trabulsi; Alterthum, 2015). O RNAm viral é produzido no núcleo, no qual está a célula para a transcrição e processos pós-transcricionais.

Os vírus de DNA que se localizam no núcleo utilizam esse mecanismo, como é o caso dos papilovavírus e herpesvírus (Murray; Rosenthal; Pfaller, 2014; Tortora; Funke; Case, 2017). Já a maior parte dos vírus RNA, que se localizam no citoplasma, replicam-se por meio do próprio vírus ou por um mecanismo alternativo. "Os vírus RNA devem codificar as enzimas necessárias para a transcrição e replicação, uma vez

que a célula não possui meios de replicar RNA" (Murray; Rosenthal; Pfaller, 2014, p. 401). Estes utilizam os ribossomos, o RNAt e as modificações pós-traducionais da célula para produção de suas próprias proteínas. O RNAm se liga ao ribossomo por meio de uma guanosina metilada ou por meio de uma estrutura em alça de RNA (sequência de entrada interna de ribossomo) para começar a tradução proteínas.

Convém ressaltar que os vírus têm mecanismos que inibem a síntese proteica das células hospedeiras para que as suas próprias sejam produzidas. "Proteínas precoces virais podem bloquear a transcrição, RNAm circulante ou uma tradução em andamento" (Tortora; Funke; Case, 2017, p. 373). Após a tradução, algumas proteínas necessitam de modificações pós-traducionais, por exemplo glicosilação, fosforilação, sulfatação ou acilação (Murray; RosenthalL; Pfaller, 2014).

Com todos os componentes virais produzidos em grande quantidade na célula hospedeira, ocorre a montagem, que é a junção deles. Nesses componentes virais, há estruturas que permitem o reconhecimento e a ligação entre eles, por exemplo, proteína com proteína, proteína com genoma e proteína com envelope, no caso do vírus envelopado. Os vírus de DNA, com algumas exceções, são montados no núcleo celular, já os vírus de RNA, são montados no citoplasma (Murray; Rosenthal; Pfaller, 2014).

Por fim, acontece a liberação dos vírus para o meio extracelular, o que pode ocorrer por exocitose ou brotamento da membrana plasmática. Geralmente, os vírus com capsídeo sem envelope são liberados por exocitose, em que há a morte da célula. Já os vírus envelopados, também de maneira geral, são liberados por brotamento da membrana plasmática sem a morte da célula, e, como consequência, a célula continua a liberação de vírus (Murray; Rosenthal; Pfaller, 2014). O brotamento se dá quando proteínas virais, que posteriormente estarão no envelope, se unem à membrana plasmática da célula hospedeira e, em seguida, o vírus com nucleocapsídio se adere a essa membrana modificada e é envelopado enquanto sai da célula (Trabulsi; Alterthum, 2015).

Para um vírus sofrer uma determinada mutação, é necessária a infecção massiva da população, pois quanto mais se espalha, mais rápida e maior sua replicação se torna. A mutação pode ser tão prejudicial para as pessoas (hospedeiros) quanto para o próprio vírus, dependendo muito da localidade do material genético do vírus, afetando propriedades como na transmissão ou na gravidade, podendo ser muito ou pouco grave. As mutações são um processo esperado e evolutivo de qualquer vírus, principalmente dos que possuem RNA.

Normalmente, as mutações acontecem por erros de síntese na fita de DNA durante sua replicação, que muitas vezes acaba representando um resultado benéfico ao hospedeiro. A cada replicação, o vírus sofre uma mutação, que se baseia na busca de cópia de informação genética. A proteína SpiKe do SARS-CoV-2, sofreu mais de 4 mil mutações até o início de 2022, de acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS). Ao entrar em uma célula, o vírus armazena seu material genético nos ribossomos (produzidos pelas proteínas das células) e, com isso, os próprios ribossomos proporcionam as cópias de vírus, mas é importante ressaltar que nem todas as mutações levam o vírus original a se tornar letal ou contagioso, sendo isso aplicável também em relação ao vírus da covid-19. Entretanto, um vírus de genoma RNA tende a sofrer mais mutações que os demais, à medida que mais pessoas são infectadas (Neveca, 2022).

Como seres não vivos podem dar ou tirar a vida?

Os vírus apresentam algumas características que indicam que se tratam de seres não vivos, como a ausência de células, característica presente em todos os seres vivos, segundo a Teoria Celular. Sem células, portanto, os vírus não são seres vivos. Além disso, a ausência de metabolismo nesses organismos é um ponto que sugere que não se tratam de seres vivos. Esses organismos também não conseguem se

reproduzir fora de uma célula e a reprodução é um ponto chave para se considerar um ser vivo (Santos, 2022).

Há grande debate na comunidade científica sobre se os vírus devem ser considerados seres vivos ou não. Essa discussão é, primariamente, o resultado de diferentes percepções sobre o que vem a ser vida e qual a sua definição. Aqueles que defendem a ideia de que os vírus não são vivos argumentam que organismos vivos devem possuir algumas características tais como: habilidade de importar nutrientes e energia do ambiente; metabolismo (um conjunto de reações químicas altamente inter-relacionadas, através das quais os seres vivos constroem e mantêm seus corpos, crescem e desempenham inúmeras outras tarefas, como locomoção, reprodução etc.); fazer parte de uma linhagem contínua, sendo necessariamente originados de seres semelhantes; e, através da reprodução, gerar outros seres semelhantes (descendência ou prole) etc.

Os vírus preenchem alguns desses critérios: são parte de linhagens contínuas, reproduzem-se e evoluem em resposta ao ambiente, através de variabilidade e seleção, como qualquer ser vivo. Porém, não têm metabolismo próprio, por isso deveriam ser considerados "partículas infecciosas", ao invés de seres vivos propriamente ditos. Muitos, porém, não concordam com essa perspectiva e argumentam que, uma vez que os vírus são capazes de reproduzir-se, são organismos vivos, pois, embora dependam do metabolismo da célula hospedeira, todos os seres vivos conhecidos dependem de interações com outros seres vivos.

Outros, ainda levam em consideração a presença massiva de vírus em todos os reinos do mundo natural, sua origem aparentemente tão antiga como a própria vida e, consequentemente, sua importância na história natural de todos os outros organismos.

Assim, diferentes conceitos a respeito do que vem a ser vida formam o cerne dessa discussão. Definir vida tem sido sempre um grande problema e, com isso, qualquer definição será, provavelmente, evasiva ou arbitrária, dificultando uma identificação exata a respeito dos vírus (Vírus, 2023).

Finalizando, algumas reflexões...

Os vírus são parasitas intracelulares obrigatórios que precisam adentrar uma célula para se reproduzirem e, assim, executarem as suas atividades, que podem ou não, prejudicar aos seus hospedeiros. Entender como os vírus são constituídos, quais os seus mecanismos de reprodução e de mutação são aspectos fundamentais para que possamos aprender a nos proteger desses agentes infecciosos microscópicos.

Dessa forma, é imprescindível que o ensino de Biologia siga informações, de base científica, que possam ser repassadas às pessoas de forma clara, evitando a disseminação de informações falsas ou duvidosas ou pouco esclarecedoras.

Referências

CREAGER, A N. H. **The life of a Virus**: Tobacco Mosaic Virus as an experimental model, 1930-1965. Chicago: University of Chicago Press, 2001.

FREIRE, A. **Classificação dos vírus**, Classificação de Baltimore, Vírus, Microbiologia.2022. Disponível em: https://youtu.be/iA5uQAVIpOQ. Acesso em: 22 fev. 2025.

MADIGAN, M. T.; MARTINKO, J. M.; BENDER, K. S.; BUCKLEY, D. H.; STAHL, D. A.; FONSECA, F. G. **Microbiologia de Brock.** 14. ed. Porto Alegre: Artmed, 2016.

MURRAY, P.; ROSENTHAL, K.; PFALLER, M. **Microbiologia médica**. 7. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

PANCHENKO, L.; POPOVA, N.; ZVYAGOLSKAYA, I.; VASINA, S. 150th anniversary of viruses discoverer Dmitri Iosifovich Ivanovsky. **Annals of Mechnikov's Institute**, v. 4, p. 83-84, 2020. Disponível em: https://journals.uran.ua/ami/article/view/208245. Acesso em: 22 fev. 2025.

PENNAZIO, S.; ROGGERO, P.; CONTI, M. A history of plant virology. Mendelian genetics and resistance of plants to viroses. **New Microbiology**, v. 24, n. 4, p. 409-424, 2001. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11718380/. Acesso em: 22 fev. 2025.

SANTOS, V. S. Características gerais dos seres vivos. **Brasil Escola**. Disponível em: https://brasilescola.uol.com.br/biologia/caracteristicas-dos-seres-vivos.htm. Acesso em: 14 jul. 2025.

STEPHENS, P. R. S.; OLIVEIRA, M. B. S. C.; RIBEIRO, F. C.; CARNEIRO, L. A. D. Virologia. *In:* MOLINARO, E. M.; CAPUTO, L. F. G.; AMENDOEIRA, M. R. R. **Conceitos e métodos para a formação de profissionais em laboratórios de saúde**. Rio de Janeiro: EPSJV; IOC, 2009. Disponível em: https://www.arca.fiocruz.br/bitstream/handle/icict/8661/Livro%20EPSJV%20009570.pdf?sequence=2&isAllowed=y. Acesso em: 22 fev. 2025.

TORTORA, G. J.; FUNKE, B. R.; CASE, C. L. **Microbiologia**. 12. ed. Porto alegre: Artmed, 2017.

TRABULSI, L. R.; ALTERTHUM, F. **Microbiologia**. 6. ed. São Paulo: Atheneu, 2015.

VÍRUS. Só Biologia. **Virtuous Tecnologia da Informação**, 2023. Disponível em: https://www.sobiologia.com.br/conteudos/Seresvivos/Ciencias/biovirus.php. Acesso em: 22 fev. 2025.

ZAITLIN, M. The discovery of the causal agent of tobacco mosaic disease. *In*: KUNG, S. D.; YANG, S. F. **Discoveries in Plant Biolog**. Hong Kong: World Publishing Co., 1998, pp. 105-110. Disponível em: https://www.apsnet.org/edcenter/apsnetfeatures/Documents/1998/ZaitlinDiscoveryCausalAgentTobaccoMosaicVirus.pdf. Acesso em: 22 fev. 2025.

Sistema imunológico: aprender e ensinar a partir da covid-19

Aline Crislane do Nascimento Cantanhede
Ellen Rose de Oliveira Melo
Noemi Bezalel Costa Braga
Pedro Felipe Silva Almeida
Valdeny Santana Moraes Pacheco
Lyzette Gonçalves Moraes de Moura
Jackson Ronie Sá-Silva
Nilvanete Gomes de Lima

Para início de conversa

No ano de 2019 o mundo foi surpreendido por uma nova condição médica, causada por um inimigo invisível – o coronavírus – muito perigoso e, até então, desconhecido, o que tornou seu aparecimento ainda mais amedrontador. Muitos ficaram abalados e surgiram diversas discussões sobre os responsáveis por essa ameaça. Infelizmente, também surgiram e foram amplamente divulgadas muitas notícias incorretas, as chamadas *fake news*, promovendo a desinformação, o medo e a estigmatização e deixando as pessoas mais vulneráveis à doença. Estar bem informado é primordial para protegermos a nós mesmos e aos outros, particularmente nossos entes queridos, de qualquer ameaça. Mas o que realmente sabemos sobre a covid-19, suas causas e como se proteger?

A covid-19 é uma doença infecciosa e o vírus responsável por causá-la é o SARS-CoV-2, popularmente conhecido como coronavírus.

Muitas pessoas que adoecem em decorrência desse vírus apresentam sintomas, que podem variar de leves a moderados e, se recuperam sem tratamento especial. No entanto, outras, desenvolvem um quadro grave e precisam de atendimento médico. O SARS-CoV-2 é um beta coronavírus descoberto em amostras de lavado bronco alveolar obtidas de pacientes com pneumonia de causa desconhecida na cidade de Wuhan, província de Hubei, na República Popular da China, em dezembro de 2019. Pertence ao subgênero Sarbecovírus da família Coronaviridae e é o sétimo coronavírus conhecido a infectar seres humanos.

Como essa doença teve alcance global, utilizou-se o termo pandemia para descrever o evento, já que o vocábulo também é usado quando uma epidemia ou um grande surto, afeta uma região, se espalha por diferentes continentes com transmissão de pessoa para pessoa. Ressaltamos que a gravidade da doença não entra na definição de pandemia, que leva em consideração apenas a disseminação geográfica rápida.

