

Anais da

ANM

Academia Nacional de Medicina



Vol.
197 (1)
2026



ANAIIS DA ACADEMIA NACIONAL DE MEDICINA v.197, n. 1, 2026.

ISSN: 2763.9878 *on-line*

A revista *Anais da Academia Nacional de Medicina* é a publicação oficial da Academia Nacional de Medicina, sendo o periódico mais antigo do país, com circulação regular desde 1830.

Os Anais da ANM têm por objetivo publicar as atividades da Academia Nacional de Medicina, além de artigos que elevem a cultura e o padrão da prática médica em quaisquer áreas do conhecimento médico-científico. Todos os artigos enviados são submetidos a processo de revisão por pares antes do aceite final pelo Editor.

Os Anais da ANM são publicados pela Editora da Academia Nacional de Medicina, estão disponíveis on-line e são publicados quatro vezes por ano, com eventuais números extras.

PRODUÇÃO EDITORIAL

Fotocomposição e Editoração

MG Consultoria e Editoração Ltda.

Editora Técnica

Carla Braga Mano Gallo, BSc, PhD

A versão eletrônica desta revista, com o conteúdo completo, pode ser acessada on-line no site **www.anm.org.br**

Endereço: Av. General Justo, 365, 8º andar, Centro, Rio de Janeiro, RJ
Tel.: (21) 3970-8150, E-mail: anm@anm.org.br

Os *Anais da Academia Nacional de Medicina* são impressos em papel que atende aos requisitos de ANSI/NISO Z39, 48-1992 (Permanência de Papel). Impresso em papel livre de ácido.

INFORMAÇÕES IMPORTANTES

As matérias assinadas, bem como suas respectivas fotos e seu conteúdo científico, são de inteira responsabilidade dos autores, não refletindo necessariamente a posição da Academia Nacional de Medicina.

A Medicina é uma ciência que avança rapidamente e de modo constante, portanto uma verificação independente do diagnóstico e uso de drogas deve ser feita. A Academia Nacional de Medicina não se responsabiliza por quaisquer danos pessoais causados pelo uso de produtos, novas ideias e dosagem de medicamentos propostos nos manuscritos publicados.

As matérias publicadas neste periódico são propriedade permanente da Academia Nacional de Medicina e não podem ser reproduzidas por nenhum modo ou meio, em parte ou totalmente, sem autorização prévia por escrito.



ACADEMIA NACIONAL DE MEDICINA

Fundada em 1829

www.anm.org.br

DIRETORIA 2026-2027

PRESIDENTE	<i>Antônio Egídio Nardi</i>
1º VICE-PRESIDENTE	<i>Giovanni Guido Cerri</i>
2º VICE-PRESIDENTE	<i>José Galvão-Alves</i>
SECRETÁRIO GERAL	<i>Maurício Magalhães Costa</i>
1º SECRETÁRIO	<i>Jerson Lima da Silva</i>
2º SECRETÁRIO	<i>Rossano Fiorelli</i>
TESOUREIRO	<i>Omar Lupi da Rosa Santos</i>
1º TESOUREIRO	<i>José Horácio Aboudib Jr</i>
ORADOR	<i>José de Jesus Peixoto Camargo</i>
DIRETOR DE BIBLIOTECA	<i>Natalino Salgado Filho</i>
DIRETOR DE ARQUIVO	<i>Arno von Buettner Ristow</i>
DIRETOR DE MUSEU	<i>Eloisa Bonfá</i>
PRESIDENTE DA SECÇÃO DE MEDICINA	<i>Rui Monteiro de Barros Maciel</i>
PRESIDENTE DA SECÇÃO DE CIRURGIA	<i>Carlos Giesta</i>
PRESIDENTE DA SECÇÃO DE CIÊNCIAS APLICADAS À MEDICINA	<i>Wanderley de Souza</i>

Anais da ANM

Academia Nacional de Medicina

Volume 197 (1) • 2026



CONSELHO EDITORIAL

EDITOR-CHEFE Acadêmico José Galvão-Alves

COEDITORES Acadêmicos Arno von Ristow

e Cláudio Tadeu Daniel-Ribeiro

Aderbal Magno Caminada Sabrá

Alberto Schanaider

Alexandre Siciliano Colafranceschi

André Kives Berger

Aníbal Gil Lopes

Antonio Egidio Nardi

Arno von Buettner Ristow

Carlos Alberto Basílio de Oliveira

Carlos Américo de Barros e Vasconcellos Giesta

Carlos Alberto de Barros Franco

Carlos Alberto Mandarin-de-Lacerda

Carlos Antonio Mascia Gottschall

Carlos Eduardo Brandão Mello

Carlos Roberto Telles Ribeiro

Celso Ferreira Ramos Filho

Celso Marques Portela

Cláudio Buarque Benchimol

Cláudio Cardoso de Castro

Cláudio Tadeu Daniel-Ribeiro

Daniel Goldeberg Tabak

Delta Madureira Filho

Eduardo Benchimol Saad

Eduardo Lopes Pontes

Eduardo Moacyr Krieger

Eliete Bouskela

Eloisa Silva Dutra de Oliveira Bonfá

Fabio Biscegli Jatene

Fernanda Freire Tovar-Moll

Fernando Pires Vaz

Flávio Pereira Kapczinski

Francisco José Barcellos Sampaio

Francisco Nicanor Araruna Macedo

Gerson Canedo de Magalhães

Gilberto De Nucci

Gilberto Schwartzmann

Giovanni Guido Cerri

Henrique Murad

Henrique Moraes Salvador Silva

Jacob Kligerman

Jair de Carvalho e Castro

Jayme Brandão de Marsillac

Jerson Lima da Silva



<i>Jorge Alberto Costa e Silva</i>	<i>Octavio Pires Vaz</i>
<i>Jorge Elias Kalil Filho</i>	<i>Omar Lupi da Rosa Santos</i>
<i>Jorge Fonte de Rezende Filho</i>	<i>Oswaldo José Moreira do Nascimento</i>
<i>José Augusto da Silva Messias</i>	<i>Oswaldo Moura Brasil do Amaral Filho</i>
<i>José Barbosa de Medeiros Gomes Filho</i>	<i>Patricia Rieken Macêdo Rocco</i>
<i>José Carlos do Valle</i>	<i>Paulo Couto</i>
<i>José de Jesus Peixoto Camargo</i>	<i>Paulo Hilário Nascimento Saldiva</i>
<i>José Galvão-Alves</i>	<i>Paulo Marcelo Gehm Hoff</i>
<i>José Gomes Temporão</i>	<i>Paulo Marchiori Buss</i>
<i>José Hermógenes Rocco Suassuna</i>	<i>Paulo Niemeyer Soares Filho</i>
<i>José Horácio Costa Aboudib Junior</i>	<i>Pietro Novellino</i>
<i>José Luiz Gomes Do Amaral</i>	<i>Raul Cutait</i>
<i>José Osmar Medina de Abreu Pestana</i>	<i>Roberto de Andrade Medronho</i>
<i>Karlos Celso de Mesquita</i>	<i>Rolf Gemperli</i>
<i>Luiz Felipe de Queiroz Mattoso</i>	<i>Ronaldo Damião</i>
<i>Manassés Claudino Fonteles</i>	<i>Rossano Kepler Alvim Fiorelli</i>
<i>Marcello André Barcinski</i>	<i>Rubem de Andrade Arruda</i>
<i>Marcelo Marcos Morales</i>	<i>Rubens Belfort Jr.</i>
<i>Marcelo Zugaib</i>	<i>Rui Haddad</i>
<i>Marcus Túlio Bassul Haddad</i>	<i>Rui Monteiro de Barros Maciel</i>
<i>Margareth Maria Pretti Dalcolmo</i>	<i>Ruy Garcia Marques</i>
<i>Mário Barreto Corrêa Lima</i>	<i>Samir Rasslan</i>
<i>Maurício Augusto Silva Magalhães Costa</i>	<i>Sérgio Paulo Bydlowski</i>
<i>Mauricio Gomes Pereira</i>	<i>Silvano Mario Atílio Raia</i>
<i>Maurício Rocha E Silva</i>	<i>Talita Romero Franco</i>
<i>Mauricio Younes Ibrahim</i>	<i>Tarcísio Eloy Pessoa de Barros Filho</i>
<i>Miguel Carlos Riella</i>	<i>Waldemar Naves do Amaral</i>
<i>Milton Ary Meier</i>	<i>Walter Araujo Zin</i>
<i>Mônica Roberto Gadelha</i>	<i>Wanderley de Souza</i>
<i>Natalino Salgado Filho</i>	

Í N D I C E



DIRETORIA 2026-2027	03
CONSELHO EDITORIAL	04
EDITORIAL	
CIÊNCIA, FORMAÇÃO MÉDICA E OS DESAFIOS DA SAÚDE NO SÉCULO XXI: UMA PERSPECTIVA INTEGRADA	08
<i>Marcelo Marcos Morales & Margareth Pretti Dalcolmo</i>	
DOI: https://www.doi.org/10.52130/27639878-AANM2026v197n1p08-10	
NEUROINFLAMAÇÃO COMO EIXO CENTRAL NO ENVELHECIMENTO CEREBRAL E NAS DOENÇAS NEURODEGENERATIVAS: MECANISMOS, CONSEQUÊNCIAS FUNCIONAIS E PERSPECTIVAS TERAPÊUTICAS	11
<i>Julie de Oliveira Alves Bittencourt, Julia Ferreira Giannini, Renata dos Santos Guarnier, Thatiany Souza Marinho, Aline Penna-de-Carvalho, Pedro Henrique Reis-Barbosa, Marcia Barbosa Aguila & Carlos Alberto Mandarin-de-Lacerda</i>	
DOI: https://www.doi.org/10.52130/27639878-AANM2026v197n1p11-27	
CARREIRA MÉDICA ACADÊMICA: POR QUE FAZER?	28
<i>Marcos Arêas Marques, Rossano Fiorelli, Cláudio Tadeu Daniel-Ribeiro, Walkiria Hueb Bernardi & Eduardo Ramacciotti</i>	
DOI: https://www.doi.org/10.52130/27639878-AANM2026v197n1p28-35	
FORMAÇÃO OBSTÉTRICA NA GRADUAÇÃO MÉDICA: COMPETÊNCIA, ÉTICA E RESPONSABILIDADE SOCIAL	36
<i>Antonio Braga & Jorge Rezende Filho</i>	
DOI: https://www.doi.org/10.52130/27639878-AANM2026v197n1p36-57	
DESAFIOS TRANSLACIONAIS NA AVALIAÇÃO DA MEMÓRIA: DOS MODELOS EXPERIMENTAIS À PRÁTICA CLÍNICA	58
<i>Emerson Santos da Silva, Aline Penna-de-Carvalho, Guilherme Souza de Pinho Rosa, Beatriz Nogueira Siqueira e Silva, Pamela Rosa-Gonçalves & Cláudio Tadeu Daniel-Ribeiro</i>	
DOI: https://www.doi.org/10.52130/27639878-AANM2026v197n1p58-83	
SIMPOSIO CLIMA E SAÚDE	84
Mudanças Climáticas e Saúde Única, Desafios Científicos e Estratégias de Resposta 17-Julho-2025	
MUDANÇAS AMBIENTAIS E SEGURANÇA ALIMENTAR NA AMAZÔNIA: EVIDÊNCIAS A PARTIR DOS ECOSISTEMAS AQUÁTICOS	85
<i>Adalberto Luis Val & Fernando Almeida-Val</i>	
DOI: https://www.doi.org/10.52130/27639878-AANM2026v197n1p85-109	

Í N D I C E



A CIÊNCIA BRASILEIRA E OS DESAFIOS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS: CONQUISTAS, CAMINHOS E PERSPECTIVAS	110
<i>Marcelo Marcos Morales</i>	
DOI: https://www.doi.org/10.52130/27639878-AANM2026v197n1p110-125	
SAÚDE MENTAL E CRISE CLIMÁTICA: A NECESSIDADE DE UMA ABORDAGEM PROATIVA EM RESILIÊNCIA COMUNITÁRIA E PREPARO PARA DESASTRES	126
<i>Santiago Madeira Diefenthaler, Bernardo Madeira Diefenthaler, Marina Luiza Hartmann, Simone Hauck & Flávio Kapczinski</i>	
DOI: https://www.doi.org/10.52130/27639878-AANM2026v197n1p126-138	
MECANISMOS BIOLÓGICOS DA EXPOSIÇÃO AO CALOR E IMPACTOS NA SAÚDE HUMANA NO CONTEXTO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS	139
<i>Paulo Saldiva, Mariana Veras & Micheline Zanotti Coelho</i>	
DOI: https://www.doi.org/10.52130/27639878-AANM2026v197n1p139-168	
SESSÃO DA SAUDADE - PROF. OMAR DA ROSA SANTOS	169
Vivendo a Academia - Acad. José Galvão Alves	170
Poema - Acad. Mauricio Younes-Ibrahim	171
Simplicidade, Veracidade e Mansidão - Acad. Aníbal Gil Lopes	174
Momentos... - Acad. Carlos Alberto Basílio de Oliveira	176
Omar e Otília - Acad. Pietro Novellino	180
Surpreendentemente... - Acad. Francisco Sampaio	181
Sejam Sempre Bem-vindos - Acad. Eliete Bouskela	183
Coletânea ou Protegê-nemos - Acad. Miguel Carlos Riella	185
Vidas Paralelas - Acad. Gerson Canedo Magalhães	188
No Coração Dos Vivos... - Acad. Cláudio Tadeu Daniel-Ribeiro	190
Uma Enciclopédia...- Acad. Carlos Eduardo Brandão	192
Rosaer... - Acad. Henrique Murad	194
Verso de Camões ? - Acad. Rossano Fiorelli	195
Meu Pai - Acad. Omar Lupi da Rosa Santos	196
INSTRUÇÕES PARA OS AUTORES	198
ANEXOS	201
MATÉRIAS ON-LINE - JANEIRO / FEVEREIRO / MARÇO - 2026	
ATAS - JANEIRO / FEVEREIRO / MARÇO - 2026	

EDITORIAL



CIÊNCIA, FORMAÇÃO MÉDICA E OS DESAFIOS DA SAÚDE NO SÉCULO XXI: UMA PERSPECTIVA INTEGRADA

A medicina contemporânea atravessa momento singular. O conhecimento biomédico cresce em velocidade inédita, enquanto os desafios que afetam a saúde humana tornam-se complexos e interdependentes. Formar profissionais qualificados, produzir ciência de qualidade e compreender os determinantes ambientais e sociais da saúde constituem dimensões inseparáveis de um mesmo esforço científico. Os trabalhos deste número dos Anais da Academia Nacional de Medicina refletem essa convergência ao abordar a formação médica, a investigação translacional e os impactos das mudanças ambientais sobre a saúde humana.