Os conhecimentos sobre a transmissão dessa doença estão em constante atualização, mas é sabido que pode ocorrer diretamente pelo contato com pessoas infectadas pelo coronavírus ou indiretamente, pelo contato com itens que foram manipulados por uma pessoa infectada. A transmissão direta acontece de uma pessoa doente para outra ou por contato próximo, por meio de aperto de mãos (principal forma de contágio), espirros, gotículas de saliva, tosse, catarro etc., enquanto a transmissão indireta ocorre pelo contato com objetos ou superfícies contaminadas, como celulares, mesas, maçanetas, brinquedos, teclados de computador etc. O vírus pode se espalhar pela boca ou pelo nariz de uma pessoa infectada, em pequenas partículas líquidas expelidas quando elas tossem, espirram, falam, cantam ou respiram. O tamanho dessas partículas vai de gotas respiratórias maiores até aerosois menores. A infecção pode ocorrer caso se inale o vírus quando estiver perto de alguém que tenha covid-19 ou se tocar uma superfície contaminada e, em seguida, passar as mãos nos olhos, nariz ou boca.

O vírus se espalha com mais facilidade em locais fechados e em multidões. Os sintomas mais comuns dessa infecção podem incluir: febre, tosse, dificuldade para respirar e batimento de asa do nariz. A orientação médica é que, tendo algum sintoma de gripe, o melhor é ficar em casa por 14 dias. Caso se observe que o quadro clínico piorou, como, por exemplo, falta de ar, deve-se procurar imediatamente um hospital de referência.

Conceito de sistema imunológico

O sistema imunológico é a defesa do corpo contra organismos infectantes chamados de patógenos, como os vírus e as bactérias. O corpo possui vários mecanismos de defesa como a barreira cutânea, células sanguíneas, anticorpos e outros componentes. Nesse sentido, há duas divisões funcionais, o sistema imune inato e o adaptativo. Inato significa algo com a qual a pessoa nasce, então a imunidade inata não requer encontros anteriores com um microrganismo ou outros invasores para funcionar com eficiência: responde imediatamente aos invasores, sem precisar aprender a reconhecê-los. O sistema imune inato se caracteriza por responder aos estímulos de maneira não específica, sendo composto por neutrófilos, eosinófilos, basófilos, monócitos, células *natural killer*, sistema complemento, proteínas de fase aguda e enzimas (Ayres, 2017). Ele responde rapidamente às ameaças, enfraquecendo-as, entretanto, não se trata de um processo específico para os microrganismos invasores.

O outro tipo de resposta imunológica que pode ocorrer é a adaptativa ou adquirida, que leva de 3 a 7 dias para funcionar de forma eficaz, porém sua resposta tem mais eficiência e, na maioria dos casos, elimina a infecção. Ao combater uma ameaça, o sistema imunológico adquirido "lembra" informações sobre ela, permitindo uma proteção mais eficaz contra o mesmo agente infeccioso no futuro. Essa "memória" da doença, que previne infecções repetidas, é o que se chama de imunidade (Arosa; Cardoso; Pacheco, 2012).

A produção de anticorpos é um passo essencial para combater muitas infecções e ganhar imunidade, mas não é o único mecanismo de defesa do organismo. Uma parte menos conhecida do sistema imunológico adaptativo são as células T, que comandam o sistema inato e também atuam na linha de frente, destruindo as células invasoras. Estudos mostraram que algumas pessoas que lutaram com sucesso contra a covid-19 têm poucos anticorpos. Outros estudos sugerem que a atividade das células T é um indicador de melhor imunidade à covid-19 e já estão disponíveis testes para identificar anticorpos, chamados de sorologia, para a covid-19, podendo ser testes rápidos ou exames laboratoriais (Melgaço; Azamor; Bom, 2020).

Existem também testes para atividade de células T, porém são mais difíceis de obter do que os testes sorológicos. A covid-19 ainda gera muitas dúvidas e novas idéias, assim, estudos recentes sobre o papel das células T, no combate ao novo coronavírus, destacam que os anticorpos após uma infecção viral, não costumam ocorrer, principalmente em condições leves ou assintomáticas. A busca por uma melhor compreensão desse mecanismo tem sido essencial nas pesquisas destinadas ao tratamento e vacinação contra a doença (Melgaço; Azamor; Bom, 2020).

Um desses estudos, realizado na Suécia, identificou novas células T específicas do coronavírus em pessoas expostas à doença, mas sem o sistema imunológico, e em pessoas com histórico de covid-19 assintomático ou leve. Isso chama a atenção para o potencial papel protetor das células T, mesmo em pessoas que não possuem anticorpos do novo coronavírus. No entanto, esse estudo não foi revisado por pares e, por isso, deve ser interpretado com cuidado. Permanecem questões sobre se todas as pessoas produzem uma resposta imune após a infecção pela covid-19 e quanto tempo duram os efeitos imunológicos. Além disso, o sistema imunológico não parece estar diretamente relacionado aos anticorpos, dificultando o uso de testes sorológicos, que são utilizados como estratégias para reduzir o isolamento social (Melgaço; Azamor; Bom, 2020).

Durante toda a sua vida, o ser humano é diretamente bombardeado por milhões de corpos microscópicos estranhos, sejam eles vírus, bactérias, protozoários, fungos etc. Esses pequenos corpos estão espalhados por todos os lugares: ar, água, solo e, mesmo, alimentos, sendo, assim, impossível para um indivíduo não entrar em contado com algum deles. Então, se o corpo humano é invadido todos os dias por esses corpos estranhos potencialmente patogênicos, o que garante que não haja, a todo o momento, muito mais pessoas doentes ou perecendo, acometidas por uma doença? A resposta é simples: sistema imunológico.

O sistema imunológico é constituído por uma complexa rede de células e moléculas dispersas por todo o organismo e se caracteriza biologicamente pela capacidade de reconhecer especificamente determinadas estruturas moleculares ou antígenos (substâncias capazes de induzir o organismo a uma resposta imune) e desenvolver uma resposta efetora diante desses estímulos, provocando a sua destruição ou inativação. Portanto, representa um sistema eficaz de defesa contra microrganismos que penetrem no organismo ou contra a transformação maligna de células. Essa função de defesa é essencial contra o desenvolvimento de infecções e tumores, sendo esse sistema complexo e interativo o responsável pelo controle das defesas do nosso organismo (Ayres, 2017).

A principal função do sistema imunológico é a proteção sobre ataques externos, como bactérias, fungos, vírus protozoários etc. e homeostase do organismo, ou seja, a capacidade de manter o corpo em equilíbrio. O sistema imunológico é uma entidade de defesa notavelmente adaptável, que pode gerar uma variedade enorme de células e moléculas capazes de reconhecer e eliminar uma quantidade limitada de microrganismos invasores.

O sangue de mamíferos possui uma rede de proteção chamada de leucócitos (glóbulos brancos), que possuem especificidades. Os leucócitos são divididos em dois grupos, os granulócitos e os agranulócitos; dentre os granulócitos há uma subdivisão que consiste em neutrófilos, eosinófilos e basófilos; os neutrófilos são a primeira linha

defesa: quando há qualquer infecção, eles são direcionados para agir imediatamente na proteção da área exposta e vulnerável; os eosinófilos são os responsáveis por infecções por parasitas e reações alérgicas; basófilos são conhecidos por secretar heparina (anticoagulante) e histamina (vasodilatador), acionados em reações alérgicas. Dentre os agranulócitos os dois tipos de leucócitos são: linfócitos e monócitos. Linfócitos são responsáveis por capturar corpos estranhos na corrente sanguínea, como bactérias e vírus, e levar para o sistema linfático, onde são eliminados. Monócitos são poucos funcionais no sangue, atuando melhor nos tecidos.

No tecido hematopoiético, também há presença de plaquetas. As plaquetas são fragmentos citoplasmáticos anucleados presentes no sangue e produzidos na medula óssea a partir dos megacariócitos, células polinucleadas de grande porte. Qualquer ação tomada pelo sistema imunológico é totalmente voltada para proteção do organismo, atacando tudo que é estranho e potencialmente perigoso.

Estruturas que compõem o sistema imunológico

As defesas do organismo incluem barreiras físicas, glóbulos brancos, anticorpos e proteínas, órgãos linfoides etc. A primeira linha de defesa contra os invasores é constituída por barreiras mecânicas ou físicas: pele, córneas dos olhos, membranas que revestem os aparelhos respiratório, digestivo, urinário e reprodutor etc. Enquanto essas barreiras permanecem intactas, muitos invasores não conseguem penetrar o organismo. Quando uma barreira se rompe (por exemplo, quando uma queimadura extensa lesiona a pele), o risco de infecção aumenta. Além disso, as barreiras encontram-se defendidas por secreções que contêm enzimas capazes de destruir as bactérias. O suor, as lágrimas e as secreções (aparelho respiratório, digestivo e reprodutor externo) também são exemplos de barreiras.

Glóbulos brancos

A linha de defesa seguinte envolve glóbulos brancos (leucócitos) que se deslocam através da corrente sanguínea e penetram nos tecidos para detectar e atacar microrganismos e outros invasores. Os leucócitos participam tanto da imunidade inata (natural), quanto da imunidade adaptativa (adquirida).

Na imudidade inata estão presentes diversos tipos de glóbulos brancos: os fagócitos, que incluem macrófagos, neutrófilos, monócitos e células dendríticas, ingerem os invasores; alguns glóbulos brancos, como basófilos e eosinófilos, liberam substâncias envolvidas em inflamações, como citocinas, e em reações alérgicas, como a histamina. Algumas dessas células conseguem destruir invasores diretamente.

Na imunidade adquirida, os glóbulos brancos chamados linfócitos (células B e células T) se deparam com um invasor, aprendem a atacá-lo e reconhecem o invasor específico a fim de atacá-lo de forma ainda mais eficaz no próximo encontro. A imunidade adquirida demora a se desenvolver depois de um encontro inicial com um novo invasor, pois os linfócitos têm que se adaptar. Mas, depois desse tempo, a resposta é rápida. As células B e as células T trabalham juntas para destruir os invasores. Para serem capazes de reconhecer invasores, as células T precisam de ajuda das células chamadas apresentadoras de antígenos, como células dendríticas. Estas, ingerem os invasores ou decompõem-nos em fragmentos.

Moléculas que compõem o sistema imunológico

A imunidade inata e a imunidade adquirida interagem, influenciando-se de forma recíproca e direta ou através de moléculas que atraem ou ativam outras células do sistema imunológico, como parte da fase de mobilização das defesas. Essas moléculas incluem: citocinas (que

são as mensageiras do sistema imunológico); anticorpos; e proteínas do complemento (que formam o sistema de complemento). Essas substâncias não estão contidas nas células, encontrando-se dissolvidas em um fluido do organismo, o plasma (a parte líquida do sangue).

Algumas dessas substâncias, inclusive algumas citocinas, estimulam a inflamação, que ocorre quando as células do sistema imunológico são atraídas ao tecido afetado. Para ajudar essas células a chegarem a esse tecido, o organismo envia mais sangue a ele e, para mais sangue chegar ao tecido, os vasos sanguíneos dilatam-se e tornam-se mais porosos, permitindo que mais fluidos e células saiam dos vasos sanguíneos e penetrem o tecido. Com isso, a inflamação tende a causar vermelhidão, aquecimento local e inchaço. O objetivo da inflamação é conter a infecção para que não se propague. As outras substâncias produzidas pelo sistema imunológico ajudam a resolver a inflamação e os tecidos danificados são curados. Apesar de a inflamação ser incômoda, é uma indicação de que o sistema imunológico está fazendo seu trabalho. Entretanto, inflamações excessivas ou de longa duração (crônicas) podem ser prejudiciais e devem ser investigadas.

Órgãos linfoides

O sistema imunológico é constituído por vários órgãos, além de células dispersas por todo o corpo. Esses órgãos são classificados em órgãos linfoides primários ou secundários. Nos órgãos linfoides primários, medula óssea e timo, os glóbulos brancos são produzidos e/ou multiplicados. A medula óssea produz todos os diferentes tipos de glóbulos brancos, inclusive neutrófilos, eosinófilos, basófilos, monócitos, células B e células que se tornam as células T (células T precursoras). No timo, as células T se multiplicam e são treinadas para reconhecer antígenos estranhos e ignorar os antígenos próprios do organismo. As células T são essenciais na imunidade adquirida. Os glóbulos brancos, especialmente da medula óssea, são mobilizados quando é preciso

defender o organismo: entram de imediato na corrente sanguínea e deslocam-se até à parte do corpo onde sua presença é necessária.

Os órgãos linfoides secundários incluem o baço, os linfonodos, as amídalas, o apêndice e as placas de Peyer no intestino delgado. Esses órgãos retêm os microrganismos e outras substâncias estranhas e proporcionam um lugar onde as células maduras do sistema imunológico se acumulam, interagem umas com as outras e com as substâncias estranhas, gerando uma resposta imunológica específica.

Os linfonodos encontram-se dispostos de forma estratégica no organismo, estando ligados entre si por uma extensa rede de vasos linfáticos: o sistema linfático, pelo qual circula a linfa, um fluido de composição semelhante ao plasma sanguíneo. O sistema linfático transporta microrganismos, outras substâncias estranhas, células cancerígenas e células mortas ou lesionadas desde os tecidos aos linfonodos, onde essas substâncias e células são filtradas ou destruídas. Uma vez filtrada, a linfa é devolvida à corrente sanguínea. Os linfonodos estão entre os primeiros órgãos nos quais células cancerígenas podem se propagar e, por este motivo, oncologistas (médicos especializados no diagnóstico e tratamento do câncer) costumam examiná-los para determinar se apresentam nódulos inchados, o que pode ser um indicativo do avanço da doença. Os linfonodos também podem inchar após uma infecção, pois as respostas imunológicas adquiridas contra as infecções são geradas neles; por exemplo, bactérias ou outros microrganismos (vírus, fungos etc.) levados a eles e não eliminados podem ocasionar uma infecção denominada linfadenite.

Relações do sistema imunológico com os órgãos do corpo humano

Apesar de ser comprovado que a covid-19 afeta vários órgãos do corpo, como os rins e o coração, é o sistema respiratório que é primordialmente afetado pelo coronavírus, sendo a tosse, a coriza e outros sintomas gripais frutos do seu ataque às vias respiratórias.

Um sinal evidente de que os pulmões foram afetados é a falta de ar, sintoma que ficou conhecido por caracterizar a doença. Em casos graves, é possível que os alvéolos pulmonares sejam danificados, havendo o comprometimento das trocas gasosas.

Devido aos processos de transmissão da covid-19, o aparelho respiratório superior é o primeiro local atacado pelo vírus, que causa irritação nas células de revestimento das fossas nasais e da traqueia após a ingestão ou inalação. A replicação do vírus faz com que os organismos invasores se dispersem primeiramente pelo sistema respiratório, passando pelos brônquios e bronquíolos até que os sinais da infecção sejam evidentes no pulmão, um dos órgãos vitais do corpo humano.

A covid-19 gera uma inflamação nos pulmões, que se enchem de água como mecanismo de defesa. O ataque é considerado mais grave quando o vírus chega aos alvéolos pulmonares, encarregados pela oxigenação do sangue. Devido ao processo de inflamação e à presença de água, os alvéolos não fazem a oxigenação de forma eficaz, o que compromete todos os outros órgãos e sistemas do corpo humano.

Partindo dos pulmões, o coronavírus pode continuar a se espalhar pelo restante dos órgãos vitais do corpo, inclusive atingindo o intestino e o estômago. Ao entrar em contato com a corrente sanguínea, esse agente infeccioso pode causar inflamações nos vasos sanguíneos, infectando as células dos rins e do coração, que, além dos pulmões, é um dos órgãos vitais mais afetados pela doença e, por isso, comorbidades como problemas cardíacos estão relacionados com mais da metade dos casos graves e mortes provocados pela covid-19. Em relação aos rins, apesar de seu comprometimento ser um sinal de gravidade da doença, também podem ser afetados em casos mais leves. A causa da infecção de vários sistemas e órgãos na fase mais grave da doença é a oxigenação inadequada e como os rins são órgãos sensíveis às mudanças de oxigenação no sangue, também são bastante afetados pela doença (O que [...], 2020).

Fortalecimento do sistema imunológico

Muitas notícias falsas circularam após o surgimento da covid-19, mas muitos estudos idôneos continuam sendo desenvolvidos sobre a doença. Segundo a endocrinologista Ana Flávia Torquato, há registros da relação bidirecional entre doenças metabólicas e risco de desenvolvimento de quadros mais graves após infecção pela covid-19, por exemplo. O melhor método de prevenção contra a doença é o fortalecimento do sistema imunológico (Sistema [...], 2021). Sabidamente, para o fortalecimento e o melhor funcionamento do sistema imunológico é importante estar atento aos seguintes aspectos na vida cotidiana:

- Quantidade adequada de sono: a falta de sono desregula os níveis de cortisol e diminui a capacidade de defesa do sistema imune.
- Prática regular de exercícios físicos: atividades físicas incentivam o corpo a trabalhar de uma forma melhor, mantém as células ativas, gasta energia e diminui o estresse;
- Ingestão adequada de água (Quadro 1): 70% da composição do corpo humano é água, que é essencial para o funcionamento do corpo, ajudando na regulação da temperatura corporal, auxiliando na absorção dos nutrientes e melhorando o metabolismo como um todo.

Quadro 1 – Como estimar a quantidade de água a ser ingerida diariamente em função da idade e do peso corporal

Quanto de água beber por dia	
Jovem ativo	peso (kg) x 40 ml
Adulto	peso (kg) x 35 mL
Idoso	peso (kg) x 30mL

Fonte: Codarin; Prada (2020).

- Alimentação regular e bem balanceada: alguns alimentos ajudam a fortalecer o sistema imunológico, como os antioxidantes, substâncias que combatem os radicais livres e protegem as células da oxidação; diversos nutrientes agem como antioxidantes, como as vitaminas A, C e E, bem como alguns minerais como o selênio, magnésio e zinco, podendo ser encontrados em frutas, legumes e verduras, grãos integrais e castanhas. Cabe ressaltar que muitas dúvidas surgiram em relação à vitamina C, que não ajuda a prevenir contra a covid-19, especificamente, mas contribui para o equilíbrio do organismo e a saúde em geral (Codarin; Prada, 2020; Sistema [...], 2021).

Finalizando a jornada, na certeza de que a aventura continua

A partir das informações apresentadas sobre o sistema imunológico, bem como sobre a covid-19, ressaltamos a importância do conhecimento sobre essa doença e os cuidados necessários para se prevenir e evitar o contágio e a transmissão. Vale enfatizar a relevância de se divulgar informações corretas e científicas, levando em consideração que notícias falsas geram medo e decisões equivocadas. Neste sentido, reconhecendo que cabe aos professores de Ciências e Biologia conhecerem os aspectos biomédicos do sistema imunológico, este trabalho deve contribuir para melhoria das aulas nessas áreas e em outras.

Referências

AROSA, F. A.; CARDOSO, E. M.; PACHECO, F. C. **Fundamentos de Imunologia**. 2 ed. Lisboa: Lidel, 2012.

AYRES, A. R. G. Noções de imunologia: sistema imunológico, imunidade e imunização. *In*: SILVA, M. N., FLAUZINO, R. F., GONDIM, G. M. M., eds. **Rede de frio**: fundamentos para a compreensão do trabalho [online]. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, 2017, p. 239-256. Disponível em: https://books.scielo.org/id/m4kn3/pdf/silva-9786557080917-11.pdf. Acesso em: 22 fev. 2025.

CODARIN, M. A. F.; PRADA, M. C. A. (org.) **Orientações nutricionais**: foratalecimento do sistema imunológico. Prefeitura Munucipal de Campinas, 2020. Disponível em: https://saude.campinas.sp.gov.br/especialidades/nutricao/Orientacoes_Nutricionais_Fortalecimento_sistema_imunologico.pdf. Acesso em: 22 fev. 2025.

MELGAÇO, J. G.; AZAMOR, T.; BOM, A. P. D. A. Protective immunity after COVID-19 has been questioned: What can we do without SARS-CoV-2-IgG detection? **Cellular Immunology**, v. 353, p. 104-114, jul. 2020. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0008874920302501. Acesso em: 22 fev. 2025.

O QUE o corona vírus faz com o corpo. 2020. 1 vídeo (20 min). **Canal Paulo Jubilut**. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=6EcnJoYd5oI. Acesso em: 22 fev. 2025.

SISTEMA imunológico e Covid-19: saiba como fortalecer seu organismo. **UNIFOR**, 2021. Disponível em: https://unifor.br/web/saude/sistema-imunologico-e-covid-19-saiba-como-fortalecer-seu-organismo. Acesso em: 22 fev. 2025.

Revisitando a covid-19: compreensão e reflexões

Pedro Henrike Ferreira Serra
Pedro Guilherme Gaspar Caldas
Rubens Ferreira Rosa Neto
Samira Bezerra Machado
Thalyana Moraes Silva
Thaylane Caroline Samenezes Bulhoes
Lyzette Gonçalves Moraes de Moura
Jackson Ronie Sá-Silva
Nilvanete Gomes de Lima

Desvendando a covid-19

Por volta da década de 1930, observou-se que três doenças identificadas em animais diferentes e sem parentesco eram causadas por vírus: bronquite infecciosa aviária (aves), hepatite murina (camundongos) e gastroenterite suína transmissível (porcos). Contudo, somente em 1965, o primeiro coronavírus responsável por resfriados em humanos, foi descrito ao ser observado experimentalmente. Este vírus foi isolado em 1966 e nomeado como HcoV-229E; outro vírus foi isolado em 1967 e chamado de HCoV-OC43, estando também envolvido com resfriados em pessoas. O nome "coronavírus" surgiu por volta de 1969, na mesma década em que se instituiu que esses dois micro-organismos pertenciam ao mesmo grupo de vírus responsáveis pelas doenças identificadas em animais.

A família *Coronaviridae* foi proposta em 1975 e, atualmente, é formada por quatro gêneros: alfa coronavírus, beta coronavírus, gama coronavírus e delta coronavírus. Os dois primeiros gêneros são mais contagiosos em mamíferos, dos quais, os morcegos são os principais reservatórios; os outros dois gêneros, gama e delta, são mais comuns em aves. Estima-se que a transmissão desse vírus de seu reservatório natural, o morcego, para a espécie humana, ocorreu através de um pequeno mamífero carnívoro do sudeste asiático, o civeta-de-palma-mascarada (*Paguma larvata*), no entanto, também há indícios de que os pangolins (*Manis javanica*) sejam um dos hospedeiros intermediários, dentre aqueles já definidos, para a transferência viral à humanos.

Com o avanço dos estudos sobre os coronavírus, foram criados testes sorológicos para determinar a presença de anticorpos produzidos em resposta às infecções por eles causadas. Devido ao fato dessas infecções apresentarem graus leves a moderadas, os coronavírus não suscitaram o interesse das comunidades médicas e científicas até 2002, quando houve, na cidade de Guangdong, China, o surgimento da Síndrome Respiratória Aguda Grave, popularmente conhecida pela sigla SARS, do nome em inglês *Severe Acute Respiratory Syndrome*, e a descoberta no ano de 2003 de que ela era causada por um coronavírus até então desconhecido, denominado posteriormente como SARS-CoV. Posteriormente, a síndrome se espalhou por Hong Kong, infectando quase duas mil pessoas e levando quase trezentas à morte (Hong Kong [...], 2003). A partir do ano de 2002, a síndrome se alastrou por vinte e nove países e prosseguiu até julho de 2003, levando a mais de oito mil casos confirmados e quase oitocentas mortes, sendo, porém, contida e não levando a outros casos a partir de 2004. A taxa de mortalidade naquele período, em Hong Kong foi de 17% e, de 11%, nos demais países.

Vários coronavírus foram descritos desde o surgimento da SARS. Dois deles infectam humanos, o HCoV-NL63 e o HKU1, que foram isolados de pacientes que apresentaram infecções respiratórias altas ou baixas. No ano de 2012, houve no Oriente Médio um surto de

uma nova infecção respiratória grave, denominada MERS, que também foi causada por um coronavírus desconhecido até então, o MERS-CoV. Apesar de o primeiro caso de MERS ter sido relatado em Jeddah, na Arábia Saudita (Zaki *et al*. 2012), retrospectivamente se observou que na Jordânia existiram casos em trabalhadores da área da saúde de uma unidade de terapia intensiva, havendo, até hoje, notificações de casos de MERS naquela região. O hospedeiro intermediário do MERS-CoV é o dromedário, que o transmite aos humanos, embora a maioria dos casos conhecidos, até agora, tenho ocorrido por transmissão inter-humana, em estabelecimentos de saúde. Este vírus também não era conhecido, mas provocou um surto na Península Arábica, que se espalhou para vinte e sete países em abril de 2012, contaminando mais de duas mil e quinhentas pessoas e levando a mais de oitocentas mortes, com uma taxa de letalidade de 34,4% (Wallace, 2020).

O SARS-CoV-2 é o sétimo coronavírus descoberto, capaz de infectar humanos. A maioria desses vírus, incluindo o MERS-CoV, têm como ancestral o coronavírus de morcegos, com exceção do HCoV-OC43 e do HKU1, que se originaram de coronavírus de roedores. O SARS-CoV-2, o SARS-CoV e o MERS-CoV são causadores de infecções graves e de epidemias, enquanto os outros quatro são causas comuns de resfriados e, estima-se, que causem de 10 a 30% das infecções respiratórias altas em humanos adultos. Não está estabelecido se infecções prévias por um ou mais desses quatro coronavírus podem ter alguma influência na resposta imune de uma pessoa infectada pelo SARS-CoV-2 (Gräf, 2020).