A qualidade da formação médica constitui o ponto de partida dessa construção. O artigo de Braga e Rezende Filho analisa a formação obstétrica na graduação a partir de quatro dimensões relacionadas ao que ensinar, como ensinar, onde ensinar e como avaliar. Os autores destacam a necessidade de currículos orientados por competências e ancorados em cenários reais. Em um país marcado pela expansão do ensino médico e por desigualdades regionais na assistência à saúde materno infantil, refletir sobre os fundamentos pedagógicos da formação profissional torna-se essencial para assegurar a qualidade do ensino e a segurança do cuidado.

A formação acadêmica também está associada à produção de conhecimento científico. Nesse contexto, Marques e colaboradores examinam fatores que influenciam a escolha pela carreira médica acadêmica no Brasil. O estudo discute desafios institucionais na formação de novos pesquisadores e destaca a importância de ambientes universitários para integrar ensino, assistência e investigação científica. Fortalecer essa integração amplia a capacidade de inovação biomédica do país.

O avanço do conhecimento biomédico depende de abordagens metodológicas capazes de transformar perguntas biológicas complexas em evidências confiáveis. O estudo de Silva e colaboradores discute métodos de avaliação da memória de reconhecimento em humanos e modelos murinos. A análise comparativa evidencia potencialidades e limitações de cada abordagem e ressalta a importância do rigor metodológico para a pesquisa translacional em neurociência.

Ainda no campo das neurociências, Bittencourt e colaboradores discutem o papel da neuroinflamação no envelhecimento cerebral e nas doenças neurodegenerativas. Evidências indicam que processos inflamatórios crônicos associados ao estresse oxidativo e à disfunção mitocondrial contribuem para a deterioração progressiva da função neuronal. A compreensão desses mecanismos amplia o entendimento da fisiopatologia dessas condições e abre perspectivas terapêuticas no envelhecimento populacional.

Se os primeiros trabalhos deste número enfatizam fundamentos da formação científica e da investigação biomédica, os artigos derivados do simpósio Clima e Saúde ampliam o debate ao situar a saúde humana no contexto das transformações ambientais contemporâneas.

Diefenthaler e colaboradores analisam os impactos da crise climática sobre a saúde mental. Eventos extremos, insegurança socioeconômica e deslocamentos populacionais podem desencadear repercussões psicológicas e ampliar vulnerabilidades sociais. Nesse cenário, estratégias de adaptação que fortaleçam redes de apoio comunitário e sistemas de atenção psicossocial tornam-se necessárias.

Sob uma perspectiva fisiopatológica, Saldiva e colegas examinam mecanismos biológicos associados à exposição ao calor. O estresse térmico pode afetar múltiplos sistemas orgânicos e desencadear respostas inflamatórias e cardiovasculares graves. O aumento da frequência e da intensidade das ondas de calor reforça a necessidade de estratégias de prevenção e proteção da saúde pública em grandes centros urbanos.

As dimensões ecológicas dessas transformações são aprofundadas no estudo de Val e Almeida Val. Os autores discutem como mudanças ambientais na Amazônia afetam ecossistemas aquáticos e repercutem na segurança alimentar de populações que dependem desses recursos naturais, evidenciando a relação entre sustentabilidade ambiental, biodiversidade e saúde coletiva.

Nesse mesmo horizonte, o artigo dedicado às iniciativas científicas brasileiras no enfrentamento das mudanças climáticas examina a contribuição da ciência nacional para compreender processos ambientais e desenvolver estratégias de monitoramento e resposta. Ao destacar a capacidade do sistema científico brasileiro, o trabalho evidencia o papel estratégico da pesquisa na produção de conhecimento e na formulação de respostas diante de desafios sanitários e ambientais emergentes.

Ao lado dessas contribuições, este número incorpora também, como expressão da vida acadêmica da instituição, as transcrições das falas proferidas na Sessão da Saudade realizada em 12 de março de 2026, em homenagem ao acadêmico Omar da Rosa Santos (20/05/1940–07/11/2025), preservando a memória de sua trajetória e de sua contribuição à medicina. Os acadêmicos Aníbal Gil Lopes, Mauricio Younes Ibrahim, Carlos Alberto Basílio de Oliveira falaram em nome da ANM, e foram seguidos pelos depoimentos dos acadêmicos Pietro Novellino, Francisco Sampaio, Eliete Bouskela, Miguel Carlos Riella, Gerson Canedo de Magalhães, Cláudio Tadeu Daniel-Ribeiro Carlos Eduardo Brandão Mello, Henrique Murad, Rossano Kepler Alvim Fiorelli e Omar Lupi da Rosa Santos.

Ao reunir essas perspectivas, este número dos Anais da Academia Nacional de Medicina reafirma que enfrentar os desafios contemporâneos da saúde exige abordagem integrada que articule formação profissional de excelência, investigação científica rigorosa e compreensão dos determinantes ambientais da saúde. A Academia Nacional de Medicina mantém seu compromisso com a promoção do conhecimento, o debate qualificado e o fortalecimento da ciência como base das políticas de saúde e do desenvolvimento nacional.

*Acadêmicos Titulares Marcelo Marcos Morales &
Margareth Pretti Dalcolmo
Organizadores do “Simpósio Mudanças Climáticas e Saúde”*

NEUROINFLAMAÇÃO COMO EIXO CENTRAL NO ENVELHECIMENTO CEREBRAL E NAS DOENÇAS NEURODEGENERATIVAS: MECANISMOS, CONSEQUÊNCIAS FUNCIONAIS E PERSPECTIVAS TERAPÊUTICAS

Neuroinflammation as a Central Axis in Brain Aging and Neurodegenerative Diseases: Mechanisms, Functional Consequences, and Therapeutic Perspectives

Julie de Oliveira Alves Bittencourt¹, Julia Ferreira Giannini¹, Renata dos Santos Guarnieri¹, Thatiany Souza Marinho¹, Aline Penna-de-Carvalho¹, Pedro Henrique Reis-Barbosa¹, Marcia Barbosa Aguilã¹ & Carlos Alberto Mandarim-de-Lacerda^{*1,3}

JOAB - ORCID: 0000-0002-6480-5647, e-mail: julioabittencourt@gmail.com, JFG - ORCID: 0009-0007-73349763, e-mail: juliafegi@gmail.com, RSG - ORCID:0000-0001-5449-776X, e-mail: renatagnutri@gmail.com, TSM - ORCID: 0000-0001-9976-9466, e-mail: thatymarinho@gmail.com, APC - ORCID: 0000-0001-9595-9852, e-mail: alinepenna29@gmail.com, PHRB - ORCID: 0000-0002-4731-7422, e-mail: barbosaphr@outlook.com, MBA - ORCID: 0000-0003-3994-4589, e-mail: mbaguila@uerj.br, CAML - ORCID: 0000-0003-4134-7978, e-mail: mandarim@uerj.br; ¹Laboratório de Morfometria, Metabolismo e Doença Cardiovascular, Centro Biomédico, Universidade do Estado do Rio de Janeiro; ²Academia Nacional de Medicina (Acadêmico Titular)

Destaques

- Envelhecimento cerebral e doenças neurodegenerativas cursam com neuroinflamação.
- Micróglia e astrócitos sustentam a inflamação crônica e a disfunção sináptica.
- Hipocampo e córtex pré-frontal são alvos centrais do dano inflamatório.
- A neuroinflamação é um mecanismo comum em Alzheimer, Parkinson e ELA.
- GLP-1 e ômega-3 têm potencial neuroprotetor.

RESUMO

A neuroinflamação tem sido reconhecida como um eixo central na fisiopatologia do envelhecimento cerebral e das doenças neurodegenerativas. O envelhecimento populacional, associado à elevada prevalência de doenças cardiometabólicas, tem contribuído para o aumento expressivo das demências, incluindo a doença de Alzheimer e a doença de Parkinson. Evidências experimentais e humanas demonstram que a neuroinflamação crônica de baixo grau, caracterizada

* Correspondência: Centro Biomédico, UERJ, Av. 28 de Setembro, 87 fds. CEP: 20551-030, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
E-mail: mandarim@uerj.br

Recebido em: 06/02/2026 - Aceito para publicação em: 17/02/2026
Revisores:
Acad. Rui Monteiro de Barros Maciel & Cláudio André Serfaty (UFF)



pela ativação persistente da micróglia e pela reatividade dos astrócitos, desempenha papel determinante na disfunção sináptica, na perda de plasticidade neural, na reorganização patológica dos circuitos neuronais e no declínio cognitivo progressivo. Em nível molecular, a liberação sustentada de citocinas pró-inflamatórias, o estresse oxidativo, a disfunção mitocondrial e a ativação de vias inflamatórias intracelulares estabelecem um ciclo autopropagante de inflamação e vulnerabilidade neuronal. Do ponto de vista funcional, esses processos afetam preferencialmente regiões com alta demanda metabólica e plasticidade, como o hipocampo e o córtex pré-frontal, resultando em déficits de memória, atenção, funções executivas e cognição social. Apesar das diferenças clínicas e anatômicas entre as doenças neurodegenerativas, a neuroinflamação emerge como um mecanismo convergente em condições como a doença de Alzheimer, a doença de Parkinson, a esclerose lateral amiotrófica e a esclerose múltipla. Nesse contexto, estratégias terapêuticas voltadas à modulação da inflamação cerebral têm ganhado destaque. Agonistas do receptor do peptídeo semelhante ao glucagon tipo 1 e ácidos graxos ômega-3 (EPA e DHA) apresentam potencial neuroprotetor ao modularem a ativação glial, reduzirem citocinas pró-inflamatórias e estresse oxidativo, e preservarem a função mitocondrial e a plasticidade sináptica. En-

tretanto, limitações translacionais ainda impõem desafios à ampla aplicação clínica.

Palavras-chave: Doenças neurodegenerativas; Envelhecimento cerebral; Neuroinflamação; Neuroproteção; Micróglia e astrócitos

ABSTRACT

Neuroinflammation has emerged as a central pathophysiological axis linking brain aging, cardiometabolic disorders, and neurodegenerative diseases. Population aging has been accompanied by a marked increase in the prevalence of dementia, including Alzheimer's disease and Parkinson's disease, reinforcing the need to better understand shared mechanisms underlying neurodegeneration. Experimental and human evidence indicate that chronic, low-grade neuroinflammation—driven primarily by persistent microglial activation and astrocyte reactivity—contributes to synaptic dysfunction, impaired neural plasticity, circuit disorganization, and progressive cognitive decline. At the molecular level, sustained release of pro-inflammatory cytokines, oxidative stress, mitochondrial dysfunction, and activation of inflammasome-related pathways promote a self-perpetuating cycle of inflammation and neuronal vulnerability. Functionally, these processes selectively affect brain regions with high me-



tabolic demand and plasticity, such as the hippocampus and prefrontal cortex, leading to deficits in memory, executive functions, attention, and cognition across aging and neurodegenerative conditions. Importantly, neuroinflammation is a convergent mechanism across disorders such as Alzheimer's disease, Parkinson's disease, amyotrophic lateral sclerosis, and multiple sclerosis, despite their clinical and anatomical heterogeneity. In this context, therapeutic strategies targeting neuroinflammation have gained increasing attention. Agonists of the glucagon-like peptide-1 receptor and omega-3 fatty acids (EPA and DHA) show promising neuroprotective effects by modulating glial activation, reducing pro-inflammatory signaling and oxidative stress, improving mitochondrial function, and preserving synaptic plasticity. However, relevant translational challenges remain, including differences between experimental models and humans, optimal dosing, treatment duration, and long-term safety. Overall, understanding neuroinflammation as an integrative and modifiable mechanism may support the development of preventive and disease-modifying strategies for neurodegenerative disorders.

Keywords: Brain aging; Neuroinflammation; Neurodegenerative diseases; Neuroprotection; Microglia and astrocytes.

INTRODUÇÃO

A neuroinflamação constitui um eixo central da fisiopatologia do envelhecimento cerebral e das doenças neurodegenerativas. O envelhecimento populacional tem sido acompanhado por um aumento expressivo na prevalência de demências, incluindo doença de Alzheimer e doença de Parkinson, o que configura um importante problema de saúde pública (1,2). No Brasil, estima-se que cerca de 1,6 milhão de pessoas vivam com demência, número em crescimento contínuo (3,4). Paralelamente, observa-se elevada prevalência de doenças crônicas cardiometabólicas, como dislipidemia, diabetes mellitus tipo 2, hipertensão arterial sistêmica, obesidade e síndrome metabólica, condições fortemente associadas à inflamação sistêmica e central (Figura 1).

Evidências indicam que as doenças metabólicas não apenas coexistem com a neurodegeneração, mas também contribuem causalmente para a ativação microglial persistente, a disfunção neurovascular e a manutenção da neuroinflamação crônica de baixo grau, característica do envelhecimento ("inflammaging") (5). Nesse contexto, o envelhecimento associado à disfunção metabólica deve ser reconhecido como alvo prioritário de prevenção primária das doenças neurodegenerativas, uma vez que a resistência à insulina, a lipotoxicidade, o estresse oxidativo e a disfunção endotelial aceleram o declínio cognitivo e funcional.

Clinicamente, as doenças neurodegenerativas manifestam-se por déficits cognitivos e funcionais progressivos, com comprometimento da autonomia e aumento da morbidade e da mortalidade (6,7). A presença concomitante de dislipidemia, diabetes tipo 2 e hipertensão arterial sistêmica agrava a evolução clínica, reforçando a interdependência entre a saúde metabólica e a integridade cerebral.

A identificação de biomarcadores inflamatórios e metabólicos, o reposicionamento de fármacos com ações pleio-

trópicas e a combinação de estratégias farmacológicas e não farmacológicas representam caminhos promissores para a medicina de precisão na neurodegeneração (8-10). Nesse contexto, compreender a neuroinflamação como elo fisiopatológico entre envelhecimento, doenças cardiometabólicas e neurodegenerativas amplia o alcance do ponto de vista da saúde pública, evidenciando que a carga real da neuroinflamação na população é consideravelmente superior àquela estimada quando analisada isoladamente (11).