A pandemia da covid-19: o dia em que a mundo parou

Em dezembro de 2019, houve um alerta emitido pela Organização Mundial de Saúde, OMS, comunicando que, na cidade de Wuhan (China), estavam ocorrendo casos preocupantes de pneumonia, que, mais tarde, foram confirmados como decorrentes de uma nova

cepa do coronavírus. Com o passar dos meses, a situação na China se agravou, havendo um aumento significativo de casos e, em 2020, parte do mundo já sentia o impacto do vírus que se espalhava pela Ásia. Apesar disso, muitos países em todo o mundo não se prepararam para o enfrentamento de uma epidemia e, a maior parte deles comemorou a nova década do século XXI, sem qualquer conhecimento dessa situação.

Em janeiro de 2020, após novo alerta da OMS, autoridades em todo o mundo verificaram e, eventualmente, confirmaram que, de fato, havia um novo tipo de coronavírus, já amplamente disseminado. De acordo com a Organização Pan-Americana da Saúde, OPAS, os coronavírus eram considerados a segunda principal causa do resfriado comum (após o rinovírus), mas raramente causavam doenças mais graves em humanos. Todavia, em fevereiro do mesmo ano, o coronavírus foi nomeado como SARS-CoV2, tornando-se o mais novo daqueles capazes de afetar os humanos (Histórico [...], 2023).

No dia 30 de janeiro de 2020, a OMS declarou o surto do novo coronavírus como uma pandemia, bem como que trabalharia fortemente com as autoridades da China para descobrir o funcionamento do vírus o mais rápido possível. Contudo, muitos países, governantes e pessoas não levaram a sério a declaração e continuaram suas rotinas normalmente. Dessa forma, vários eventos e festas continuaram a acontecer, mesmo com o alto risco de proliferação do vírus, incluindo eventos esportivos em diversos continentes e grandes festivais, como as festas de Carnaval no Brasil.

Até meados de fevereiro de 2020, muitos países ainda ignoravam a situação mais que alarmante na China, o que acarretou graves consequências ao mundo. No entanto, o rápido aumento dos casos levou grande preocupação à população em geral e ao poder público, o que suscitou discussões sobre potenciais meios de prevenção e, então, ações efetivas foram tomadas, como a realização de campanhas de reeducação higiênica, recomendação e/ou obrigatoriedade de distanciamento social e uso de máscaras. Governos passaram a auxiliar

e incentivar a prevenção, eventos com a presença massiva de público, foram cancelados e, qualquer aglomeração, foi proibida, reconhecendo-se, mundialmente, o enfrentamento de uma pandemia.

Com as restrições da pandemia, as pessoas precisaram permanecer a maior parte do tempo em casa, o que, por um lado, trouxe maior união familiar, mais diálogo e presença dos pais ou responsáveis na vida das crianças e adolescentes, enquanto, por outro lado, ocasionou notável aumento dos casos de violência doméstica. Além disso, a busca por entretenimento remoto cresceu expressivamente, com maior consumo de programas de TV em geral e, principalmente, seriados, como *realities shows* e séries, gerando um grande lucro para empresas de TV a cabo e *streamings*.

Nesse contexto, a grande dúvida foi se a pandemia teria um fim em algum momento ou se a sociedade precisaria se adaptar à situação de convivência com o novo coronavírus? No entanto, com os efeitos globais da pandemia, esforços foram reunidos em todo o mundo nos diversos ramos das ciências, viabilizando o desenvolvimento de vacinas, a partir dos estudos iniciados desde o retorno do vírus em 2012.

Para a população em geral, incluindo o poder público em diversas nações, as vacinas para o SARS-CoV teriam sido criadas após estudos iniciados somente com a pandemia, um entendimento descontextualizado que sugeria uma evolução extremamente rápida e, portanto, ainda mais suscetível a falhas e, mesmo, danos maiores que a própria doença. Devido a essa desinformação, foi notório o surgimento de dúvidas e, consequentemente, movimentos "antivacina", que atacaram desde sua origem e processo de produção à eficácia e procedimentos de aplicação, apresentando potenciais reações adversas como indícios de efeitos permanentemente nocivos a curto ou longo prazo. Tais posições foram, e seguem, bastante disseminadas, sobretudo com a potencialização da divulgação de informações (errôneas ou verídicas) promovida pela própria pandemia, sendo as *fake news* ("notícias falsas", em tradução livre) os principais veículos de propagação desses posicionamentos.

A OMS declarou o fim da Emergência de Saúde Pública de Importância Internacional (ESPII) referente à covid-19, ou seja, o fim da pandemia, em 5 de maio de 2023. Entretanto, muitos países, incluindo o Brasil, mantêm as campanhas de vacinação e o estímulo à manutenção de hábitos higiênicos promovidos durante a pandemia e que também podem minimizar a contaminação por outros vírus, como o uso de máscaras em ambientes públicos e a lavagem frequente e adequada das mãos.

Biologia do SARS-CoV-2

A covid-19 é uma infecção respiratória aguda causada pelo coronavírus SARS-CoV-2, potencialmente grave, de elevada transmissibilidade e de distribuição global. O SARS-CoV-2 é um beta coronavírus pertencente ao subgênero Sarbec Vírus da família *Coronaviridae* e descoberto em amostras de lavado broncoalveolar obtidas de pacientes com pneumonia de causa desconhecida na cidade de Wuhan, província de Hubei, China, em dezembro de 2019.

Os vírus SARS-CoV, responsável pela covid-19, e MERS-CoV foram os responsáveis pela transmissão de diversas doenças nas últimas duas décadas, sendo ambos capazes de infectar humanos a partir de hospedeiros intermediários. Os coronavírus, tanto SARS, quanto MERS, têm como hospedeiros naturais os morcegos e hospedeiros intermediários, que levam à infecção de humanos, o civeta-de-palma-mascarada e o dromedário, respectivamente (Coleman; Frieman, 2014; Mackay; Arden, 2015; Wong *et al*., 2019). Os hospedeiros intermediários possibilitam que os vírus entrem na população humana; mas antes há várias rodadas de replicação e mutações (Bolles *et al*., 2011; Wong *et al*., 2019).

Após a infecção humana, o vírus se comporta como uma infecção gripal comum, tanto em sintomas, quanto em transmissão,

propagando-se principalmente pelo contato entre mucosas e gotículas expelidas pela boca ou nariz, através de tosses e espirros, que podem contagiar uma pessoa diretamente ou através das áreas e objetos onde essas gotículas também caem, como em mesas, cadeiras, roupas, palmas das mãos etc.

Cada um dos coronavírus capazes de infectar humanos pode levar a infecções graves do trato respiratório inferior, afetando todas as faixas etárias, mas sendo, geralmente, mais grave em indivíduos com comorbidades subjacentes (Tosta, 2023). O SARS-CoV e o MERS-CoV são de origem zoonótica, altamente patogênicos e levaram a epidemias de doenças nas últimas duas décadas (2000 e 2010). O SARS-CoV-2 é um membro altamente patogênico da família dos coronavírus e, devido à alta taxa de mortalidade da pandemia de covid-19, tornou-se urgente o entendimento da patogênese molecular do SARS-CoV-2, a fim de que fossem elaboradas intervenções eficientes e estratégias para o desenvolvimento de vacinas.

Os coronavírus, como MERS e SARS, podem atravessar as barreiras das espécies e causar doenças graves em humanos. Antes de 2002, os coronavírus eram considerados exclusivamente como patógenos veterinários e agentes causadores do resfriado comum em humanos. Somente a partir dos surtos de SARS no período de 2002-2003, a comunidade científica percebeu o potencial de propagação e danos em humanos.

Os sinais e sintomas iniciais da covid-19 se assemelham aos do resfriado comum, com falta de ar, tosse e dor no peito, progredindo para desconforto respiratório e síndrome de angústia respiratória do adulto (sigla ARDS, do inglês *Acute Respiratory Distress Syndrome*). Durante a pandemia, nessas circunstâncias, além das lavagens frequentes e apropriadas das mãos, foi estimulado e, em muitos casos ou ocasiões, obrigatório, que as pessoas usassem máscara facial e mantivessem distanciamento ou isolamento social. Aqueles com contato infeccioso próximo, apresentando ou não quaisquer sintomas, foram colocados

em quarentena, por 14 dias. Com essas precauções, à época, começou a haver uma redução paulatina do número de casos e, posteriormente, seu declínio, o que demonstra que medidas simples podem auxiliar a controlar o avanço da doença.

A disseminação intraespécies e interespécies do coronavírus

Em 2020, a Organização Mundial da Saúde (OMS) classificou a covid-19 como uma pandemia, considerando sua rápida e ampla disseminação, além da abrangência global. A propagação de doenças zoonóticas comuns em espécies não humanas e sua evolução de um hospedeiro natural para hospedeiros intermediários são exacerbadas pelo tráfico de animais selvagens, destruição de *habitat* e mudanças climáticas, fenômenos que aproximam humanos e animais. O coronavírus SARS, assim como ebola, gripe aviária e vários outros, é apenas um exemplo de uma série de patógenos que proliferaram mundialmente em decorrência, sobretudo, desses problemas. Animais selvagens podem abrigar patógenos capazes de provocar doenças em outros animais, incluindo humanos e, a partir da caça ilegal e do tráfico de animais selvagens, diversos espécimes são presos e levados a mercados, a fim de serem vendidos para uso em experimentos de indústrias farmacêutica e cosmética, como animais de estimação ou, mesmo, como alimentos exóticos, fazendo com que várias espécies, que nunca ou raramente estiveram em contato imediato, estejam próximas. Isso facilita aos patógenos zoonóticos a ultrapassagem de barreiras, promovendo a disseminação de cepas virulentas entre humanos.

A abordagem legal dessa questão, com o combate ao comércio ilegal de vida selvagem e à invasão de *habitats* naturais, pode contribuir para evitar o surgimento e disseminação de novas doenças entre humanos, além de proteger as demais espécies da caça predatória, que, historicamente, tem levado à extinção de inúmeras espécies. Seguindo

essa abordagem, durante a pandemia, mercados de animais selvagens foram fechados na China.

Classificação e estrutura molecular

O SARS-CoV-2 é um vírus de RNA de fita simples, pleomórfico, envelopado, de sentido positivo, com um tamanho de genoma variando de 26 a 32 quilobases (Siqueira; Rodrigues; Oliveira, 2022). O tamanho de seu virion (partícula infecciosa viral completa) é de aproximadamente 80-160 nm de diâmetro (Stephens *et al.*, 2009). A estrutura tridimensional do virion SARS-CoV-2 recém-emergido mostra que o ácido nucléico e as proteínas não são encontradas sob uma bicamada lipídica. Portanto, o SARS-CoV-2 é conhecido como um vírus envelopado, que utiliza lipídios da célula hospedeira quando brota para formar um novo virion (Uzunia, 2020).

Semelhante a outros coronavírus, o SARS-CoV-2 se liga ao receptor da enzima conversora de angiotensina 2 (ACE-2) nas células epiteliais. SARS-CoV, MERS-CoV e SARS-CoV-2 têm quatro proteínas estruturais: proteína spike (S), proteína de nucleocapsídeo (N), proteína de "matriz" de membrana (M) e proteínas de envelope (E); no entanto, a montagem dessas proteínas no virion infeccioso leva a toxicidade e infecciosidade distintas. O SARS-CoV-2 mostra 79,0% e 51,8%, respectivamente, de identidade de sequência de nucleotídeos para SARS-CoV e MERS-CoV, respectivamente. Está intimamente relacionado ao coronavírus do tipo SARS de origem em morcegos (Bat-SL-CoZ C 45) com 87,6 a 89% de identidade de nucleotídeos (Oliveira, 2020).

As partículas virais do SARS-CoV-2 aparecem como estruturas amorfas limpas, com proteínas transmembranares definidas decorando uma membrana externa de bicamada fosfolipídica. Dentro do envelope, as partículas virais do SARS-CoV-2 carregam uma fita de um genoma de RNA de sentido positivo de 30 Kb (quilobases) que codifica 4

proteínas estruturais. As proteínas N protegem o genoma viral das células hospedeiras externas. Após a entrada na célula, a proteína N se desprende e o genoma viral é traduzido diretamente pelos ribossomos da célula hospedeira. Os vírus não produzem seus próprios lipídios; em vez disso, eles redirecionam os lipídios do hospedeiro para sua replicação e morfogênese. As outras três proteínas estruturais (E, M, S) formam o envelope viral, que é incorporado na bicamada lipídica celular reaproveitada antes de brotar da célula infectada (Stephens *et al*., 2009; Uzunia, 2020).

Sob microscopia eletrônica, as proteínas de superfície, particularmente as proteínas S, têm a aparência de uma coroa ao redor da partícula viral e dão ao vírus seu nome comum, coronavírus. Ou seja, as características dos coronavírus são as projeções em forma de bastão que se projetam da superfície do virion e lhes conferem uma aparência de uma coroa solar. A proteína mais abundante do lado de fora da membrana viral é a glicoproteína M, que atua ligando o genoma do ácido nucleico à superfície interna da membrana da célula hospedeira. O domínio C-terminal das proteínas transmembranares entra em contato com a proteína N, que é importante para a fase de morfogênese do ciclo de vida viral em células hospedeiras suscetíveis a vírus. A ACE-2 se liga ao receptor do domínio de ligação (RBD) das proteínas spike (S), permitindo a fusão com a membrana da célula hospedeira. O RNA de fita simples de sentido positivo é liberado, parcialmente traduzido na proteína da polimerase SARS-CoV-2 e transcrito. As proteínas translacionais S, M e E do RNA subgenômico resultantes são levadas para a membrana do retículo endoplasmático da célula hospedeira e posteriormente combinadas com a proteína do nucleocapsídeo (N). Após o processamento de Golgi, todos os elementos são incorporados em um virion maduro e trafegados para a membrana celular para exocitose de partículas de SARS-CoV-2 recém-brotadas.

Tropismo de células e tecidos e patobiologia de doenças

Na infecção grave por covid-19, o sistema imunológico desregulado responde secretando citocinas de maneira descontrolada, levando a aumentos acentuados na liberação de citocinas ou a uma síndrome de "tempestade de citocinas". A razão neutrófilo-linfócito (NLR) é o principal indicador de tempestades de citocinas (hipercetonemia), com aumento da NLR no sangue devido aos níveis elevados de citocinas. O SARS-CoV-2 pode infectar monocitos, macrófagos, células dendríticas e linfócitos, que, juntos, desempenham um papel indispensável no desenvolvimento da tempestade de citocinas. Estas, são pequenas proteínas (por exemplo, IL-6, IL8, IL-10, TNF-α) liberadas para enviar sinais para o recrutamento de células imunes para combater o vírus, que é uma resposta essencial para a autodefesa contra qualquer infecção. Nos casos de covid-19, quantidades excessivas de citocinas são liberadas, aumentando drasticamente o recrutamento de leucócitos para vários órgãos do corpo, principalmente as células pulmonares, levando à síndrome do desconforto respiratório agudo (SDRA). Essas tempestades de citocinas já eram conhecidas em uma variedade de doenças virais, incluindo SARS, MERS, influenza e linfo-histiocitose hemofagocítica primária ou secundária (Brandão *et al.*, 2020; Sales; Hery; Besson, 2022).

O desenvolvimento da infecção por SARS-CoV-2 no pulmão inferior resulta na coleta de fluido dentro dos bronquíolos, interrompendo os revestimentos protetores tensoativos normalmente liberados pelos pneumócitos tipo II, o que leva à instabilidade alveolar e à descamação das células endoteliais. Além disso, a SDRA causa uma resposta imune hiperativa, localizando neutrófilos e aumentando a liberação de citocinas, levando ao acúmulo de espécies reativas de oxigênio, restos celulares e proteases. O edema resulta do acúmulo de proteínas no espaço intersticial e vasoconstrição via ativação plaquetária,

diminuindo ainda mais a capacidade de troca de oxigênio.

Um dos principais problemas da covid-19 é que os sintomas da doença são diversos e podem ter manifestações variadas entre os pacientes. Alguns sintomas são incrivelmente graves, enquanto outros são tão leves que os pacientes parecem assintomáticos. Em casos graves, ocorre um padrão típico de progressão da doença, mas pacientes com doença leve podem apresentar sinais de recuperação após a primeira semana, enquanto alguns podem apresentar sintomas persistentes ou piorar novamente rapidamente. Os sintomas mais comuns do covid-19, que incluem febre, dor muscular, dor de cabeça, tosse, dor de garganta e perda de paladar ou olfato, tendem a aparecer em cerca de 2 a 14 dias após a exposição ao vírus (Conheça [...], 2021).

Em casos graves, devido à infecção pulmonar intensa, surgem sinais de emergência, incluindo dificuldade em respirar devido à pneumonia. O curso clínico mais característico de pacientes graves com covid-19 é o desenvolvimento de Síndrome do Desconforto Respiratório Agudo (SDRA). Essa condição pulmonar, com risco de vida, impede que oxigênio suficiente atravesse os alvéolos para o sangue, tornando necessário o aumento do oxigênio para os pulmões, motivo pelo qual os pacientes são colocados em ventiladores mecânicos. Contudo, apesar desses esforços intensivos, aproximadamente 40% dos pacientes com SDRA não sobrevivem. Fisiopatologicamente, nos pulmões, a intensidade da presença de citocinas danifica o tecido pulmonar, levando à hipoxemia, juntamente com à falência de múltiplos órgãos em estágio final (Costa, 2022).

Sobre o futuro: perspectivas finais?

A situação epidemiológica complexa causada pela pandemia da covid-19 trouxe vários danos à esfera biomédica e social. O contágio acelerado do novo coronavírus resultou em hospitais sobrecarregados

com um grande número de infectados e mortos e, consequentemente, um colapso na saúde pública em inúmeros países. Tal condição ressaltou o despreparo dos profissionais de saúde para tais situações e o descaso da população em geral, levando a uma situação de extrema fragilidade emocional e física.

As medidas sanitárias estabelecidas levaram a população a novos hábitos higiênicos, a fim de buscar o máximo de segurança possível e evitar o novo coronavírus. Por outro lado, o distanciamento social, incluindo os períodos de quarentena, influenciou vários aspectos psicológicos, fazendo emergir uma série de situações que ainda mobilizam os sujeitos em suas fragilidades psicosocioculturais.

O contexto de confinamento relativo levou várias pessoas ao ápice de situações psicológicas e econômicas extremamente delicadas, uma vez que não podiam continuar exercendo seus trabalhos normalmente, prejudicando a renda e a economia mundial: lojas foram fechadas, empresas reduziram o número e/ou horas de trabalho de funcionários e profissionais autônomos e microempreendedores foram extremamente afetados.

Evidentemente, a pandemia da covid-19 atingiu drasticamente toda a sociedade, de todas as formas. A área de educação, assim como os setores comerciais, precisou se reinventar, enfrentando desafios completamente inusitados até então. A suspensão das aulas em um primeiro momento e, posteriormente, a adoção do ensino remoto, revelou fragilidades da comunidade escolar e do poder público, forçando-os a adotarem novos procedimentos e a se adequarem a novas metodologias, bem como a utilizarem ferramentas que já existiam, mas não eram exploradas ou apenas poucos as conheciam

O ensino de Ciências e, particularmente, de Biologia, teve um papel crucial nesse processo de adequação, facilitando a divulgação de informações verídicas sobre a pandemia em si e a assuntos correlatos, desde os conhecimentos atuais acerca de vírus até à relevância a respeito dos ecossistemas e à sua biota.

Para além disso, tornou-se ainda mais evidente a necessidade do conhecimento básico sobre os diversos tipos de infecções e o papel dos profissionais de saúde e de ensino na difusão desses conhecimentos, rompendo barreiras ideológicas, esclarecendo dúvidas da população em geral e, sobretudo, difundindo a ciência, o método científico e a veracidade de fatos.

Referências

BOLLES, M.; DEMING, D.; LONG, K.; AGNIHOTHRAM, S.; WHITMORE, A.; FERRIS, M.; FUNKHOUSER, W.; GRALINSKI, L.; TOTURA, A.; HEISE, M.; BARIC, R. S. A double-inactivated severe acute respiratory syndrome coronavirus vaccine provides incomplete protection in mice and induces increased eosinophilic proinflammatory pulmonary response upon challenge. **Journal of Virology**, v. 85, n. 23, p. 12201–12215, 2011. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21937658/. Acesso em: 14 jul. 2025.

BRANDÃO, S. C. S.; GODOI, E. T. A. M.; RAMOS, J. O. X.; MELO, L. M. M. P.; SARINHO, E. S. C. COVID-19 grave: entenda o papel da imunidade, do endotélio e da coagulação na prática clínica. **J Vasc Bras.**, v. 19, n. e20200131, 2020. Disponível em https://www.scielo.br/j/jvb/a/j7v6NtBNvGSGGTDz38wnRxm/?format=pdf&lang=pt. Acesso em: 22 fev. 2025.

COLEMAN, C. M.; FRIEMAN, M. B. Coronaviruses: important emerging human pathogens. **J Virol**, v. 88, n. 10, p. 5209-5212, 2014. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24600003/. Acesso em: 14 jul. 2025.

CONHEÇA os sintomas mais comuns da ômicron e de outras variantes da COVID-19. **Portal do Butantan**, 2021. Disponível em: https://butantan.gov.br/noticias/conheca-os-sintomas-mais-comuns-da-omicron-e-de-outras-variantes-da-COVID-19. Acesso em: 22 fev. 2025.

COSTA, M. A. C. **Clínica médica para fisioterapeutas**: guia prático. Caratinga: Funec Editora, 2022. 353 p. Disponível em: https://funec.br/wp-content/uploads/2022/12/E-Book_Clinica_Medica_Fisioterapeutas_Guia_Pratico_FINAL-1.pdf. Acesso em: 22 fev. 2025.

GRÄF, T. Diversidade dos coronavírus, origem e evolução do SARS-COV-2. *In:* BARRAL-NETTO, M.; BARRETO, M. L.; PINTO JUNIOR, E. P.; ARAGÃO, E. (org.). **Construção de conhecimento no curso da pandemia de COVID-19**: aspectos biomédicos, clínico-assistenciais, epidemiológicos e sociais. Salvador: Edufba, 2020. v. 1. Disponível em: https://repositorio.ufba.br/bitstream/ri/32370/7/vol1_cap1_diversidade%20dos%20coronav%C3%ADrus%20origem%20e%C2%A0evolu%C3%A7%C3%A3o%20do%20SARS-CoV-2.pdf. Acesso em: 22 fev. 2025.

HISTÓRICO da pandemia da COVID-19. **Organização Pan-Americana**

de Saúde, 2023. Disponível em: https://www.paho.org/pt/COVID19/historico-da-pandemia-COVID-19. Acesso em: 22 fev. 2025.

HONG KONG tem recordes de mortes. Reuters. **Folha de São Paulo**, 2003. Disponível em: https://www1.folha.uol.com.br/fsp/mundo/ft2004200314.htm. Acesso em: 22 fev. 2025.

MACKAY, I. M.; ARDEN, K. E. MERS coronavirus: diagnostics, epidemiology and transmission. **Virol J.**, v. 12, n. 222, p. 1-21, 2015. Disponível em: https://virologyj.biomedcentral.com/counter/pdf/10.1186/s12985-015-0439-5.pdf. Acesso em: 14 jul. 2025.

OLIVEIRA, I. B. Bioquímica da interação do SARS-Cov-2 com a proteína ACE2 e agravo da COVID-19. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS, 4., 2020, Campina Grande. **Anais do** [...]. Disponível em: https://www.editorarealize.com.br/editora/ebooks/conbracis/2020/TRABALHO_EV135_MD7_SA100_ID267_13112020154733.pdf. Acesso em: 22 fev. 2025.

SALES, P. H.; HERY, S. K.; BESSON, J. C. F. Aspectos fisiopatológicos envolvidos na sintomatologia da COVID-19 e suas consequências: uma revisão bibliográfica de literatura. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 13, e238111335441, 2022. Disponível em: https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/download/35441/29668/392574. Acesso em: 22 fev. 2025.

SIQUEIRA, R. D.; RODRIGUEZ, N. M. I.; OLIVEIRA, K. P. A influência das alterações das capacidades funcionais na reabilitação de pacientes pós infecção por COVID-19: uma revisão de literatura. **Ciências da Saúde**, ed. 111, jul. 2022. Disponível em: https://revistaft.com.br/a-influencia-nas-alteracoes-das-capacidades-funcionais-na-reabilitacao-de-pacientes-pos-infeccao-por-COVID-19-uma-revisao-de-literatura/. Acesso em: 22 fev. 2025.

STEPHENS, P. R. S.; OLIVEIRA, M. B. S. C.; RIBEIRO, F. C.; CARNEIRO, L. A. D. Virologia. *In:* MOLINARO, E. M.; CAPUTO, L. F. G.; AMENDOEIRA, M. R. R. **Conceitos e métodos para a formação de profissionais em laboratórios de saúde**. Rio de Janeiro: EPSJV; IOC, 2009. Disponível em: https://www.arca.fiocruz.br/bitstream/handle/icict/8661/Livro%20EPSJV%20009570.pdf?sequence=2&isAllowed=y. Acesso em: 22 fev. 2025.

TOSTA, B. R. **Impacto de variantes no gene MTOR na gravidade da COVID-19 em uma população brasileira**. 2023. Dissertação (Mestrado

em Imunologia) - Programa de Pós-graduação em Imunologia, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2023.