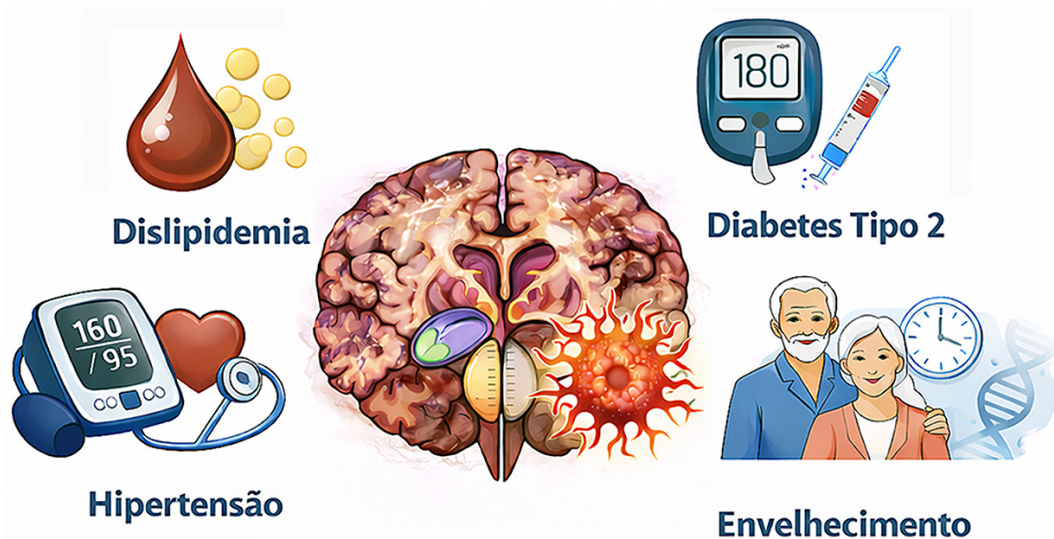


Figura 1 - Fatores sistêmicos e centrais associados à neuroinflamação. Esquema dos principais fatores sistêmicos e centrais envolvidos na indução e na manutenção da neuroinflamação crônica. Alterações metabólicas e cardiovasculares associadas ao envelhecimento e à menopausa promovem inflamação sistêmica de baixo grau, disfunção endotelial e aumento da permeabilidade da barreira hematoencefálica, favorecendo a ativação glial em regiões cerebrais vulneráveis.



Neuroinflamação: fundamentos celulares e moleculares relevantes

A neuroinflamação corresponde a uma resposta imune intrínseca do sistema nervoso central, mediada principalmente pela ativação da micróglia e pela reatividade dos astrócitos diante de estímulos como o envelhecimento, o acúmulo de proteínas mal dobradas, as disfunções metabólicas e sinais inflamatórios periféricos. Diferentemente da inflamação periférica clássica, a resposta inflamatória no SNC ocorre em um ambiente imunologicamente especializado, caracterizado pela presença da barreira hematoencefálica e de populações celulares residentes com funções imunes específicas (12). Em condições fisiológicas, esses processos desempenham um papel essencial na manutenção da homeostase cerebral. Entretanto, quando persistentes ou desregulados, sustentam um estado inflamatório crônico associado à neurodegeneração progressiva, especialmente no contexto do envelhecimento (13).

A micróglia é a principal célula imunocompetente residente do SNC e atua como sensor primário de alterações no microambiente neural. Em seu estado homeostático, essas células apresentam morfologia ramificada e exercem funções de vigilância, monitorando continuamente sinapses, neurônios e vasos sanguíneos. Diante de estímulos deletérios, como padrões moleculares associados ao dano celular (DAMPs), proteínas

agregadas ou alterações metabólicas, a micróglia ativa-se funcionalmente. Esse processo de ativação é altamente plástico e envolve uma ampla gama de fenótipos intermediários, modulados pelo tipo, pela intensidade e pela duração do estímulo. Em estados pró-inflamatórios, a micróglia aumenta a produção de citocinas, como IL-1 β , TNF- α e IL-6, além de quimiocinas e espécies reativas de oxigênio e nitrogênio (14).

Os astrócitos são as células gliais mais abundantes do SNC e desempenham funções essenciais no suporte metabólico neuronal, na regulação da neurotransmissão e na manutenção da barreira hematoencefálica. Em condições patológicas, esses gliócitos sofrem um processo denominado astrogliose reativa, caracterizado por alterações morfológicas, aumento da expressão de proteínas estruturais e mudanças profundas no perfil secretor (15). A liberação contínua de mediadores inflamatórios constitui um dos principais mecanismos pelos quais a neuroinflamação contribui para a degeneração neuronal. Citocinas pró-inflamatórias e quimiocinas ativam cascatas intracelulares que promovem estresse oxidativo e nitrosativo, comprometendo a função mitocondrial e o metabolismo energético neuronal (16).

Conforme ilustrado na Figura 2, a micróglia reativa apresenta alterações morfofuncionais, com aumento da expressão de receptores de padrões moleculares e da li-

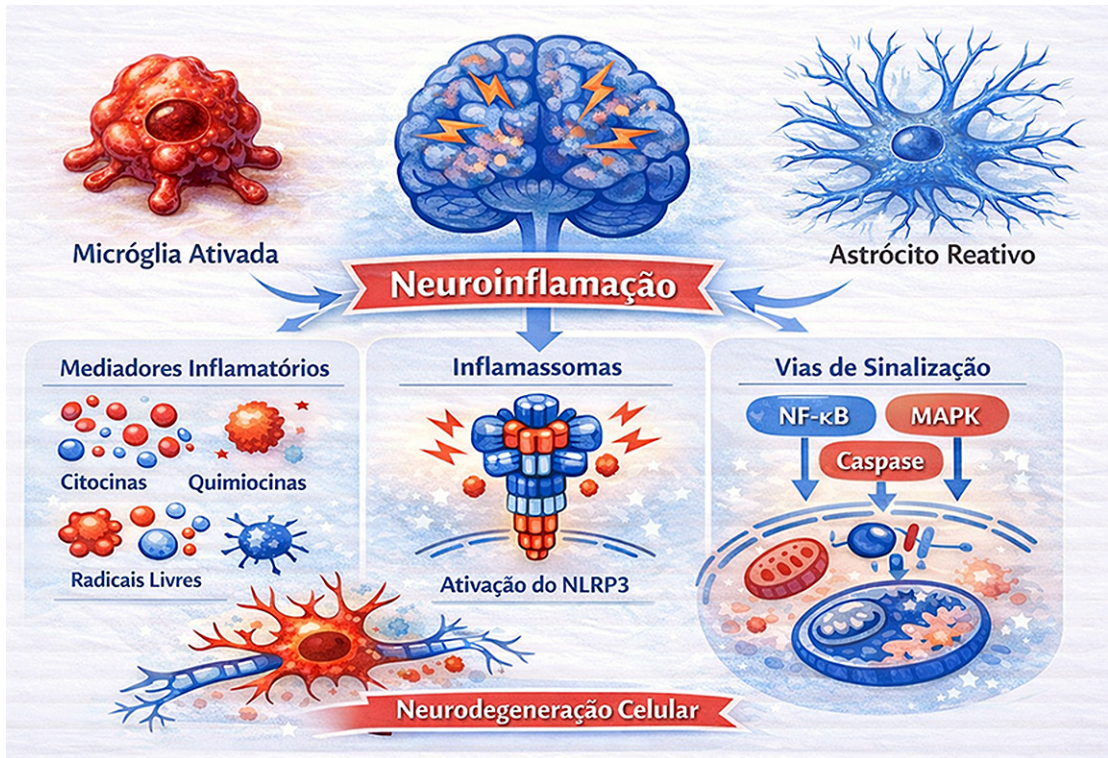


Figura 2 - Fundamentos celulares e moleculares da neuroinflamação. Representação dos principais mecanismos celulares e moleculares da neuroinflamação. A ativação microglial e astrogliar resulta na liberação persistente de mediadores inflamatórios e na ativação de vias pró-inflamatórias intracelulares, incluindo inflamassomas, culminando na disfunção mitocondrial e no comprometimento da homeostase neuronal.

Abreviações: NLRP3, NOD-like receptor family pyrin domain containing 3; NF-κB, nuclear factor kappa B; MAPK, mitogen-activated protein kinase

beração de citocinas pró-inflamatórias, quimiocinas e espécies reativas. Os astrócitos reativos, por sua vez, apresentam alterações metabólicas e modulam, de forma disfuncional, a transmissão sináptica, ampliando a resposta inflamatória local (17). A interação entre esses dois tipos celulares cria um microambiente neural persistentemente inflamatório.

Um eixo central desse processo é a ativação dos inflamassomas, em especial o NLRP3, que promove a maturação de IL-1 β e IL-18 e contribui para a disfunção mitocondrial e para a morte celular inflamatória. Associada a isso, a ativação sustentada das vias de sinalização NF-κB e MAPK perpetua a expressão gênica pró-inflamatória e favorece a transição de res-



postas adaptativas para um estado neurotóxico (18,19).

Deve-se distinguir as respostas inflamatórias adaptativas e transitórias da inflamação crônica de baixo grau associada ao envelhecimento cerebral. Em condições fisiológicas, a ativação aguda da micróglia e dos astrócitos é regulada e resolutive, contribuindo para a homeostase neural, a remoção de detritos e a remodelação sináptica. Em contraste, no envelhecimento e nas doenças neurodegenerativas, estímulos metabólicos e tóxicos persistentes mantêm a reatividade glial e a liberação contínua de mediadores pró-inflamatórios, comprometendo a plasticidade sináptica, alterando circuitos neuronais e aumentando a vulnerabilidade à degeneração progressiva (20).

Consequências funcionais da neuroinflamação no sistema nervoso

As consequências funcionais da neuroinflamação crônica tornam-se evidentes na integridade sináptica, na plasticidade neural e na organização dos circuitos neuronais, conforme sintetizado na Figura 3. A manutenção de um ambiente inflamatório no sistema nervoso central resulta em redução da densidade de espinhas dendríticas e menor eficiência da transmissão sináptica, alterações que antecedem a perda estrutural neuronal.

Esses efeitos manifestam-se de forma seletiva em regiões altamente plásticas e centrais para a cognição, como o hipocampo, o córtex entorrinal e áreas associativas do córtex pré-frontal (21). A disfunção sináptica sustentada compromete a potenciação de longa duração e a adaptação sináptica dependente da experiência, afetando particularmente a memória episódica e espacial, funções dependentes do circuito hipocampo-entorrinal-fórnix (22).

Com a progressão da neuroinflamação, ocorre a reorganização disfuncional de circuitos frontoparietais e frontoestriatais, resultando em prejuízos às funções executivas, à atenção sustentada e à flexibilidade cognitiva. Clinicamente, esses déficits se expressam como lentificação do raciocínio, dificuldade de planejamento e redução da capacidade de lidar com tarefas complexas. A correspondência entre domínios cognitivos, regiões encefálicas e circuitos envolvidos encontra-se sistematizada na Tabela 1 (23,24).

A inflamação crônica também afeta circuitos subcorticais e límbicos, incluindo núcleos da base, tálamo e amígdala, contribuindo para alterações na cognição social, na regulação emocional e na velocidade psicomotora. Na doença de Parkinson, a disfunção inflamatória dos circuitos nigroestriatais e corticoestriatais agrava não apenas os sintomas motores, mas também déficits cogni-

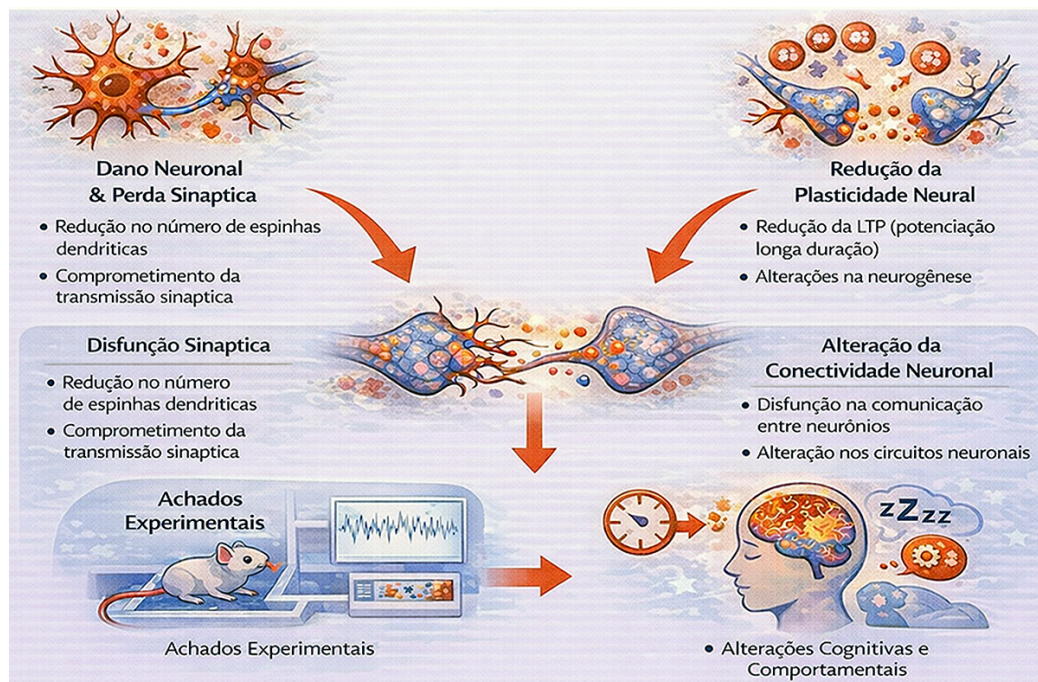


Figura 3 - Consequências funcionais da neuroinflamação. Esquema das principais consequências funcionais da neuroinflamação crônica no sistema nervoso central. A inflamação sustentada associa-se à perda sináptica, à redução da plasticidade neural e a alterações na conectividade dos circuitos neuronais, com impacto nas funções cognitivas e comportamentais.

Abreviações: LTP, long-term potentiation (potenciação de longa duração).

tivos envolvendo funções executivas, atenção dividida e memória de trabalho (25).

Neuroinflamação como mecanismo convergente nas doenças neurodegenerativas

Além de fatores genéticos e das alterações inerentes ao envelhecimento, fatores ambientais modulam significativamente a neuroinflamação ao longo da vida. O estres-

se crônico, a inatividade física e cognitiva e a má nutrição favorecem a disfunção microglial, reduzem os estímulos tróficos e metabólicos e intensificam a inflamação sistêmica de baixo grau, levando a um estado de vulnerabilidade inflamatória progressiva, que pode acelerar o declínio cognitivo e a progressão de doenças neurodegenerativas (26).

A Figura 4 destaca a neuroinflamação como um mecanismo convergente nas principais doenças neurodegenerativas, incluín-



Tabela 1 - Domínios cognitivos afetados pela neuroinflamação: correlações anatômicas, circuitárias e clínicas.

Domínio cognitivo	Principais regiões / núcleos envolvidos	Circuitos e feixes relevantes	Alterações associadas à neuroinflamação e ao envelhecimento	Manifestações clínicas típicas
Memória (episódica e espacial)	Hipocampo (CA1, giro denteado), córtex entorrinal, subículo	Circuito hipocampo–entorrinal–fórnix–corpos mamilares	Redução de espinhas dendríticas; prejuízo da LTP; diminuição da neurogênese hipocampal; disfunção sináptica glutamatérgica	Dificuldade de formar novas memórias; esquecimento recente; desorientação espacial; comprometimento cognitivo leve
Atenção e velocidade de processamento	Córtex pré-frontal dorsolateral, córtex parietal posterior, tálamo	Redes frontoparietais; conexões tálamo-corticais	Redução da conectividade funcional; lentificação sináptica; alteração do balanço excitatório-inibitório	Atenção flutuante; fadiga cognitiva; lentificação do raciocínio; dificuldade em multitarefas
Funções executivas	Córtex pré-frontal dorsolateral, ventromedial e orbitofrontal; corpo estriado	Circuitos frontoestriatais e frontoparietais	Perda de conectividade sináptica; desorganização circuitual; disfunção dopaminérgica modulada por inflamação	Dificuldade de planejamento; perda de flexibilidade cognitiva; perseveração; prejuízo do controle inibitório
Cognição social e regulação emocional	Amígdala, córtex orbitofrontal, córtex cingulado anterior	Circuitos límbico-frontais; conexões amígdala-pré-frontal	Alteração da comunicação glia-neurônio; disfunção sináptica límbica; inflamação crônica subcortical	Apatia; alterações do humor; redução da empatia; retraimento social
Cognição na doença de Parkinson	Substância negra, corpo estriado, córtex pré-frontal	Circuitos nigroestriatais e corticoestriatais	Inflamação crônica agravando disfunção dopaminérgica; perda de conectividade frontoestriatal	Lentificação cognitiva; prejuízo executivo; déficit de atenção; memória de trabalho reduzida

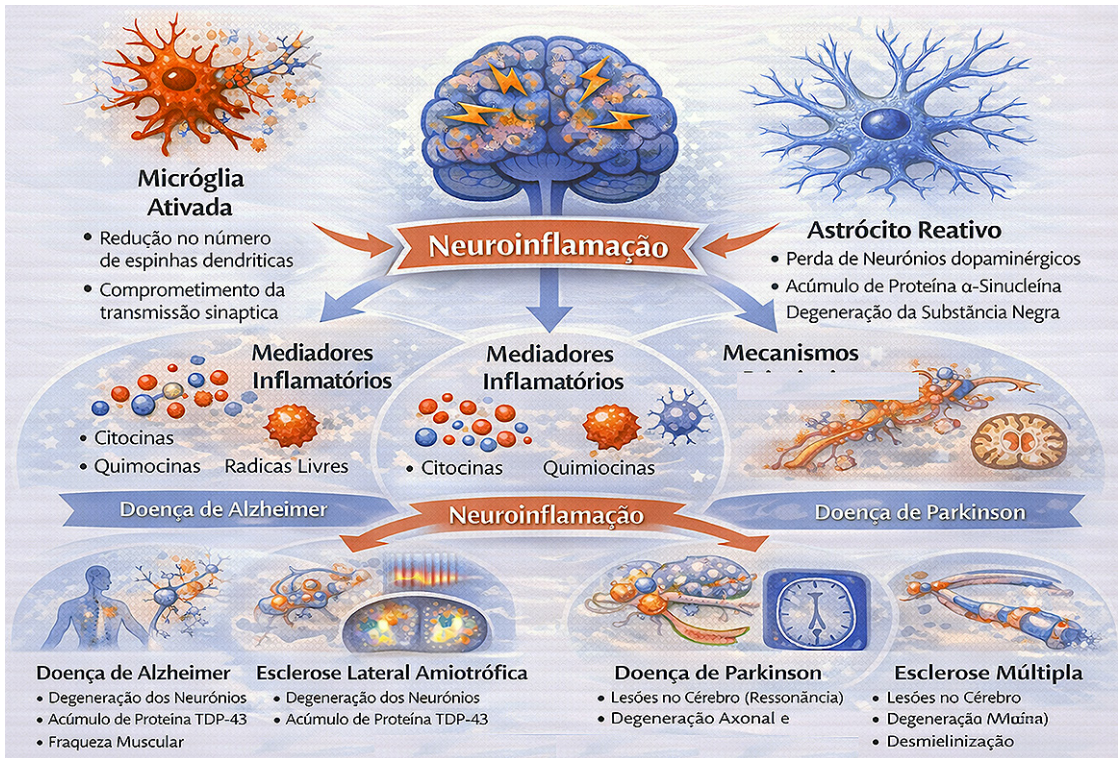


Figura 4 - Neuroinflamação como mecanismo convergente em doenças neurodegenerativas. Representação da neuroinflamação como eixo mecanístico comum em diferentes doenças neurodegenerativas. Apesar das diferenças etiopatogênicas, essas condições compartilham ativação glial crônica, liberação persistente de mediadores inflamatórios e disfunção neuronal progressiva.

Abreviações: TDP-43, TAR DNA-binding protein 43.

do doença de Alzheimer, doença de Parkinson, esclerose lateral amiotrófica (ELA), esclerose múltipla e outras demências. Apesar das diferenças clínicas e anatômicas, essas condições compartilham ativação glial crônica, liberação persistente de mediadores inflamatórios, estresse oxidativo e acúmulo de proteínas mal dobradas (13, 27).

Na doença de Alzheimer, a ativação microglial em torno de placas amiloides e

a resposta astrocitária reativa associam-se à disfunção sináptica precoce e ao declínio cognitivo progressivo. Na doença de Parkinson, a inflamação contribui para a degeneração dopaminérgica da substância negra em associação ao acúmulo de α -sinucleína, modulando a progressão clínica (22).

Na ELA, a ativação glial e a liberação de citocinas contribuem para a degeneração dos neurônios motores, frequentemente associa-



da ao acúmulo de TDP-43, influenciando a velocidade de progressão e a sobrevida (28). Na esclerose múltipla, a inflamação desempenha papel central desde as fases iniciais, com desmielinização, degeneração axonal e comprometimento neurológico cumulativo (29).

Outro mecanismo amplamente compartilhado é a disfunção mitocondrial associada ao estresse oxidativo. Neurônios são altamente dependentes da produção eficiente de ATP, tornando-os particularmente vulneráveis a falhas bioenergéticas. Alterações na cadeia respiratória, aumento da produção de espécies reativas de oxigênio (ROS) e comprometimento da mitofagia foram descritos, contribuindo para a degeneração axonal, a excitotoxicidade e a inflamação secundária (30).

Adicionalmente, a disfunção sináptica precoce emerge como um evento comum e crítico, frequentemente precedendo a perda neuronal detectável. Alterações na plasticidade sináptica, redução de fatores neurotróficos e excitotoxicidade glutamatérgica são observadas em múltiplas doenças neurodegenerativas e correlacionam-se fortemente com declínio cognitivo e funcional (31, 32).

A atividade física modula a neuroinflamação ao melhorar o fluxo sanguíneo cerebral, reduzindo a ativação microglial, preservando a plasticidade sináptica e diminuindo o risco de declínio cognitivo e de doenças

neurodegenerativas (33). Nesse eixo músculo-cérebro, a irisina - mioquina derivada da proteína 5, contendo o domínio tipo III de fibronectina (FNDC5), induzida pela contração muscular - atravessa a barreira hema-toencefálica, modulando a neuroinflamação e estimulando a expressão de fatores neurotróficos (34). De forma complementar, o lactato, cuja produção aumenta durante o exercício, desempenha um papel energético e atua no cérebro como mediador do acoplamento neuroglial e como sinalizador metabólico da plasticidade sináptica e da consolidação da memória (35).

A contribuição dos agonistas do receptor de GLP-1 e dos ácidos graxos ômega-3

Conforme ilustrado na Figura 5, agonistas do receptor do peptídeo semelhante ao glucagon tipo 1 (GLP-1) e ácidos graxos ômega-3 (EPA e DHA) emergem como estratégias promissoras para a modulação da neuroinflamação e de suas consequências funcionais. Evidências experimentais e humanas indicam que essas intervenções atuam diretamente sobre a ativação microglial e astrogliar, modulando a liberação de citocinas pró-inflamatórias e reduzindo o estresse oxidativo (36).

Os agonistas de GLP-1 demonstram efeitos consistentes na atenuação da neu-

roinflamação, na preservação sináptica e na melhora da função mitocondrial em modelos de doenças neurodegenerativas (37,38). Esses efeitos parecem decorrer tanto da modulação inflamatória quanto da melhora do metabolismo energético neuronal e glial, com repercussões positivas sobre a plasti-

cidade sináptica (39,40). Estudos transacionais indicam que a sinalização do GLP-1 no sistema nervoso central modula circuitos hipotalâmicos e mesolímbicos envolvidos na regulação do apetite e da recompensa alimentar, reforçando seu papel como regulador integrativo da homeostase energética (41).

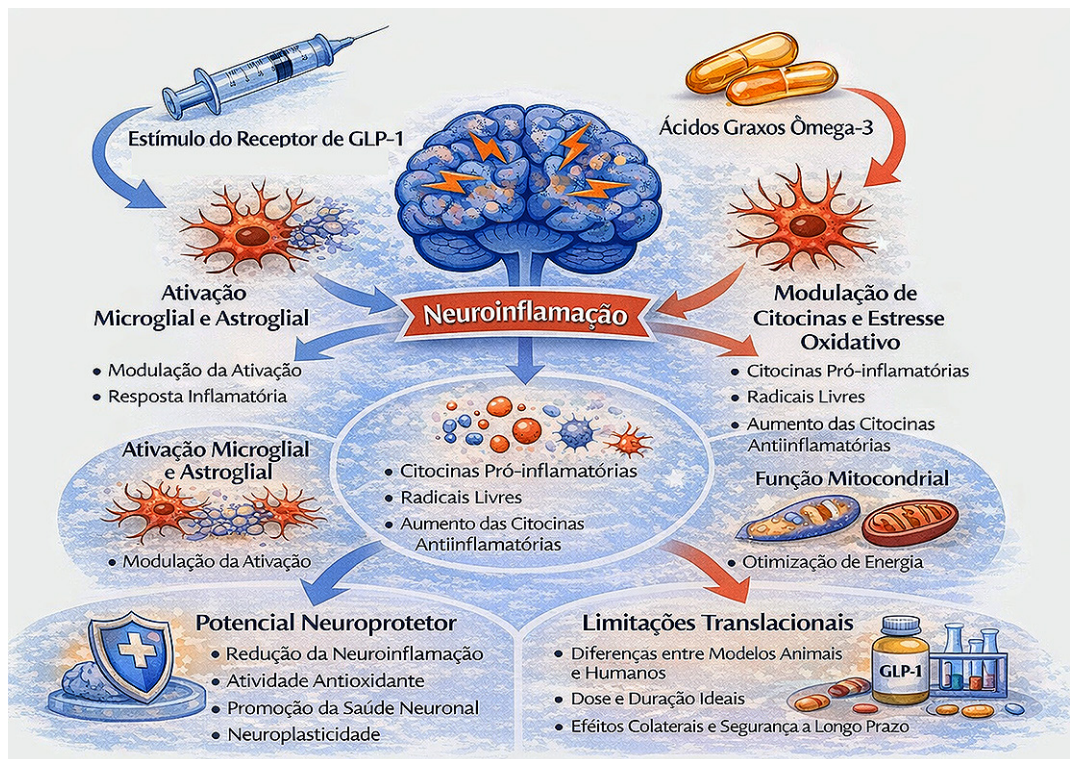


Figura 5 - Modulação da neuroinflamação por agonistas do receptor de GLP-1 e de ômega-3. Esquema dos efeitos dos agonistas do receptor de GLP-1 e dos ácidos graxos ômega-3 (EPA e DHA) na modulação da neuroinflamação. Essas intervenções atenuam a ativação glial, reduzem o estresse oxidativo e melhoram a função mitocondrial, contribuindo para a preservação da função neuronal.

Abreviações: GLP-1R, receptor do peptídeo semelhante ao glucagon tipo 1; EPA, ácido eicosapentaenoico; DHA, ácido docosahexaenoico.



De forma complementar, destacam-se os PUFAs n-3, ácido eicosapentaenoico (EPA) e o ácido docosahexaenoico (DHA), que constituem um grupo de ácidos graxos poliinsaturados essenciais, caracterizados pela presença de uma dupla ligação na posição omega-3 da cadeia carbônica, que o organismo não é capaz de sintetizar, exigindo sua obtenção por meio da dieta ou da suplementação. Evidências demonstram que os PUFAs n-3 desempenham um papel significativo na modulação da transmissão neuronal e na manutenção da integridade estrutural e funcional das membranas celulares, especialmente no sistema nervoso central (42).

EPA e DHA exercem ações anti-inflamatórias e antioxidantes bem estabelecidas, favorecendo a produção de mediadores pró-resolução, a integridade das membranas neuronais e a eficiência mitocondrial. Esses mecanismos contribuem para a preservação da viabilidade neuronal e da transmissão sináptica (42,43). O EPA está presente em pequenas quantidades no cérebro, desempenhando um papel importante na modulação da inflamação e da função imunológica (44). O DHA é abundante no cérebro e atua no desenvolvimento e na função do cérebro, além de estar envolvido na modulação das propriedades físico-químicas das membranas neuronais, na liberação de neurotransmissores, no crescimento e na diferenciação

neuronal, e na regulação da expressão gênica. Além disso, exerce função neuroprotetora, associada à manutenção da plasticidade sináptica e à proteção contra processos neurodegenerativos, sendo um importante componente da membrana celular neuronal e dos segmentos externos dos bastonetes da retina (45). A deficiência do DHA no organismo está associada à redução da capacidade cognitiva e sensorial (43).