UZUNIA, A. Coronavírus SARS-CoV-2 e COVID-19. **J Bras Patol Med Lab.**, v. 56, p. 1-4, 2020. Disponível em: https://www.scielo.br/j/jbpml/a/Hj6QN7mmmKC4Q9SNNt7xRhf/?format=pdf&lang=pt. Acesso em: 22 fev. 2025.

ZAKI, A. M.; BOHEEMEN S.; BESTEBROER, T. M.; OSTERHAUS, A. D. M. E.; FOUCHIER, A. A. M. Isolation of a novel coronavirus from a man with pneumonia in Saudi Arabia. **N Engl J Med**, v. 367, n. 19, p. 1814-20, nov. 2012. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23075143/. Acesso em: 22 fev. 2025.

WALLACE, A. Coronavírus: como foram controladas as epidemias de Sars e Mers (e no que elas se diferenciam da atual). NEWS Brasil, 31 maio 2020. Disponível em: https://www.bbc.com/portuguese/internacional-52815216. Acesso em: 15 jul. 2025.

WONG, A. C. P.; LI, X.; LAU, S. K. P.; WOO, P. C. Y. Global epidemiology of bat coronaviruses. **Viruses**, v. 11, n. 174, p. 1-17, 2019. Disponível em: https://www.mdpi.com/1999-4915/11/2/174. Acesso em: 14 jul. 2025.

O papel das vacinas na saúde e na prevenção de doenças

Ana Beatriz Campos Melo
Diego Dias Barros
Fabianna Viégas Raposo
Gabriel Marques Carvalho
Lyzette Gonçalves Moraes de Moura
Jackson Ronie Sá-Silva
Nilvanete Gomes de Lima

Comunidades saudáveis e resistentes às epidemias: uma abordagem histórica do uso das vacinas

Em 2020 vivemos uma realidade pandêmica que nos trouxe a prática de uma série de medidas preventivas, tais como: distanciamento social, uso de máscaras e higienização das mãos, que se revelaram de suma importância para conter a propagação do vírus SARS-CoV-2, responsável pela covid-19. Além disso, ela doença trouxe à tona uma discussão antiga, ainda não superada: a da utilização ou não das vacinas. Sem dúvidas, a vacina é uma importante medida de prevenção de inúmeras doenças e, através dela, é possível evitar muitos óbitos, pois ela proporciona uma maior proteção, devido à sua capacidade de levar o sistema de defesa a produzir imunidade, seja por meio da ação de células ou de anticorpos específicos. Dessa forma, é extremamente relevante a discussão acerca da história das vacinas, do seu processo de produção e sobre alguns conceitos relevantes, além da problemática que envolve os aspectos éticos e legais sobre a recusa ao seu uso.

O mundo sempre foi aterrorizado por várias doenças, conhecidas como "pragas". No entanto, no século XVIII, ele foi assombrado por uma doença que ficou conhecida como "varíola", cuja transmissão ocorria rapidamente de uma pessoa para outra. O terror generalizado devia-se, principalmente, pelos sintomas físicos, como febre e feridas vermelhas com pus, chegando a complicações mais graves, que levavam à morte, sendo a recuperação naquele momento, bastante rara. Todavia, o médico Edward Jenner, que trabalhava em Berkeley, uma pequena cidade do interior da Inglaterra, dedicou-se a estudos e conseguiu produzir a primeira vacina. Partindo da observação do cotidiano de seus pacientes, realizou uma experiência que permitiu o desenvolvimento de uma imunização no ano de 1796, publicado em 1798, sob o título "Um inquérito acerca das causas e os efeitos da vacina da varíola" (Jenner, 1802, tradução livre).

Enquanto cuidava dos pacientes, Jenner observou que as pessoas encarregadas da ordenha das vacas não contraíam a forma mais grave da doença, o que chamou sua atenção e exacerbou sua curiosidade, levando-o a buscar fatos que explicassem os motivos para que elas contraíssem somente a forma mais branda de uma doença que acometia também ao gado, denominada "varíola bovina", caracterizada por lesões nas tetas das vacas.

Com base em suas análises, Jenner realizou um pequeno corte no braço de uma pessoa saudável e colocou um pouco de pus da ferida de uma vaca doente no corte; depois de alguns dias, o médico observou que o indivíduo não contraiu a varíola humana, isto é, seu corpo conseguiu combater a doença, tornando-o imune a ela. A partir desse experimento e de outras observações, Jenner conseguiu sistematizar suas descobertas, levando ao desenvolvimento da vacina contra varíola, sendo o termo "vacina" derivado do latim *vacca* ("vaca", fêmea do touro) ou *vaccinus* ("derivado da vaca") (Imunização [...], 2021; Ponte, 2020).

A Revolta da Vacina: um início sombrio de vacinação no Brasil

No Brasil, no início do século XX, em novembro de 1904, anos depois dos experimentos realizados por Edward Jenner na Inglaterra, a cidade do Rio de Janeiro se encontrava em condições precárias e a população sofria por falta de saneamento básico, o que levou à ocorrência de epidemias de diversas doenças, como a febre amarela, a peste bubônica e a varíola, tendo como principais vítimas as pessoas condições sócias e econômicas mais precárias, que moravam nas favelas.

Nessa época, o então presidente Rodrigues Alves, colocou em prática um projeto de saneamento básico, nomeando, o médico e sanitarista, Oswaldo Cruz, para conduzir melhorias no Rio de Janeiro. Dessa forma, foram iniciadas vacinações obrigatórias, visando à redução dos casos de varíola, sendo aplicadas de maneira violenta e sem propagandas. Há narrativas de que, em alguns casos, os agentes sanitários invadiam as casas e vacinavam as pessoas a força, o que gerou uma grande revolta, pois parte dos moradores se recusava ao uso do protocolo, tanto pela compulsoriedade, incluindo uso de força, quanto por não compreenderem o que era uma vacina e sentirem medo do que ela poderia lhes causar (Gugel *et al.*, 2021).

Esse cenário suscitou o que se convencionou chamar de a Revolta da Vacina, que contribuiu para projetos de melhoria da qualidade de vida e marcou a história da vacinação no país. A insatisfação da população aumentava a cada dia, uma vez que a reforma urbana retirou a população mais pobre do centro da cidade, derrubando habitações para a construção de avenidas e praças.

No dia 10 de novembro de 1904, a revolta começou de maneira violenta, com ataques aos agentes responsáveis pela vacinação e, no mesmo mês, o governo decidiu abolir a vacinação obrigatória, provisoriamente. Entretanto à medida que a revolta era controlada pelo governo, as ações foram retomadas e a epidemia de varíola foi extinta

no Rio de Janeiro, mas a Revolta da Vacina teve graves consequências: mais de 30 mortos e 100 feridos, além de quase mil prisões (História [...], 2017).

Como as vacinas interagem com o sistema imunológico?

Para entender o conceito da vacina é preciso relembrar um pouco sobre o sistema imunológico ou imune, que é o sistema de defesa que atua no corpo com a função de ecebe-lo, estando presente em todo organismo vivo, mas com diferentes graus de complexidade. O corpo humano tem contato direto com diversos ambientes, o que permite a constante entrada de partículas externas. O sistema imune defende o corpo de agentes invasores capazes de causar algum dano (antígenos, vírus, bactérias, protozoários etc.), ou seja, por serem diferentes das células que constituem naturalmente o corpo, eles são reconhecidos como estranhos e combatidos. Mas, e a vacina? Em que contexto ela aparece?

A vacina estimula o organismo a reconhecer os agentes causadores de doenças antes mesmo que o indivíduo seja infectado por esses organismos, de forma preventiva. Isso ocorre quando o corpo entra em contato com os agentes patogênicos e as células que guardam a memória desse evento, juntamente com o sistema imune, respondem rapidamente, evitando que o indivíduo adoeça. E como a vacina contribui para isso? O material de imunização pode conter pedaços do vírus causador da doença em questão ou um vírus enfraquecido, que é incapaz de causar prejuízo, mas é reconhecido pela imunidade inata, ou natural ou inespecífica, que reconhece e combate as células estranhas, assegurando a formação de células da imunidade adquirida ou específica, que aprendem a reconhecer exatamente quem é o invasor do organismo (Imunização [...], 2021; Ponte, 2020).

A importância da vacinação é um tema recorrente devido ao surgimento de novas doenças ao longo do tempo, o que, consequentemente, torna necessário o desenvolvimento de novas vacinas, suscitando debates sobre a sua relevância no combate às novas doenças. Assim, a vacinação é essencial desde a infância, o primeiro estágio da vida das pessoas, existindo diversas vacinas específicas para essa faixa etária, são exemplos as vacinas contra o sarampo e a poliomielite, mas jovens, adultos e, mais atualmente, idosos, também são beneficiados. Barros e Cavalheiri (2021, p. 31) afirmam que:

> No Brasil, o Programa Nacional de Imunizações (PNI) surgiu por volta dos anos 70, devido à crise sanitária que o país enfrentava, com grandes índices de casos de varicela e febre amarela. Tinha como objetivo principal erradicar doenças que afetavam as crianças. Após algum tempo, voltou-se para o cuidado com adolescentes, jovens, adultos e idosos, e hoje visa organizar a distribuição das vacinas, adequar o calendário vacinal de acordo com a necessidade da população e com as novas patologias que vêm se inserindo no cenário brasileiro. Como pontos de sucesso da implantação do PNI destacam-se a erradicação da varíola e da poliomielite, com consequente diminuição da mortalidade infantil.

O texto destaca a atuação do Programa Nacional de Imunizações (PNI) no processo de erradicação de doenças como a varíola e a poliomielite, que só foi possível graças à vacinação, através da qual a imunização acontece, levando à diminuição da mortalidade infantil e à melhoria da qualidade de vida da população em geral. Entre os jovens, pode-se destacar a vacina na prevenção do HPV, sigla em inglês para o papiloma vírus humano (*Human Papilloma Virus*), que é bastante eficaz e segura, com efeitos colaterais leves e não interferindo negativamente no estado de saúde do imunizado. Sobre essa vacina, especificamente, Calumby *et al.* (2020, p. 1621) afirma que:

> Entre as informações mais importantes, destacam-se que estão indicadas para mulheres entre 9 e 26 anos e meninos entre 11 e 14 anos, antes da iniciação sexual, sendo administrada em três doses; possui eficácia comprovada contra os sorotipos nela presentes, sendo altamente imunogênica, com garantia de proteção por cerca de 10 anos. É segura, não havendo risco de infecção com a sua administração e com efeitos adversos locais leves a moderados.

No Brasil, a vacinação contra o HPV passou a ser acessível através do Sistema Único de Saúde (SUS) e de forma gratuita a pessoas de 11 a 13 anos em 2014; posteriormente, em 2015, o programa de vacinação passou a contemplar meninas de 9 e 11 anos e, em 2018, houve a ampliação para meninos de 11 a 14 (Calumby *et al.*, 2020). Atualmente, a vacina é recomendada para pessoas de 9 a 19 anos, incluindo imunossuprimidas, pacientes oncológicos e como medida de profilaxia pré-exposição ao HIV. No mundo, várias nações já aceitam o uso da vacina quadrivalente contra o HPV, que é considerada segura e eficaz.

No outro extremo, para os idosos, ganha destaque a vacina contra influenza. A vacinação nessa população se torna ainda mais necessária devido à fragilização advinda do envelhecimento. Como a vacinação atua como defesa em substituição ou reforço ao sistema imunológico fragilizado, é fundamental nessa faixa etária para a qualidade de vida e longevidade. De acordo com Reis (2015, p. 56):

> Uma das consequências do envelhecimento é o aumento da incidência e da severidade das doenças infecciosas. Estas comportam, ainda, um risco muito elevado de mortalidade e morbilidade, como perda da autonomia, na população idosa. Assim, é importante estabelecer estratégias que permitam reduzir o peso destas doenças nessa população, permitindo um envelhecimento saudável. Uma delas, e a mais eficaz, é a vacinação.

Nesse contexto, destaca-se que a imunização contra a covid-19, causada pelo vírus SARS-CoV-2, inclui inúmeras vacinas de diferentes graus de eficácia, desenvolvidas por diferentes países, mas que, apesar disso, revelaram-se a melhor forma de combate à pandemia dessa doença. Como visto, o desenvolvimento e uso das vacinas ao longo da história comprovam sua importância no controle e, mesmo, erradicação de doenças. De acordo com Moreira *et al.* (2022, p. 791),

> As vacinas para prevenir a infecção por SARS-CoV-2 são consideradas a abordagem mais efetiva para controlar a pandemia pelo vírus. Apesar dos tempos exíguos do desenvolvimento das vacinas contra COVID-19, cada vacina aprovada passou por todas as fases pré-clínicas e clínicas (fases I a III) de pesquisa científica.