Apesar do potencial neuroprotetor, persistem limitações translacionais relevantes, incluindo diferenças entre modelos animais e humanos, incertezas quanto à dose e duração ideais do tratamento e considerações de segurança a longo prazo. Assim, estudos clínicos robustos ainda são necessários para definir o papel definitivo dessas estratégias na prática clínica.

CONCLUSÕES

A neuroinflamação deve ser compreendida como um eixo fisiopatológico central que conecta o envelhecimento cerebral, a disfunção metabólica e as doenças neurodegenerativas. Evidências acumuladas indicam que a inflamação crônica de baixo grau no sistema nervoso central não é apenas um marcador associado à neurodegeneração, mas também um processo ativo que contribui para a disfunção sináptica, a perda de plasticidade neural e o declínio cognitivo



progressivo. Do ponto de vista clínico, essa perspectiva reforça a necessidade de integrar o cuidado neurológico ao controle rigoroso dos fatores de risco cardiometabólicos. Condições altamente prevalentes, como obesidade, diabetes mellitus tipo 2, dislipidemia e hipertensão arterial, favorecem inflamação sistêmica persistente, disfunção endotelial e ativação glial, mecanismos que podem acelerar o comprometimento cognitivo ao longo do envelhecimento. Nesse contexto, estratégias terapêuticas com efeitos metabólicos e anti-inflamatórios têm despertado crescente interesse. Agonistas do receptor de GLP-1 demonstram potencial para reduzir a ativação glial, o estresse oxidativo e a disfunção mitocondrial, enquanto os ácidos graxos ômega-3 (EPA e DHA) apresentam propriedades anti-inflamatórias e pró-resolução, o que pode contribuir para a preservação da função neuronal. Apesar desse raciocínio biológico consistente, ainda são necessários ensaios clínicos robustos para determinar a eficácia, a dose ideal e a segurança dessas intervenções na prevenção e no manejo das doenças neurodegenerativas.

Conflitos de Interesse

Os autores declaram não haver conflitos de interesse relacionados a este manuscrito.

Agradecimento

Os autores são gratos pelos comentários dos revisores, que contribuíram para maior clareza do manuscrito.

REFERÊNCIAS

1. Frankish H, Horton R. Prevention and management of dementia: a priority for public health. *Lancet*, 2017; 390: 2614-5 (doi:10.1016/S0140-6736(17)31756-7).
2. WHO. Dementia: a public health priority. 2021; (<https://www.who.int/publications/item/dementia-a-public-health-priority>): (accessed in January 28, 2026).
3. Suemoto CK, Borelli WV, Calandri IL, Bertola L, Castilhos RM, Caramelli P, et al. The potential for dementia prevention in Brazil: a population attributable fraction calculation for 14 modifiable risk factors. *Lancet Reg Health Am*, 2025; 49: 101209 (doi:10.1016/j.lana.2025.101209).
4. Suemoto CK, Mukadam N, Brucki SMD, Caramelli P, Nitrini R, Laks J, et al. Risk factors for dementia in Brazil: Differences by region and race. *Alzheimers Dement*, 2023; 19: 1849-57 (doi:10.1002/alz.12820).
5. Franceschi C, Campisi J. Chronic inflammation (inflammaging) and its potential contribution to age-associated diseases. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 2014; 69 Suppl 1: S4-9 (doi:10.1093/gerona/glu057).
6. Scheltens P, De Strooper B, Kivipelto M, Holtzman H, Chetelat G, Teunissen CE, et al. Alzheimer's disease. *Lancet*, 2021; 397: 1577-90 (doi:10.1016/S0140-6736(20)32205-4).
7. Kulcsarova K, Skorvanek M, Postuma RB, Berg D. Defining Parkinson's Disease: Past and Future. *J Parkinsons Dis*, 2024; 14: S257-S71 (doi:10.3233/JPD-230411).



8. Ardura-Fabregat A, Boddeke E, Boza-Serrano A, Brioschi S, Castro-Gomez S, Ceyzeriat K, et al. Targeting Neuroinflammation to Treat Alzheimer's Disease. *CNS Drugs*, 2017; 31: 1057-82 (doi:10.1007/s40263-017-0483-3).
9. Spezani R, Mandarim-de-Lacerda CA. Beyond diabetes and obesity: GLP-1 receptor agonists in disrupting the vicious cycle of metabolic dysfunction and neuroinflammation. *Diabetes Obes Metab*, 2026; 28: 1622-37 (doi:10.1111/dom.70400).
10. Bazan NG. Omega-3 fatty acids, pro-inflammatory signaling and neuroprotection. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*, 2007; 10: 136-41 (doi:10.1097/MCO.0b013e32802b7030).
11. Bergantin LB. Hypertension, Diabetes and Neurodegenerative Diseases: Is there a Clinical Link through the Ca²⁺/cAMP Signalling Interaction? *Curr Hypertens Rev*, 2019; 15: 32-9 (doi:10.2174/1573402114666180817113242).
12. Xu X, Han Y, Zhang B, Ren Q, Ma J, Liu S. Understanding immune microenvironment alterations in the brain to improve the diagnosis and treatment of diverse brain diseases. *Cell Communication and Signaling*, 2024; 22: 132 (doi:10.1186/s12964-024-01509-w).
13. Ransohoff RM. How neuroinflammation contributes to neurodegeneration. *Science*, 2016; 353: 777-83 (doi:10.1126/science.aag2590).
14. Walker KA, Le Page LM, Terrando N, Duggan MR, Heneka MT, Bettcher BM. The role of peripheral inflammatory insults in Alzheimer's disease: a review and research roadmap. *Molecular Neurodegeneration*, 2023; 18: 37 (doi:10.1186/s13024-023-00627-2).
15. Guttenplan KA, Weigel MK, Prakash P, Wijewardhane PR, Hasel P, Rufen-Blanchette U, et al. Neurotoxic reactive astrocytes induce cell death via saturated lipids. *Nature*, 2021; 599: 102-7 (doi:10.1038/s41586-021-03960-y).
16. Singh D. Astrocytic and microglial cells as the modulators of neuroinflammation in Alzheimer's disease. *Journal of Neuroinflammation*, 2022; 19: 206 (doi:10.1186/s12974-022-02565-0).
17. Sofroniew MV. Astrocyte Reactivity: Subtypes, States, and Functions in CNS Innate Immunity. *Trends Immunol*, 2020; 41: 758-70 (doi:10.1016/j.it.2020.07.004).
18. Glass CK, Saijo K, Winner B, Marchetto MC, Gage FH. Mechanisms underlying inflammation in neurodegeneration. *Cell*, 2010; 140: 918-34 (doi:10.1016/j.cell.2010.02.016).
19. Ising C, Venegas C, Zhang S, Scheiblich H, Schmidt SV, Vieira-Saecker A, et al. NLRP3 inflammasome activation drives tau pathology. *Nature*, 2019; 575: 669-73 (doi:10.1038/s41586-019-1769-z).
20. Heneka MT, McManus RM, Latz E. Inflammasome signalling in brain function and neurodegenerative disease. *Nat Rev Neurosci*, 2018; 19: 610-21 (doi:10.1038/s41583-018-0055-7).
21. Fabiano MM, Aguila MB, Mandarim-de-Lacerda CA. The Hypothalamus and Hippocampus are Targets for New Drugs Controlling the Energy Balance and Treating Type 2 Diabetes Mellitus, Obesity, and Neurodegenerative Diseases. *Int J Morphol*, 2025; 43: 182-93 (doi:10.4067/s0717-95022025000100182).
22. Leng F, Edison P. Neuroinflammation and microglial activation in Alzheimer disease: where do we go from here? *Nat Rev Neurol*, 2021; 17: 157-72 (doi:10.1038/s41582-020-00435-y).
23. Bettcher BM, Kramer JH. Inflammation and clinical presentation in neurodegenerative disease: a volatile relationship. *Neurocase*, 2013; 19: 182-200 (doi:10.1080/13554794.2011.65422).
24. Marsland AL, Gianaros PJ, Abramowitch SM, Manuck SB, Hariri AR. Interleukin-6 covaries inversely with hippocampal grey matter volume in middle-aged adults. *Biol Psychiatry*, 2008; 64: 484-90 (doi:10.1016/j.biopsych.2008.04.016).



25. Tansey MG, Wallings RL, Houser MC, Herrick MK, Keating CE, Joers V. Inflammation and immune dysfunction in Parkinson disease. *Nat Rev Immunol*, 2022; 22: 657-73 (doi:10.1038/s41577-022-00684-6).
26. Franceschi C, Garagnani P, Parini P, Giuliani C, Santoro A. Inflammaging: a new immune-metabolic viewpoint for age-related diseases. *Nat Rev Endocrinol*, 2018; 14: 576-90 (doi:10.1038/s41574-018-0059-4).
27. Ransohoff RM, El Khoury J. Microglia in Health and Disease. *Cold Spring Harb Perspect Biol*, 2015; 8: a020560 (doi:10.1101/cshperspect.a020560).
28. Philips T, Rothstein JD. Glial cells in amyotrophic lateral sclerosis. *Exp Neurol*, 2014; 262 Pt B: 111-20 (doi:10.1016/j.expneurol.2014.05.015).
29. Reich DS, Lucchinetti CF, Calabresi PA. Multiple Sclerosis. *N Engl J Med*, 2018; 378: 169-80 (doi:10.1056/NEJMra1401483).
30. Butler R, Bradford D, Rodgers KE. Analysis of shared underlying mechanism in neurodegenerative disease. *Front Aging Neurosci*, 2022; 14: 1006089 (doi:10.3389/fnagi.2022.1006089).
31. Henstridge CM, Pickett E, Spires-Jones TL. Synaptic pathology: A shared mechanism in neurological disease. *Ageing Res Rev*, 2016; 28: 72-84 (doi:10.1016/j.arr.2016.04.005).
32. Selkoe DJ. Alzheimer's disease is a synaptic failure. *Science*, 2002; 298: 789-91 (doi:10.1126/science.1074069).
33. Erickson KI, Hillman C, Stillman CM, Ballard RM, Bloodgood B, Conroy DE, et al. Physical Activity, Cognition, and Brain Outcomes: A Review of the 2018 Physical Activity Guidelines. *Med Sci Sports Exerc*, 2019; 51: 1242-51 (doi:10.1249/MSS.0000000000001936).
34. Lourenco MV, Frozza RL, de Freitas GB, Zhang H, Kincheski GC, Ribeiro FC, et al. Exercise-linked FNDC5/irisin rescues synaptic plasticity and memory defects in Alzheimer's models. *Nat Med*, 2019; 25: 165-75 (doi:10.1038/s41591-018-0275-4).
35. Benarroch E. What Is the Role of Lactate in Brain Metabolism, Plasticity, and Neurodegeneration? *Neurology*, 2024; 102: e209378 (doi:10.1212/WNL.0000000000209378).
36. Leng X, Kinnun JJ, Cavazos AT, Canner SW, Shaikh SR, Feller SE, et al. All n-3 PUFA are not the same: MD simulations reveal differences in membrane organization for EPA, DHA and DPA. *Biochim Biophys Acta*, 2018; 1860: 1125-34 (doi:10.1016/j.bbamem.2018.01.002).
37. Marinho TS, Bittencourt JOA, Aguila MB, Mandarim-de-Lacerda CA. Tirzepatide reverses hypothalamic inflammation, cellular stress, and neuropeptide imbalance in metabolic-menopausal dysfunction. *Brain Res*, 2026; 1872: 150113 (doi:10.1016/j.brainres.2025.150113).
38. Marinho TS, Fabiano MM, Aguila MB, Mandarim-de-Lacerda CA. Principal components analysis on genes related to inflammasome complex and microglial activation in the hypothalamus of obese mice treated with semaglutide (GLP-1 analog). *Brain Res*, 2025; 1846: 149225 (doi:10.1016/j.brainres.2024.149225).
39. Holscher C. Incretin Hormones GLP-1 and GIP Normalize Energy Utilization and Reduce Inflammation in the Brain in Alzheimer's Disease and Parkinson's Disease: From Repurposed GLP-1 Receptor Agonists to Novel Dual GLP-1/GIP Receptor Agonists as Potential Disease-Modifying Therapies. *CNS Drugs*, 2025; 39: 1201-20 (doi:10.1007/s40263-025-01226-z).
40. Holscher C. Brain insulin resistance: role in neurodegenerative disease and potential for targeting. *Expert Opin Investig Drugs*, 2020; 29: 333-48 (doi:10.1080/13543784.2020.1738383).
41. Muller TD, Finan B, Bloom SR, D'Alessio D, Drucker DJ, Flatt PR, et al. Glucagon-like peptide 1 (GLP-1). *Mol Metab*, 2019; 30: 72-130 (doi:10.1016/j.molmet.2019.09.010).



42. Bazinet RP, Laye S. Polyunsaturated fatty acids and their metabolites in brain function and disease. *Nat Rev Neurosci*, 2014; 15: 771-85 (doi:10.1038/nrn3820).
43. Faulkner P, Gibson EL, Dyall SC. Long-chain omega-3 polyunsaturated fatty acids are associated with brain connectivity and mood in young adults with subthreshold depression: A preliminary study. *Prostaglandins Leukot Essent Fatty Acids*, 2025; 204: 102664 (doi:10.1016/j.plefa.2025.102664).
44. Lin PY, Cheng C, Satyanarayanan SK, Chiu LT, Chien YC, Chuu CP, et al. Omega-3 fatty acids and blood-based biomarkers in Alzheimer's disease and mild cognitive impairment: A randomized placebo-controlled trial. *Brain Behav Immun*, 2022; 99: 289-98 (doi:10.1016/j.bbi.2021.10.014).
45. Sinclair AJ, Wang Y, Li D. What Is the Evidence for Dietary-Induced DHA Deficiency in Human Brains? *Nutrients*, 2022; 15: (doi:10.3390/nu15010161).
46. Calder PC. Fatty acids and inflammation: the cutting edge between food and pharma. *Eur J Pharmacol*, 2011; 668 Suppl 1: S50-8 (doi:10.1016/j.ejphar.2011.05.085).

CARREIRA MÉDICA ACADÊMICA: POR QUE FAZER?

Academic Medical Career: Why Pursue It?

Marcos Arêas Marques^{*1,2}, Rossano Fiorelli^{2,3}, Cláudio Tadeu Daniel-Ribeiro^{3,4}, Walkiria Hueb Bernardi⁵
& Eduardo Ramacciotti^{5,6,7}

¹ MAM - ORCID: 0000-0002-5329-7819, e-mail: mareasmarques@gmail.com, ¹ Hospital Universitário Pedro Ernesto (UERJ), Rio de Janeiro, RJ, Brasil; ² RF - ORCID: 0000-0001-5236-0903, e-mail: rossano.fiorelli@unirio.br, Hospital Universitário Gaffrée e Guinle (UNIRIO), Rio de Janeiro, RJ, Brasil; ³ CTDR - ORCID: 0000-0001-9075-1470, e-mail: malaria@fiocruz.br, Academia Nacional de Medicina (Acadêmico titular), Rio de Janeiro, RJ, Brasil; ⁴ Laboratório de Pesquisa em Malária, Instituto Oswaldo Cruz, Fiocruz, Rio de Janeiro Brasil; ⁵ WHB - ORCID: 0009-0008-2934-2537, e-mail: cir.vascular@santacasasp.org.br, Faculdade de Ciências Médicas da Santa Casa de Misericórdia, São Paulo (FCMSCM), SP, Brasil; ^{5,6} ER - ORCID: 0000-0002-5735-1333, e-mail: eduardoramacciotti@gmail.com, Science Valley Research Institute, São Paulo, SP, Brasil; ⁷ Hemostasis & Thrombosis Research Laboratories, Loyola University Medical Center, Maywood, IL 60153, USA.

Destaques

- O número de médicos formados no Brasil praticamente dobrou, nos últimos 10 anos.
- Ser um especialista, pode se tornar desinteressante pelo custo financeiro da graduação médica.
- Na expectativa de resultados rápidos, a carreira acadêmica não é atrativa.

RESUMO

No Brasil a grande maioria dos médicos decide pela carreira assistencial após a graduação. Estima-se que, em 2024, o número de médicos atuando em território nacional sem

especialização (pós-graduação *lato sensu*) girava em torno de 350.000, o que representava, então, 60,7% do total de médicos. Um número ainda menor opta pela carreira acadêmica, na qual é necessária uma pós-graduação *stricto sensu* para o desenvolvimento e evolução profissionais e a capacitação para realizar pesquisas e ministrar aulas estando envolvido no processo de produção de conhecimento. Vários aspectos podem justificar essa realidade, que vai desde a urgência econômica e financeira do médico até o funil dos concursos de seleção para as pós-graduações (*lato sensu* ou *stricto sensu*). Porém, algumas características da carreira acadêmica

* Correspondência: Hospital Universitário Gaffrée e Guinle, Departamento de Cirurgia Geral e Especializada, Rua Mariz e Barros 775, Maracanã, Rio de Janeiro, RJ, CEP: 20.270-004. E-mail: mareasmarques@gmail.com

Recebido em: 10/02/2026 - Aceito para publicação em: 26/03/2026

Revisores:

Carlos Eduardo Brandão (Acad. titular, ANM) &
Sérgio Schmidt (Unirio)



merecem ser ressaltadas e divulgadas pelos docentes para atrair os jovens médicos nessa direção e fortalecer o desenvolvimento médico-científico brasileiro.

Palavras-chave: Docentes, educação de pós-graduação em medicina, Escolha profissional, pesquisadores, Programas de pós-graduação em saúde, Residência médica.

ABSTRACT

In Brazil, the vast majority of doctors opt for a clinical career after completing their undergraduate studies. It is estimated that, in 2024, the number of doctors practising in Brazil without a specialisation (*lato sensu* postgraduate qualification) stood at around 350,000, representing 60.7% of the total number of doctors. An even smaller number opt for an academic career, which requires a *stricto sensu* postgraduate qualification for professional development and advancement, as well as the skills to conduct research and teach, whilst being involved in the process of knowledge production. Several factors may explain this situation, ranging from the economic and financial pressures faced by doctors to the competitive nature of the selection process for postgraduate programmes (whether *lato sensu* or *stricto sensu*). However, certain aspects of an academic career deserve to be highlighted and promoted by academic staff in order to attract young doctors to

this path and strengthen Brazil's medical and scientific development.

Keywords: Career choice, Education, Faculty. Health postgraduate programs; Medical graduation; Internship and residency; Research personnel.

CONTEXTUALIZAÇÃO

Pós-graduação lato sensu

A pós-graduação *lato sensu* (sentido amplo, em português) pode ser definida como uma especialização profissional que aprofunda o conhecimento em determinada área, visando o mercado de trabalho. Segundo a normatização do Ministério da Educação e Cultura (MEC), (1) a sua duração mínima é de 360 h, distribuídas em um ou dois anos, presencialmente ou à distância. Na medicina, a forma mais tradicional de pós-graduação *lato sensu* é a Residência Médica (RM) presencial, que, quando credenciada pela Comissão Nacional de Residência Médica (CNRM) e pelo MEC, outorga ao aluno que a completa o treinamento, o título de especialista pela Associação Médica Brasileira (AMB) em determinada área. (2)

A edição de 2025 da pesquisa Demografia Médica no Brasil (DMB) (3), conduzida há cerca de 15 anos pelo Departamento de Medicina Preventiva da Faculdade de



Medicina da USP (FMUSP), aponta que, nos últimos dez anos, o número de médicos formados no Brasil praticamente dobrou, passando de 239 mil, em 2004, para cerca de 576 mil, em 2024. Pode-se inferir que esta explosão no número de médico no país é um reflexo claro da expansão do número de Escolas Médicas no mesmo período, que triplicou, passando de 143 em 2014 para 448 em 2024, representando, em média, 2.538 novas vagas de medicina por ano, predominantemente (91,5%) em escolas privadas.

A DMB ressalta que cerca de 350.000 (60,7%) dos profissionais atuam como generalistas, sem nenhum tipo de especialização (3). Além disto, essa mesma edição aponta que a maioria dos especialistas está concentrada na Região Sudeste e na rede privada de ensino ou assistência (3). Dentre as 55 especialidades regulamentadas no Brasil, sete concentram aproximadamente 50% do total de especialistas: clínica médica, pediatria, cirurgia geral, ginecologia e obstetrícia, anesthesiologia, cardiologia e ortopedia / traumatologia. (3)

É importante ressaltar que no Brasil, a lei determina que o título de Médico Especialista só pode ser obtido após conclusão de programas de RM credenciados obrigatoriamente pela CNRM/MEC ou por meio das Sociedades Médicas de Especialidades, filiadas à Associação Médica Brasileira (AMB) (1,2). A DMB também revela que cerca de

65% dos títulos de especialistas foram obtidos através dos programas de RM credenciados pela CNRM/MEC (pós-graduação *lato sensu*) e o restante por exames de titulação outorgados pelas Sociedades Médicas de Especialidades vinculadas à AMB (sem pós-graduação). (3)

Esses números claramente apontam para um cenário preocupante para o futuro da carreira médica no país. O número crescente de médicos não especialistas, lançados anualmente no mercado de trabalho, representa um alvo fácil para cursos de especialização *lato sensu* não credenciados. Essa modalidade de ensino vem se expandido rapidamente no Brasil, devido à baixa regulamentação, crescimento massivo do setor privado de educação médica e alto valor de mercado. Em associação à defasagem quantitativa entre oferta de cursos de graduação e modalidades oficialmente reconhecidas de formação de médicos especialistas. O número de vagas de RM credenciadas pela CNRM/MEC não teve crescimento proporcional ao número de vagas ofertadas nas escolas médicas, o que, representa hoje uma barreira à especialização clássica nas diversas especialidades. (3)

Devemos ressaltar que a graduação em medicina no Brasil é longa (seis anos) e dispendiosa. Isso faz com que os médicos recém-formados procurem atalhos para a sua formação como especialistas, visando re-



cuperar os recursos econômicos investidos por ele e/ou sua família na sua graduação, lançando-se precocemente no mercado de trabalho. A formação clássica de um especialista, portanto, pode tornar-se um produto desinteressante diante da realidade nacional e do custo financeiro da graduação médica, especialmente para aqueles que cursaram escolas médicas privadas.

As dificuldades impostas pela pós-graduação *lato sensu* clássica (RMs), nos grandes centros formadores é uma das barreiras para a formação de profissionais médicos que gostariam de seguir a carreira acadêmica e necessitariam de pós-graduação *stricto sensu* (mestrado ou doutorado). O modelo atual, portanto, deve ser repensado.

Pós-graduação *stricto sensu*

A pós-graduação *stricto sensu* (sentido estrito, em português) pode ser definida como uma capacitação profissional que prepara o profissional para o método científico e o habilita para a carreira de pesquisa, ainda que aprofundando o conhecimento de forma mais intensa na área de seu projeto, e permitindo a formação de um docente do ensino superior envolvido na produção de conhecimento. Isso ocorre através inicialmente do mestrado (acadêmico ou profissional, com duração de dois anos), precedendo o doutorado (com duração de quatro anos),

que corresponde à habilitação formal para a carreira científica e a condução autônoma de linhas de pesquisas com a possibilidade de orientação de outros estudantes em programa de PG *stricto sensu*. Ambos os treinamentos são concluídos com a produção de uma dissertação ou de uma tese, respectivamente, defendidas publicamente. Ao finalizá-las o aluno passa a ter o título de Mestre e o de Doutor, respectivamente. Não são formações distintas nem correspondem a objetivos diferentes, sendo o primeiro uma carta de intenções do segundo, que é o objetivo final de uma Pós-graduação *stricto sensu*, que abre o caminho para a carreira médica acadêmico-científica¹. Por ser um profissional participante do processo de geração do saber, um professor doutor ensina utilizando o rigor científico que adquiriu conhecendo as especificidades, nuances e vieses da metodologia científica e pode melhor preparar profissionais mais inclinados a empregar o senso crítico na análise das evidências sobre as quais deve se basear a prática clínica.

Extensões da formação acadêmica (pós-doutorado)

Após a titulação de doutor, o médico pode aprimorar ainda mais seu conhecimento e expertise clínica, agora apoiado na sua formação científica, por meio de um pós-doutorado (pós-doc), um estágio de pesqui-



sa avançada com o objetivo de expandir as suas ou desenvolver novas linhas de pesquisa, aprimorar metodologias, sempre produzindo artigos científicos, que são em última análise, junto com a formação de novos pós-graduados *lato sensu* e *stricto sensu*, o principal instrumento de aferição de seu desempenho acadêmico-científico e correspondem, junto à atividade assistencial, o pavimento para a consolidação de sua carreira de pesquisa, ensino e extensão. Cabe ressaltar que o pós-doc não é um título, e sim a certificação de que o doutor realizou um estágio acadêmico-científico, com duração variável conforme o serviço laboratório departamento e país onde é realizado. (4)

Livre-Docência

A Livre-Docência é o mais alto grau acadêmico concedido por algumas instituições universitárias no Brasil aos docentes já doutorados. A Livre-Docência é obtida através de concurso público, e é uma forma de certificação da excelência em pesquisa e didática dos doutores postulantes, podendo ser um dos requisitos obrigatórios para obter o título de professor titular de determinadas universidades. Para obtenção do título de livre-docente, os principais requisitos em universidades brasileiras incluem ter o título de doutor (geralmente há pelo menos 4 a 5 anos), apresentar produção científica de alto

impacto, demonstrar linha de pesquisa independente, ter financiamento de pesquisa e formação de recursos humanos (orientação de doutorado). O processo envolve um concurso público com tese original, prova didática, prova prática, apresentação de aula magna, incluindo apresentação da tese de livre-docência e análise do memorial.(5)

A Figura-1 apresenta, de forma esquemática, a formação médica voltada ao assistencialismo (com RM e título de especialista [*lato sensu*]) e a formação acadêmica (*stricto sensu*), na coluna à esquerda. A Figura - 2 mostra uma forma de educação médica que tem sido praticada por médicos que não fazem RM. A pós-graduação *lato sensu*, exceto a RM, por enquanto, não dá direito ao registro de qualificação de especialização (RQE), outorgado pelo Conselho Regional de Medicina (CRM), ligado ao Conselho Federal de Medicina (CFM).

Por que seguir a carreira médica acadêmica no Brasil?

A formação médica no Brasil é longa e cara. A graduação tem duração mínima de seis anos e, portanto, um custo econômico elevado para os estudantes, especialmente para aqueles que cursam escolas médicas particulares. A formação básica de um especialista, a RM (pós-graduação *lato sensu*) exigirá pelo menos mais dois anos de dedica-

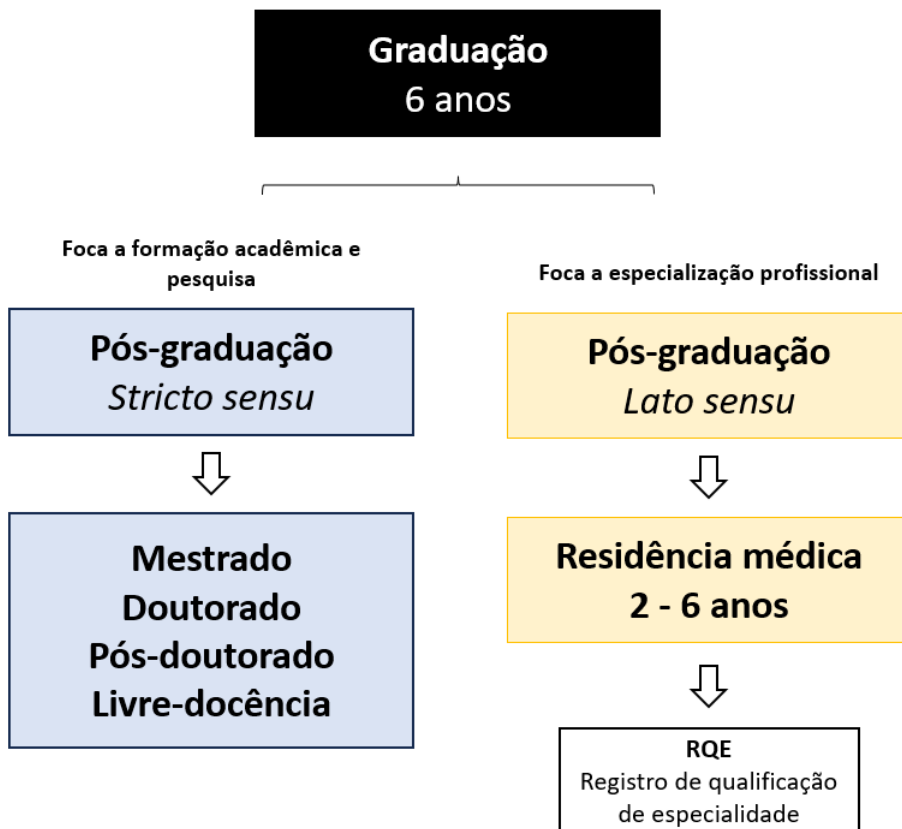


Figura 1 - Estrutura ideal da educação médica no Brasil. Na coluna da esquerda, a estrutura para se atingir a formação acadêmica.