Com o aparecimento da variante ômicron da covid-19, altamente infectante, surgiram questionamentos acerca dos riscos e benefícios das vacinas contra a doença, contudo, diversos estudos foram feitos e levaram à constatação que a vacina Pfizer, reforçada com uma terceira dose, permaneceu extremamente eficaz contra a forma grave da doença, tendo 82% de sucesso em evitar tais casos e 90% na prevenção de internações (Moreira *et al.*, 2022).

A Pfizer foi fundada em 1849, em New York (EUA), pelos primos e imigrantes alemães Charles Pfizer e Charles Erhart, como uma empresa farmacêutica voltada à produção de insumos para o preparo de medicamentos e que se destacou mundialmente ao proporcionar a produção da penicilina em larga escala. No Brasil, a empresa se instalou em 1952, com sede em São Paulo. Desde o início da pandemia, a Pfizer tem participado da busca por uma resposta terapêutica eficiente no combate à covid-19, desenvolvendo uma vacina à base de mRNA contra o vírus SARS-CoV-2, que foi aprovada por órgãos regulatórios em todo o mundo (Inovação [...], 2019).

Assim, pode-se verificar que, indubitavelmente, as vacinas constituem o principal meio de combate a doenças infectocontagiosas, mostrando-se útil em diferentes momentos da história e, sobretudo, em contextos de epidemias, possibilitando, inclusive, a erradicação de algumas. No cenário da pandemia da covid-19 recentemente atravessado pela população mundial, a vacinação levou à diminuição de casos e à gravidade dos quadros clínicos.

Como uma vacina é produzida?

O desenvolvimento de uma vacina é semelhante ao de um medicamento e ocorre em quatro etapas: pré-clínica e fases 1, 2 e 3. Na etapa pré-clínica, a vacina é testada em animais e então é validada a capacidade de induzir a resposta imune protetora e a segurança. A seguir, começam os testes em humanos. Na fase 1, a dose correta, a segurança e a imunogenicidade (a capacidade de uma substância provocar uma resposta imune) são avaliadas em um pequeno grupo de voluntários adultos saudáveis. Já na fase 2, geralmente realizada com mais de 100 participantes, continua-se avaliando a segurança e a resposta imune. Finalmente, na fase 3, além da segurança, os efeitos adversos são testados e a vacina é administrada em milhares de participantes e comparada com um grupo que não recebeu a vacina, mas apenas um placebo (uma substância incapaz de produzir efeito fisiológico) no lugar. Nesse momento, é determinado se a vacina é eficaz para combater a doença para a qual é destinada (Entenda [...], 2021).

É importante ressaltar que todo o processo decorre sob acompanhamento de equipes especializadas, o que é fundamental para que todos os resultados sejam observados e registrados, além de evitar que pessoas que receberem a dose sofram efeitos colaterais fatais ou reações alérgicas irreversíveis. Dessa forma, pode levar bastante tempo até que se chegue à segurança e eficácia do imunizante.

Durante os ensaios de fase 3, é recomendado que o grupo voluntário e a equipe de cientistas não saibam quem recebeu a vacina ou o placebo, garantindo que os resultados da eficácia não sejam influenciados por quem está avaliando. Essa etapa costuma ser desenvolvida em diferentes países para analisar a resposta em diferentes populações. Esse é um processo que costuma ser caro, podendo custar milhões de reais e durar anos até o cumprimento de todas as etapas. Quando a última fase está completa, os resultados são submetidos às avaliações das agências reguladoras de cada país (Entenda [...], 2021).

Por ser um processo moroso e caro, muitas vacinas levam muitos anos para ficarem prontas, sendo que a falta de recursos e investimentos públicos só agravam as dificuldades e a demora na conclusão. Com isso, vale ressaltar que as vacinas para erradicação e prevenção da covid-19 foram obtidas em tempo recorde. Essa grande conquista científica só foi possível devido aos conhecimentos prévios obtidos a partir de outros tipos de coronavírus e a um esforço coletivo de muitos cientistas de todo o mundo, com sobreposição das fases clínicas. Ou seja, para acelerar o processo, a organização da fase 3 foi iniciada antes do término da fase 2.

Produzir uma vacina é um processo complexo e varia de acordo com o seu tipo. Um dos principais processos é a produção do ingrediente farmacêutico ativo. Para vacinas que utilizam como antígeno (substância estranha ao organismo capaz de desencadear uma resposta imune) o vírus atenuado ou inativado, o processo consiste na replicação celular a partir de uma cepa de referência (uma variante com construção diferente e propriedades físicas distintas) e posterior purificação e inativação, se necessário. Já as vacinas bacterianas são produzidas por um processo de fermentação (Entenda [...], 2021).

Processos de produção de vacinas são demorados, também, devido ao estudo do vírus ou bactéria, que têm seu comportamento investigado passo a passo, incluindo sua maneira de contágio, multiplicação e ação no corpo humano, para, só então, iniciar os estudos para produção da vacina. As vacinas recentes de RNAm utilizam a

tecnologia do DNA recombinante (clonagem molecular). Para a vacina contra a covid-19, por exemplo, a sequência que codifica a proteína Spike (importante para sobrevivência viral) do vírus SARS-CoV-2 é clonada em um plasmídeo (DNA circular bacteriano), que é propagado em bactérias para aumentar a sua quantidade (Entenda [...], 2021).

Para certificar a qualidade esperada dos lotes de vacinas, são realizados testes em cada etapa da cadeia de produção. Após a produção do princípio ativo, ocorre a formulação da vacina, quando são adicionados outros componentes, como estabilizantes e conservantes; na sequência, acontece o envase, que é a colocação das doses, geralmente em frascos de vidro, por serem duradouros e resistentes ao frio; após o envase, algumas vacinas passam por liofilização, processo que remove toda a umidade da formulação, transformando-a em um pó, mais estável; por fim, ocorre a etapa de rotulagem, na qual é especificado o tipo de vacina, data de fabricação, lote e prazo de validade. A maioria das vacinas requer temperaturas entre 2°C e 8°C para o armazenamento e transporte, enquanto outras precisam de temperaturas ainda mais baixas, entre -70°C e -20°C. Para isso, é necessário que haja um planejamento minucioso para distribuição, com infraestrutura e equipes da área de saúde treinadas, a fim de que a integridade e eficácia do produto sejam asseguradas (Entenda [...], 2021).

A produção de vacinas é, portanto, um processo que requer o máximo de estudos, cautela e atenção, inclusive durante o manuseio e o armazenamento. O respeito às demandas de cada etapa do processo permite o consumo seguro e a adequada e desejada imunização da população. Atualmente, como observado durante a pandemia da covid-19, a colaboração de diversos cientistas de diferentes países e o uso de tecnologia de ponta têm contribuído para o avanço dos estudos sobre agentes potencial ou reconhecidamente patogênicos e para a aceleração do processo de desenvolvimento de vacinas.

Prevenção: um percurso necessário

A palavra "prevenção" vem do latim *praeventionis*, cujo significado está relacionado com cautela ou cuidado, ou seja, de forma ampla, é a ação ou resultado de precaver-se, sendo considerado um conjunto de medidas antecipadas de algo que visa a prevenir de algum mal.

Para a área de Segurança, Higiene e Saúde no Trabalho, a prevenção consiste em um conjunto de atividades para evitar acidentes e doenças profissionais. Assim, é o conjunto de práticas de análise e controle dos riscos desenvolvido de forma continuada, podendo ser classificado de duas formas: prevenção primária e prevenção secundária. Na prevenção primária, também chamada de prevenção direta, o objetivo é a antecipação dos riscos, buscando-se tomar medidas que os eliminem, o que inclui aspectos relacionados ao projeto e à infraestrutura, por exemplo. Já na prevenção secundária ou prevenção indireta, a intenção é a identificação e análise de riscos no decurso da atividade laboral a fim de eliminá-los ou limitá-los, diminuindo drasticamente o seu potencial nocivo.

Independentemente do tipo, porém, a prevenção é um processo contínuo que se baseia no combate ao perigo, ou seja, aos fatores que ocasionam o risco, visando sempre à sua minimização ou extinção. Consequentemente, existe uma grande diversidade de medidas de prevenção a qualquer tipo de risco, mas sempre há aquelas que são imprescindíveis, sendo diferenciais, sobretudo na prevenção de doenças infectocontagiosas (Tsuha *et al.*, 2021), tais como:

- Higienizar as mãos com frequência, após tossir ou espirrar e/ou após tocar mucosas de olhos, nariz e boca;
- Utilizar lenço descartável para higiene nasal;
- Cobrir nariz e boca quando espirrar ou tossir;

- Evitar tocar mucosas de olhos, nariz e boca;
- Não partilhar alimentos, copos, toalhas e quaisquer outros objetos de uso pessoal;
- Evitar apertos de mãos, abraços e beijos sociais;
- Reduzir contatos sociais desnecessários e evitar, dentro do possível, ambientes com aglomeração;
- Evitar visitas a hospitais;
- Ventilar os ambientes.

As medidas acima foram muito utilizadas para o enfrentamento e contenção do avanço do coronavírus SARS-CoV-2, durante a pandemia, destacando-se o distanciamento social, a contínua higienização das mãos, o uso de máscaras faciais e o isolamento de casos confirmados e suspeitos da doença. Além disso, foram feitas várias pesquisas para a criação de uma vacina contra a covid-19 para distribuição à população mundial que visava combater os avanços da doença.

Limitar o contato próximo entre pessoas infectadas e outras saudáveis é importante para reduzir as chances de transmissão do SARS-CoV-2. Principalmente, durante a pandemia, foram adotados procedimentos que permitiram reduzir a interação entre as pessoas, com o objetivo de diminuir a velocidade de transmissão do vírus. Tratou-se de uma estratégia importante quando havia indivíduos já infectados, mas ainda assintomáticos ou oligossintomáticos, que não sabiam ser portadores da doença e não estavam em isolamento (Tudo [...], 2022).

Ademais foi recomendada a manutenção de uma distância física mínima de, pelo menos, um metro de outras pessoas, especialmente daquelas com sintomas respiratórios, sendo necessário evitar aglomerações tanto ao ar livre, quanto em ambientes fechados. Garantir uma boa ventilação em ambientes internos também se mostrou uma

medida importante para prevenir a transmissão em ambientes coletivos. Segundo o Código de Defesa do Consumidor (CDC19) e a OMS20, as aglomerações – reunião de várias pessoas em um mesmo local, de tal forma que se torna difícil manter, pelo menos, um metro de distância entre elas – foram consideradas um risco alto para disseminação do SARS-CoV-2 (Tudo [...], 2022).

Uma das formas mais importantes de prevenir a disseminação do SARS-CoV-2 é protocolo de etiqueta respiratória, que consiste em um conjunto de medidas que devem ser adotadas para reduzir a disseminação de pequenas gotículas oriundas do aparelho respiratório, buscando evitar a possível contaminação de outras pessoas que estão em um mesmo ambiente (Tudo [...], 2022). A higienização das mãos mostrou-se a medida isolada (individual) mais efetiva na redução da disseminação de doenças de transmissão respiratória. As evidências indicaram que o vírus da covid-19 é transmitido por meio de gotículas respiratórias ou por contato, que ocorre quando as mãos contaminadas tocam a mucosa da boca, do nariz ou dos olhos. Por isso, higienizar as mãos sempre que possível e evitar ao máximo tocar essas mucosas são medidas extremamente importantes para evitar a propagação desse vírus de outros.

É possível se recusar a tomar a vacina?

Quando as doenças devem ser combatidas com vacinas, a recusa em ecebe-las aparece como um movimento decorrente de posicionamentos pessoais ou de grupos específicos, revelando descrédito na ciência e, consequentemente, na mobilização de pesquisadores que buscam desenvolver alternativas capazes de proteger a população, seja em determinado local ou mundialmente, como ocorreu na pandemia da covid-19. Esses posicionamentos que vão de encontro às medidas definidas pelas autoridades sanitárias são denominados de movimentos

antivacina e podem comprometer as campanhas de imunização. Conforme afirma Mizuta *et al.* (2017, p. 35).

> Os grupos de recusa vacinal ou antivacinismo que se proliferam em todo o mundo parecem ser pouco numerosos em nosso meio, mas podem colocar em risco o sucesso já obtido pelo PNI, com o controle das doenças infecciosas e a melhoria das condições de vida da população. São vários os aspectos que levam ao indivíduo a recusar a vacina, dentre eles está a disseminação de notícias falsas que levam a uma diminuição na cobertura vacinal, que por sua vez, trazem a consequências não somente para o indivíduo ou grupo que a transmite como também para toda uma dimensão coletiva.