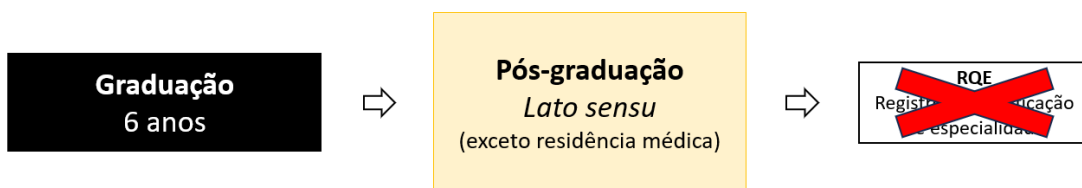


Figura 2 - Estrutura corrente de educação médica no Brasil. A pós-graduação lato sensu, com exceção da RM, não confere direito ao registro de qualificação de especialização (RQE).



ção, com baixa remuneração e carga horária intensa (R\$ 4.106,09, valor bruto, para 60 h semanais de trabalho) e eventualmente, mais três ou quatro anos. Portanto, a formação médica clássica de um especialista consumirá entre oito e dez anos de sua vida, o que o fará chegar tardiamente ao mercado de trabalho. Esse caminho pode ser inviável, por questões práticas, econômicas e financeiras, para muitos médicos e, conseqüentemente, constituir um entrave à opção pela carreira médica acadêmica.

Aos médicos docentes da graduação e da pós-graduação cabe apontar as vantagens e os benefícios de seguir a carreira acadêmica, mesmo diante de todas as dificuldades já explicitadas.

De modo prático, é muito estimulante seguir uma carreira acadêmica. Médicos preocupados com retorno financeiro não devem perder tempo com esse caminho. A vida acadêmica tem um caráter de sacerdócio: forte ligação com ética e moral, com princípios não negociáveis da medicina clássica e motivação para a dedicação ao estudo e à pesquisa. O verdadeiro professor de medicina é fundamental na formação técnica e humanística, median-do conhecimentos, habilidades e atitudes, além de transmitir valores éticos essenciais (6). Ele atua na beira do leito, ambulatórios e aulas teóricas, conectando a prática profissional à teoria, promovendo o raciocínio crítico e a humanização no cuidado ao paciente. (6)

Ele estimula a pesquisa robusta, ética, desde a iniciação científica dos alunos de graduação à formação de doutores e pós doutores; ensina os residentes do começo à conclusão da sua jornada; e prepara as novas gerações de professores, nos cursos de pós-graduação sérios, *stricto sensu*, formando mestres e doutores.

CONCLUSÕES

Vale a pena? Muito! No mundo atual de muitos direitos e poucos deveres, de busca de resultados rápidos e com pouco aprofundamento, a carreira acadêmica vai no sentido oposto. Além da gratificação de permitir que o médico exerça medicina de verdade, longe da pressão dos planos de saúde por resultados financeiros independente do bem-estar do paciente, ela expande horizontes. Eles se mantêm em contato com os jovens, o que o mantém jovem, atualizado, participando de congressos e reuniões em locais que eventualmente não visitaria, e estende a boa medicina (que ainda existe) às mãos de seus estudantes bem formados. Essa medicina de qualidade, pode ser exercida em um modelo híbrido, no qual o professor segue a carreira acadêmica e mantém o seu atendimento privado (que melhora, por conta da atualização constante a que o professor é submetido). Se o seu objetivo é o aprofundamento intelectual e contribuição para a ciência, a carreira acadêmica é uma excelente escolha, mas se o



foco for apenas retorno financeiro rápido, o mercado assistencial, clínico tradicional pode ser mais atrativo a curto prazo. A carreira acadêmica não é para todos, é para quem busca ensino, pesquisa e inovação, oferecendo satisfação e a oportunidade de impactar a saúde dos pacientes com mais conhecimento proveniente de permanente estudo... para quem encontra ainda prazer em executar e ensinar medicina a aprendizes motivados por ensinar a outros.

Apoios e Financiamentos

CTDR é bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq (314.699.2012-0) e recebe bolsa como Cientista do Nosso Estado da Faperj (E-26/201.051/2022). O Laboratório de Pesquisa em Malária do Instituto Oswaldo Cruz, Fiocruz é um Laboratório Associado do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Neuroimunomodulação do CNPq (INCT-NIM/CNPq, Projeto 465489/2014-1) e da Rede de Neuroinflamação da Faperj (Redes/ Faperj, Projeto 26010.002418/2019) e recebe financiamento pela Faperj (Projeto Temáticos SEI-260003/001169/2020), pelo CNPq (Projeto Universal 420673/2025-3) e pela Fiocruz (Projeto INOVA VPPIS-004-FIO-22-2-117). Os financiadores não tiveram qualquer papel na concepção ou redação do artigo.

Conflitos de Interesse

Os autores declaram não ter conflitos de interesse e nem financiamento para a redação do presente artigo.

REFERÊNCIAS

1. Ministério da Educação e Cultura [site da internet]. <https://portal.mec.gov.br/component/content/article?id=13072:qual-a-diferenca-entre-pos-graduacao-lato-sensu-e-stricto-sensu>. Acesso em: 05/02/2026.
2. Falk JW. Os Títulos de Especialista. *Rev Bras Med Fam Comunidade* [Internet]. 17º de novembro de 2006 [citado 5º de fevereiro de 2026];2(7):162-4. Disponível em: <https://rbmfc.org.br/rbmfc/article/view/50>.
3. Scheffer M. (coord.). *Demografia Médica no Brasil 2025*. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2025. ISBN 978-65-5993-754-7. Disponível em: http://bvsm.sau.gov.br/bvs/publicacoes/demografia_medica_brasil_2025.pdf. Acesso em: 05/02/2026.
4. Educa Mais Brasil [site da internet]. <https://www.educamaisbrasil.com.br/educacao/carreira/o-que-e-posdoutorado>. Acesso em: 05/02/2026.
5. Barros ALBL, Batista NA, Barbosa DA, Batista SHSS, Pedreira MLG. Livre-docência: o reconhecimento de uma trajetória comprometida com o ensino, pesquisa e extensão. *Rev Bras Enferm*. 2021;74(Suppl 5): e20201078.
6. Oliveira HB, Reis PEO, Zulchner MA, Marques MA, von Ristow A, Fiorelli RKA. O papel da medicina narrativa no Brasil. *Anais da Academia Nacional de Medicina*. 2025;196(4):51-58. <https://www.doi.org/10.52130/27639878-AANM2025v196n4p51-58>.

FORMAÇÃO OBSTÉTRICA NA GRADUAÇÃO MÉDICA: COMPETÊNCIA, ÉTICA E RESPONSABILIDADE SOCIAL

Training in Medical School: Competence, Ethics, and Social Responsibility

Antonio Braga^{*1,2,3} & Jorge Rezende Filho^{1,3,4}

¹AB - ORCID: 0000-0002-2942-6182, e-mail: antonio.braga@ufrj.br, ORCID: 0000-0002-2193-3374, e-mail: rezendef@me.ufrj.br. Departamento de Ginecologia e Obstetrícia, Faculdade de Medicina da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro – RJ, Brasil; ²Departamento de Cirurgia Geral e Especializada, Escola de Medicina e Cirurgia, Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro – RJ, Brasil; ³Departamento de Medicina e Saúde, Escola Médica de Pós-graduação da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro – RJ, Brasil; ⁴Academia Nacional de Medicina (Acadêmico Titular), Rio de Janeiro – RJ, Brasil.

Destaques

• Formação obstétrica deve integrar ciência, ética e responsabilidade social. • Currículo baseado em competência deve enfatizar: saber, fazer e agir com ética. • Metodologias ativas e simulação fortalecem a segurança clínica. • Diversidade de cenários amplia raciocínio e maturidade profissional. • Avaliação multidimensional consolida identidade médica.

RESUMO

A obstetrícia ocupa posição singular na formação médica por articular ciência biomé-

ca, tomada de decisão em cenários dinâmicos e conflitos éticos de elevada complexidade. No contexto brasileiro, marcado por desigualdades regionais, expansão acelerada de escolas médicas e transformação do perfil discente, repensar o ensino obstétrico na graduação médica torna-se imperativo. Este ensaio analisa, de forma crítica, as dimensões estruturantes do ensino de obstetrícia, organizadas em quatro eixos: o que ensinar, como ensinar, onde ensinar e como avaliar. Discute-se a necessidade de estruturar o currículo a partir de uma matriz baseada em conhecimentos, habilidades e atitudes, articulando currículo mínimo, oculto e estendido. São exploradas

* Correspondência: Maternidade Escola da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rua das Laranjeiras. n. 180. Laranjeiras. Rio de Janeiro – RJ. CEP: 22240-003. E-mail: bragamed@yahoo.com.br

Recebido em: 22/02/2026 - Aceito para publicação em: 08/03/2026

Revisores:

Acads. Marcelo Zugaib & Waldemar Naves do Amaral,
Daniela Angerame Yela Gomes & Sue Yazaki Sun



estratégias metodológicas integradas, incluindo metodologias ativas, simulação realística e inserção longitudinal nos serviços de saúde, bem como a diversidade de cenários pedagógicos, desde sala de aula e cine-debate até laboratórios e centros assistenciais. Propõe-se avaliação multidimensional, combinando instrumentos cognitivos, observação estruturada do desempenho clínico e análise reflexiva de atitudes éticas. A qualidade da formação obstétrica na graduação relaciona-se com a assistência à saúde reprodutiva no ciclo gravídico-puerperal e com os indicadores perinatais, constituindo elemento importante na promoção do nascimento seguro e respeitoso.

Palavras-chave: Avaliação educacional; Bioética; Competências clínicas; Educação Médica; Graduação em medicina; Obstetrícia.

ABSTRACT

Obstetrics holds a unique position in medical education by integrating biomedical science, decision-making in dynamic scenarios, and complex ethical dilemmas. In the Brazilian context, characterized by regional inequalities, rapid expansion of medical schools, and generational changes among students, rethinking obstetrics within undergraduate medical education has become imperative. This essay critically examines the structural dimensions of obstetrics teaching, organized into four axes: what to teach, how to teach,

where to teach, and how to assess. It argues for a competency-based curriculum integrating knowledge, clinical skills, and professional attitudes, while addressing the interplay between formal, hidden, and extended curricula. Integrated pedagogical strategies are discussed, including active learning methodologies, simulation-based training, and longitudinal integration into healthcare services. Diverse learning environments are explored, ranging from classroom-based discussions and bioethics-focused film debates to laboratories and real clinical settings. A multidimensional assessment framework is proposed, combining cognitive evaluation, structured clinical performance assessment, and reflective appraisal of ethical attitudes. The quality of undergraduate obstetric training is associated with reproductive healthcare across the pregnancy–postpartum continuum and with perinatal indicators, constituting an important element in the promotion of safe and respectful childbirth.

Keywords: bioethics; Clinical competence; Educational assessment; Medical education; obstetrics; Undergraduate medical education.

INTRODUÇÃO

A obstetrícia ocupa posição singular na formação médica por articular, de modo



indissociável, ciência biomédica, tomada de decisão em cenários dinâmicos e conflitos éticos de alta complexidade. Ela lida simultaneamente com a fisiologia e o risco, com o cuidado individual e com indicadores populacionais, com o evento biológico do parto e com o fenômeno social do nascer. Discutir suas particularidades pedagógicas na graduação não é apenas refletir sobre métodos de ensino, mas situar a formação médica no centro das estratégias de promoção do nascer seguro e respeitoso (1,2).

Nas últimas décadas, o ensino da obstetrícia passou por transformações estruturais importantes. O modelo tradicional, centrado na figura do mestre e no aprendizado predominantemente hospitalar, foi progressivamente substituído por experiências distribuídas em múltiplos cenários, ambulatoriais, unidades básicas de saúde, hospitais universitários e serviços especializados, refletindo tanto a reorganização do sistema de saúde quanto a subespecialização docente. Essa fragmentação do conhecimento, embora inevitável diante da expansão científica, impôs um desafio formativo: garantir visão integral da saúde das pessoas grávidas em um ambiente cada vez mais compartimentalizado (3).

No contexto brasileiro, marcado por desigualdades regionais e desafios persistentes na morbimortalidade materna, a qualificação do médico generalista em obstetrícia

assume dimensão estratégica. As Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN) reforçam a necessidade de formar profissionais com perfil generalista, humanista, crítico e reflexivo, capazes de atuar nos diferentes níveis de atenção à saúde (4). Contudo, estudos recentes evidenciam que, mesmo no internato, persiste predominância de lógica hospitalocêntrica e biomédica, com ênfase na gestação e no parto, por vezes em detrimento da abordagem integral da saúde das pessoas que gestam (1-3). Essa tensão entre diretrizes normativas e práticas curriculares reais revela a urgência de repensar modelos pedagógicos.

Paralelamente, duas transformações contemporâneas tensionam o ensino obstétrico. A primeira é a mudança transgeracional do perfil discente. Os estudantes atuais pertencem a uma geração imersa em ambientes digitais, habituada à aprendizagem interativa, à linguagem multimodal e à construção colaborativa do conhecimento. Modelos exclusivamente expositivos mostram-se insuficientes para engajar esses sujeitos e desenvolver competências complexas como raciocínio clínico, julgamento ético e liderança em equipe (5). As metodologias ativas emergem, nesse cenário, não como modismo pedagógico, mas como resposta estruturada às DCN e às demandas sociais (1-3).