Além deste aspecto, Mizuta *et al.* (2017, p. 35) também ressaltam que:

> O movimento antivacinas e a indecisão/o retardo na utilização das vacinas induzem atitudes que colocam em risco não só a saúde individual do não vacinado, mas de todos à sua volta. Epidemias de sarampo, coqueluche e varicela já foram associadas a essas atitudes, causando sofrimento desnecessário e aumentando gastos públicos. Desinformação, informações erradas/ insuficientes, mitos, informações pseudocientíficas, relação temporal com eventos adversos, ausência de memória da gravidade de epidemias anteriores, falta de credibilidade nas empresas produtoras de vacinas e/ou nas agências de saúde, ideologias religiosas e filosóficas podem ser consideradas causas dessas atitudes. (Mizuta *et al.*, 2017, p. 35).

Essas questões parecem ser reforçadas entre esse público quando há obrigatoriedade da vacinação, entretanto, com base no que foi exposto, é possível afirmar a recusa da vacina é causada por diferentes fatores, tais como: insegurança em relação aos seus efeitos,

desinformação, disseminação de informações falsas, dentre outras questões. A pergunta que persiste é: é ético, legítimo e legal expor a risco a minha vida e a de outras pessoas em virtude de crenças pessoais ou grupais?

Reflexões finais

A vacinação é de suma importância, sendo a melhor forma de se adquirir proteção contra uma doença infecciosa, pois elimina ou reduz drasticamente o risco de adoecimento e manifestações de viroses graves, que podem resultar em internação ou, até mesmo, em óbito.

Sem dúvida, a vacina estimula o sistema imunológico a reconhecer agentes que causam doenças antes mesmo que o indivíduo seja infectado por organismos patogênicos, induzindo uma resposta rápida e evitando o desenvolvimento da doença.

Contudo, mesmo com a vacinação, é necessário que a população adote e mantenha as medidas de prevenção para o combate às doenças infectocontagiosas, sobretudo à covid-19. Usar máscaras faciais de proteção, lavar as mãos com água e sabão, sempre que possível, usar álcool em gel, evitar ambientes aglomerados e, principalmente, aplicar a(s) vacina(s) recomendadas pelos órgãos responsáveis, como a Organização Mundial de Saúde (OMS), são medidas de prevenção que contribuem para a não contaminação por vírus e consequente proliferação de doenças.

Referências

BARROS, E. S.; CAVALHEIRI, J. C. Conhecimento dos responsáveis sobre a importância da vacinação infantil. **Revista de Saúde Pública do Paraná**, v. 4, n. 3, p. 29-45, 29 nov. 2021. Disponível em: http://revista.escoladesaude.pr.gov.br/index.php/rspp/article/view/504/225. Acesso em: 22 fev. 2025.

CALUMBY, R. J. N.; SILVA, R. A. S.; SUÁREZ, J. A. G.; LÔBO, T L. G. F.; VIEIRA, D. S.; SILVA, K. W. L.; REIS, M. J. P.; GRILLO, L. A. M. Papiloma Vírus Humano (HPV) e neoplasia cervical: importância da vacinação. **Brazilian Journal of health Review**, v. 3, n. 2, p. 1610-1628, mar./abr. 2020. Disponível em: https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BJHR/article/view/7486/6517. Acesso em: 22 fev. 2025.

ENTENDA como funciona a produção de uma vacina em 5 passos. **PUCRS**, 2021. Disponível em: https://www.pucrs.br/blog/entenda-como-funciona-a-producao-de-uma-vacina-em-5-passos/. Acesso em: 22 fev. 2025.

GUGEL, S.; GIRARDI, L. M.; VANESKI, L. M.; SOUZA, R. P.; PINOTTI, R. O. E.; LACHOWICZ, G.; VEIGA, J. F. P. Percepções acerca da importância da vacinação e da recusa vacinal: uma revisão bibliográfica**. Brazilian Journal of Development,** Curitiba, v.7, n.3, p. 22710-22722, mar 2021. Disponível em: https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/25872/23417. Acesso em: 22 fev. 2025.

HISTÓRIA Brasileira. **A Revolta da Vacina**: Causas, Revolta e Consequências. 2017. Disponível em: https://youtu.be/mwacFba08m4. Acesso em: 22 fev. 2025.

IMUNIZAÇÃO, uma descoberta da ciência que vem salvando vidas desde o século XVIII. **Portal do Butantan**, 2021. Disponível em: https://butantan.gov.br/noticias/imunizacao-uma-descoberta-da-ciencia-que-vem-salvando-vidas-desde-o-seculo-xviii. Acesso em: 22 fev. 2025.

INOVAÇÃO e comprometimento da Pfizer com a saúde. **Pfeizer**, 2019. Disponível em: https://www.pfizer.com.br/pfizer-no-combate-ao-coronavirus. Acesso em: 22 fev. 2025.

JENNER, E. **An inquiry into the causes and effects of the variolae vaccinae**. Springfield (Mass.): Re-printed for Dr. Samuel Cooley, by Ashley & Brewer, 1802. Disponível em: https://digirepo.nlm.nih.gov/ext/mhl/2559001R/PDF/2559001R.pdf. Acesso em: 22 fev. 2025.

MIZUTA, A. H.; SUCCI, G. M.; MONTALLI, V. A. M.; SUCCI, R. C. M. Percepções Acerca da Importância das vacinas e da recusa vacinal numa escola de medicina. **Revista Paulista Pediatra,** v. 37, n. 1, p. 34-40, jan./mar. 2019. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rpp/a/t8T6KKsDzP5GM6vc5rvPjrR/?format=pdf&lang=pt. Acesso em: 22 fev. 2025.

MOREIRA, H. G.; OLIVEIRA JUNIOR, M. T.; VALDIGEM, B. P.; MARTINS, C. N.; POLANCZYK, C. A. Posicionamento sobre Segurança Cardiovascular das vacinas contra COVID-19 – 2022. **Revista Arq. Bras. Cardiol**, v. 118, n. 4, p. 789-796, abr. 2022. Disponível em: https://www.scielo.br/j/abc/a/GR5dBTHR4kcFsWsC7XPtFLz/?format=pdf&lang=pt. Acesso em: 22 fev. 2025.

PONTE, G. Conheça a história das vacinas. **Fiocruz**, 2020. Disponível em: https://www.bio.fiocruz.br/index.php/em/noticias/1738-conheca-a-historia-das-vacinas. Acesso em: 22 fev. 2025.

REIS, S. A. A. **A Importância da Vacinação no idoso**. 2015. Dissertação (Mestrado Integrado em Medicina) – Faculdade de Medicina da Universidade de Coimbra, Coimbra, 2015. Disponível em: https://estudogeral.uc.pt/bitstream/10316/31454/1/Tese%20Sara%20Reis%20%28com%20capa%29%20-%20ª%20import%C3%A2ncia%20da%20vacina%C3%A7%C3%A3o%20no%20idoso.pdf. Acesso em: 22 fev. 2025.

TSUHA, D. H.; CHAGAS, F. C.; ROMERA, G. R.; MAZIERO, L. M. **Boletim epidemiológico Influenza**. 2021. Disponível em: https://www.vs.saude.ms.gov.br/wp-content/uploads/2021/02/Boletim-Epidemiologico-Influenza-2021.04.pdf. Acesso em: 22 fev. 2025.

TUDO que você precisa saber sobre a Covid-19. **Prefeitura Municipal de Barra do São Francisco**, Notícias, 2022. Disponível em: https://www.pmbsf.es.gov.br/noticia/ler/2655/tudo-que-voce-precisa-saber-sobre-a-covid-19. Acesso em: 22 fev. 2025.

Autoras e Autores

Jackson Ronie Sá-Silva (organizador)

Professor Associado no Departamento de Biologia da Universidade Estadual do Maranhão (DBIO-UEMA). Professor no Doutorado em Ensino na Rede Nordeste de Ensino (RENOEN-UEMA). Professor no Programa de Pós-Graduação em Educação da Universidade Estadual do Maranhão (PPGE-UEMA). Professor no Programa de Pós-Graduação em Educação Inclusiva (PROFEI-UEMA). Doutor em Educação (UNISINOS). Pós-Doutor em Educação (UFRGS). Mestre em Saúde e Ambiente (UFMA). Licenciado em Biologia e Química (UEMA). Bacharel em Farmácia e Bioquímica (UFMA). Líder do Grupo de Pesquisa Ensino de Ciências, Saúde e Sexualidade (GP-ENCEX/UEMA/CNPq).

Lattes: http://lattes.cnpq.br/1439787124956370

ORCID: https://orcid.org/0000-0001-9607-3674

Lyzette Gonçalves Moraes de Moura (organizadora)

Graduada em Química Industrial (2005) e Licenciatura em Química (2010) pela Universidade Federal do Maranhão (UFMA), Mestra em Química (Analítica) pela Universidade Federal do Maranhão (2007) e Doutora em Ciências (Química/Físico-Química) pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) (2015). Na Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), teve experiência como Professora Substituta, atuando também como docente no Programa de Formação de Professores Ensinar e como tutora e orientadora no Curso de Especialização em Ensino de Ciências "CIÊNCIA É 10!", no âmbito da Universidade Aberta do Brasil (UAB). Na Universidade Federal do Maranhão (UFMA), participou como Pesquisadora Visitante do Programa de Formação de Recursos Humanos ANP/UFMA PRH 54.1, atuando como docente externa no PPGEE/UFMA, de 2020 a 2025.

Lattes: https://lattes.cnpq.br/4769808940538928

ORCID: https://orcid.org/0000-0001-6366-8110

Nilvanete Gomes de Lima (organizadora)

Professora de Sociologia da Carreira de Magistério do Ensino Básico, Técnico e Tecnológico (EBTT) do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão (IFMA) (2015-dias atuais). Doutora em Ciências Sociais pelo Programa Pós-Graduação em Ciências Sociais (PPGCSoc) da Universidade Federal do Maranhão (UFMA) (2018). Mestra em Sociologia Política pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) (2001). Bacharel em Ciências Sociais pela UFSCar (1997). Especialista em Docência para a Educação Profissional e Tecnológica na modalidade EAD (IFMA) (2024). Doutoranda em Ensino pelo RENOEN/UEMA (2025). Membra do Grupo de Pesquisa Ensino de Ciências, Saúde e Sexualidade da Universidade Estadual do Maranhão (GP-ENCEX/UEMA).

Lattes: http://lattes.cnpq.br/5377560399933081

ORCID: https://orcid.org/0000-0002-1121-3875

Renata Araujo Lemos (prefacista)

Professora de Biologia na Rede Estadual de Ensino do Maranhão (Seduc/MA). Doutoranda em Ensino pelo Programa de Pós-graduação da Rede Nordeste de Ensino (Renoen/UEMA). Mestra em Ensino de Ciências e Matemática pela UFMA. Licenciada e bacharel em Ciências Biológicas pela UFMA. Membra do Grupo de Pesquisa Gruma/UEMA.

Lattes: http://lattes.cnpq.br/5454770509929639

ORCID: https://orcid.org/0000-0003-4352-4851

Discentes do Curso de Ciências Biológicas da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), *campus* Paulo VI

Aline Crislane do Nascimento Cantanhede

https://lattes.cnpq.br/2911480999985150

Ana Beatriz Campos Melo

https://lattes.cnpq.br/5985292418466197

Ana Clara Sousa dos Santos

http://lattes.cnpq.br/1333385651491172

Andressa Sousa Silva

http://lattes.cnpq.br/5192116331693394

Diego Dias Barros

https://lattes.cnpq.br/3010484611557012

Ellen Rose de Oliveira Melo

http://lattes.cnpq.br/3455069880497260

Fabianna Viégas Raposo

https://lattes.cnpq.br/6406879096875166

Gabriel Marques Carvalho

https://lattes.cnpq.br/1715981620112149

Gerson Araújo

http://lattes.cnpq.br/2938943519895706

Joyce Loyse Marques Amaral

https://orcid.org/0009-0005-8270-1613

Mariene de Nazaré Pinto dos Santos

https://lattes.cnpq.br/6435452526086442

Noemi Bezalel Costa Braga

https://lattes.cnpq.br/4358114650623228

Pedro Felipe Silva Almeida

https://lattes.cnpq.br/4652808687683883

Pedro Guilherme Gaspar Caldas

https://lattes.cnpq.br/1787599620144502

Pedro Henrike Ferreira Serra

https://lattes.cnpq.br/2480538446287113

Rubens Ferreira Rosa Neto

https://lattes.cnpq.br/8763608902171088

Samira Bezerra Machado

https://lattes.cnpq.br/3303915145360757

Thalyana Moraes Silva

http://lattes.cnpq.br/4063552452587754

Thaylane Caroline Samenezes Bulhões

http://lattes.cnpq.br/8376011058797145

Thaylson Samines Menezes

https://lattes.cnpq.br/1698822442849148

Valdeny Santana Moraes Pacheco

https://lattes.cnpq.br/7486924283914944

Vinícius José Reis Verde

http://lattes.cnpq.br/3478433873317216