A segunda transformação diz respeito à expansão acelerada de cursos de medicina no Brasil (6). A ampliação do acesso à formação



médica não foi, em muitos casos, acompanhada de consolidação proporcional da infraestrutura assistencial e da qualificação docente. Embora a carência de campos de prática seja frequentemente apontada como uma limitação capital, a fragilidade na formação pedagógica do professor constitui vulnerabilidade igualmente relevante. Ensinar obstetrícia requer não apenas domínio técnico, mas competência didática, capacidade de supervisão ética e habilidade para avaliar o desempenho dos alunos em cenários reais. A literatura demonstra que a qualidade do aprendizado clínico depende da interação estruturada entre estudante, residente e docente, sendo o professor modelo de comportamento ético e prática baseada em evidências.

Além das dimensões estruturais e pedagógicas, o ensino obstétrico é atravessado por dilemas bioéticos próprios da especialidade. Podemos dizer que a obstetrícia é uma especialidade médica particularmente exposta às implicações éticas, dada a vulnerabilidade das pacientes envolvidas e o caráter liminar das decisões relacionadas ao início da vida (7,8). O modelo principialista — autonomia, beneficência, não maleficência e justiça — permanece referência estruturante para a prática clínica, mas sua aplicação no cotidiano obstétrico exige contextualização pedagógica (7,8). Ensinar a conduzir uma cesariana a pedido, respeitar a recusa de um procedimento ou manejar objeção de cons-

ciência não é apenas transmitir conteúdo normativo, mas formar discernimento moral situado.

Nesse contexto de mudanças demográficas, epidemiológicas e culturais, incluindo a ampliação da expectativa de vida reprodutiva, a redefinição de papéis sociais e o reconhecimento de direitos sexuais, o ensino da obstetrícia precisa ampliar seu escopo para além do processo de engravidar-parir. A formação médica deve incorporar discussões sobre integralidade do cuidado, diversidade de gênero, vulnerabilidades sociais e justiça distributiva, alinhando-se à responsabilidade social da universidade (1-3).

Diante desse cenário complexo, impõe-se a necessidade de sistematizar experiências pedagógicas exitosas que conciliem expansão do acesso, inovação metodológica e compromisso ético na formação de estudantes de medicina na área de saber da obstetrícia. O objetivo deste ensaio é articular experiências implementadas em cenários reais de ensino, analisando seus fundamentos, limites e potencialidades. Pretende-se discutir as competências esperadas do egresso, as estratégias metodológicas aplicáveis ao ensino obstétrico e os desafios contemporâneos — estruturais, bioéticos e institucionais — delineando uma agenda aberta para inovação pedagógica com foco específico na obstetrícia.

Ao fazê-lo, busca-se contribuir para o fortalecimento de um ensino que uma rigor



científico, sensibilidade humanística e responsabilidade social, compreendendo que a qualidade da formação obstétrica repercute diretamente na qualidade do cuidado oferecido às pessoas que engravidam, bem como consolidam o direito ao nascer seguro e respeitoso.

O que ensinar? Entre o currículo mínimo, o oculto e o estendido

A pergunta “o que ensinar” em obstetrícia durante a graduação médica não pode ser respondida apenas pela enumeração de conteúdos programáticos. Ela exige reflexão sobre competências esperadas, sobre a coerência entre as DCN, as múltiplas camadas curriculares que estruturam a formação, a prática real e as necessidades epidemiológicas da população. O currículo formal, ou mínimo, é apenas a face mais visível de um processo formativo muito mais complexo (5).

As DCN definem o perfil do egresso em medicina e, no âmbito da obstetrícia, isso implica assegurar que o estudante adquira competências essenciais no cuidado pré-natal de baixo risco, no reconhecimento de intercorrências obstétricas prevalentes, na condução inicial de urgências e no trabalho articulado com a rede de atenção (1-3,5). No entanto, como já assinalado em análises curriculares recentes, o ensino da saúde da

mulher frequentemente mantém predomínio hospitalocêntrico e centrado na lógica da especialização, ainda que sob a retórica da integralidade. Para além, exige-se do egresso da graduação em medicina não apenas o domínio técnico do “saber fazer”; como também maturidade ética, habilidade comunicacional e compreensão da centralidade da pessoa que gesta como sujeito de direitos. Por isso, deve-se compreender que o conteúdo do currículo mínimo é apenas o ponto de partida do que deve ser ensinado, em obstetrícia, aos estudantes de medicina (1-3).

Essa ampliação do olhar formativo conduz à necessidade de organizar o ensino obstétrico sob a lógica da educação baseada em competências (9). Conhecimento científico atualizado, habilidades clínicas treinadas e atitudes profissionais éticas e testadas devem ser explicitamente articulados no currículo, e não apenas presumidos. No eixo dos conhecimentos, o estudante deve dominar fundamentos científicos sólidos: fisiologia da gestação e do parto, estática fetal, mecanismo do parto, principais síndromes obstétricas, como hipertensão na gravidez, hemorragia pós-parto e sepse puerperal, além das diretrizes clínicas atualizadas que orientam condutas baseadas em evidências. Compreender a racionalidade dos protocolos é tão importante quanto memorizar suas etapas (1-3).

No eixo das habilidades, espera-se que o graduando seja capaz de realizar consulta



pré-natal estruturada, identificar fatores de risco, conduzir o parto eutócico sob supervisão, oportunamente intercorrências e iniciar manejo inicial de urgências obstétricas até o encaminhamento adequado e seguro para a referência apropriada. Habilidades técnicas devem ser acompanhadas por competências comunicacionais, como explicar riscos, discutir opções terapêuticas e conduzir decisões compartilhadas (1-3).

No eixo das atitudes, encontram-se dimensões frequentemente negligenciadas no currículo formal, mas determinantes na prática clínica: empatia, respeito à autonomia da grávida, compromisso com a beneficência e a não maleficência, responsabilidade profissional e capacidade de trabalho em equipe multiprofissional (1-3). A obstetrícia evidencia, talvez como nenhuma outra área, que excelência técnica dissociada de postura ética resulta em cuidado incompleto (7,8).

Contudo, a definição dessas competências no currículo mínimo não garante, por si só, sua incorporação efetiva. O currículo oculto — constituído pelas atitudes observadas, pelas práticas naturalizadas e pela cultura institucional — exerce influência profunda na formação (10,11). O estudante aprende tanto com o conteúdo formal quanto com o comportamento do preceptor na sala de parto. Aprende quando observa respeito à decisão da parturiente; aprende

também quando presencia condutas intervencionistas não discutidas.

É nesse espaço que temas como recusa de episiotomia, discussão de plano de parto, cesariana a pedido ou objeção de consciência deixam de ser apenas tópicos teóricos e se tornam experiências formativas concretas (12-15). Ao vivenciar esses cenários sob supervisão, o estudante aprende a integrar princípios bioéticos, autonomia, beneficência, não maleficência e justiça, à tomada de decisão clínica (7,8). O currículo oculto pode reforçar práticas humanizadas ou perpetuar modelos autoritários; por isso, sua problematização deve ser intencional e explícita (10,11).

Há ainda o currículo estendido, composto por experiências extracurriculares que ampliam a formação para além do núcleo obrigatório (16,17). Projetos de extensão em unidades básicas de saúde, participação em ligas acadêmicas, vivências em maternidades de diferentes níveis de complexidade e envolvimento em pesquisa sobre mortalidade materna ou violência nos cenários de parto permitem ao estudante compreender determinantes sociais da saúde e desigualdades regionais. A inserção do aluno tão cedo quanto possível e feita de forma progressiva nos cenários do Sistema Único de Saúde (SUS) favorece a aprendizagem contextualizada e alinhada à responsabilidade social da formação médica.



Experiências exitosas mostram que a integração entre residente, docente e estudante qualifica o aprendizado clínico, combinando aumento de exposição prática com modelagem comportamental baseada em evidências (1-3). Da mesma forma, propostas estruturadas de metodologias ativas aplicadas à obstetrícia básica demonstram que planejamento pedagógico sistematizado, alinhado a competências explícitas, potencializa segurança do egresso (18). Essas experiências indicam que o “o que ensinar” não pode ser dissociado do “como ensinar” e do “em que ambiente ensinar”.

Importa ainda reconhecer que o ensino da obstetrícia deve acompanhar as transformações sociais e epidemiológicas. A redução da natalidade, o envelhecimento populacional, a ampliação dos direitos sexuais e reprodutivos e a visibilidade de grupos historicamente vulnerabilizados exigem abordagem ampliada da saúde da gestante. Ensinar apenas assistência ao parto é insuficiente; é preciso formar médicos capazes de compreender a saúde reprodutiva em perspectiva integral e longitudinal (19).

A ampliação do escopo formativo exige, igualmente, incorporar de maneira explícita as demandas relacionadas à diversidade de gênero e orientação sexual no cuidado obstétrico. A gestação e o parto não se restringem à experiência de mulheres cisgênero; homens trans e pessoas não binárias podem vivenciar

gravidez, parto e puerpério, demandando abordagem clínica tecnicamente competente e eticamente sensível. O ensino obstétrico deve preparar o estudante para acolher essas pessoas com respeito à identidade de gênero, uso adequado do nome social, compreensão dos efeitos de terapias hormonais prévias e reconhecimento das vulnerabilidades específicas associadas à discriminação estrutural. Da mesma forma, o atendimento a pessoas LGBTQIA+ no ciclo gravídico-puerperal requer formação que contemple comunicação inclusiva, cuidado livre de estigmatização e garantia de acesso equânime aos serviços de saúde. Incorporar essas perspectivas ao currículo não constitui agenda acessória, mas expressão concreta do princípio da justiça e da integralidade do cuidado (20-22).

Por fim, ao definir o que ensinar, é necessário enfrentar a expansão heterogênea das escolas médicas e a fragilidade formativa em alguns contextos institucionais (6). A consolidação de um currículo mínimo bem delineado, articulado a estratégias de desenvolvimento docente e supervisão qualificada, constitui condição essencial para garantir padrão formativo ético e técnico consistente. A obstetrícia, por sua complexidade clínica e densidade moral, exige planejamento curricular rigoroso, acompanhamento próximo do estudante e coerência institucional entre valores declarados e práticas cotidianas.



Assim, o que ensinar em obstetrícia não se resume a conteúdos disciplinares, mas envolve formar competência técnica, discernimento ético e responsabilidade social. É nesse entrelaçamento entre currículo mínimo, oculto e estendido que se constrói a identidade profissional do futuro médico (23). O conceito de *professional identity formation* descreve justamente esse processo pelo qual o estudante internaliza valores, responsabilidades e padrões éticos próprios da profissão médica (24,25). Na obstetrícia, essa construção adquire intensidade singular, pois envolve decisões relacionadas ao início da vida, à autonomia reprodutiva e à vulnerabilidade da gestante. A coerência entre matriz de competências, cenários formativos e estratégias avaliativas favorece a consolidação de uma identidade profissional comprometida com ciência, ética e justiça social (26).

Como ensinar? Estratégias metodológicas integradas na formação obstétrica

Se a definição do “o que ensinar” exige clareza de competências e coerência curricular, o “como ensinar” demanda intencionalidade pedagógica e integração entre teoria, prática e reflexão ética. Na obstetrícia, o método de ensino molda não apenas a aquisição de habilidades técnicas, mas também a construção da identidade profissional (1-3).

As transformações recentes na educação médica, impulsionadas pelas DCN e pela valorização de metodologias ativas, deslocaram o foco do ensino centrado no professor para modelos que privilegiam protagonismo discente, aprendizagem significativa e integração precoce com os serviços de saúde (4). Em especial no internato de obstetrícia, momento privilegiado de imersão clínica, pode-se observar que sua organização nem sempre está acompanhada de estratégias formativas sistematizadas, o que pode comprometer a consolidação de competências clínicas, éticas e comunicacionais (4,6). Integrar metodologias de forma consciente e articulada é, portanto, um desafio central para ensinar obstetrícia na graduação em medicina (4,6).

Não se nega que a aula magna permanece relevante quando utilizada de modo estratégico. Em temas conceituais amplos, como fisiologia da contratilidade uterina, bases epidemiológicas da mortalidade materna ou fundamentos bioéticos aplicados à obstetrícia, a exposição dialogada pode oferecer visão estruturante do conteúdo. Entretanto, ao adotar o modelo de sala de aula invertida, o estudante passa a acessar previamente materiais selecionados, permitindo que o encontro presencial seja dedicado à problematização, análise crítica de diretrizes e discussão de casos clínicos complexos. Essa combinação preserva a densidade conceitual sem comprometer o engajamento ativo (27,28).



A aprendizagem baseada em problemas (PBL) mostra-se particularmente eficaz para integrar conteúdos clínicos e éticos. Um caso de pré-eclâmpsia grave, por exemplo, permite discutir fisiopatologia, critérios diagnósticos, escalonamento terapêutico e, simultaneamente, comunicação com a família e tomada de decisão compartilhada (29,30). A complexidade intrínseca da obstetrícia favorece esse tipo de abordagem integradora, estimulando raciocínio clínico estruturado.

Já o *Team-Based Learning* (TBL) encontra aplicação especialmente potente nas situações que exigem ativação de protocolos assistenciais (31,32). A discussão estruturada de *bundles* para sepsis materna ou hemorragia pós-parto, com definição de papéis e tomada de decisão coletiva, simula a dinâmica real das equipes multiprofissionais. Ao trabalhar em grupos, os estudantes desenvolvem liderança, comunicação assertiva e compreensão da importância do tempo-resposta em emergências obstétricas (33). Essa metodologia também reforça a noção de que a segurança do paciente é resultado de processos organizados, e não apenas de competência individual.

No campo das habilidades técnicas, a simulação ocupa lugar central na aprendizagem da obstetrícia. O ensino de pelviologia, estática fetal, mecanismo do parto e manobras obstétricas ganha concretude quando realizado em simuladores anatômicos. A

visualização da assistência ao parto em simuladores de alta fidelidade e a prática repetida das técnicas permitem internalização do raciocínio biomecânico do parto antes da vivência clínica real. Além disso, cenários simulados de distócia de ombro, eclâmpsia ou hemorragia pós-parto possibilitam treinamento deliberado em ambiente seguro, reduzindo ansiedade e favorecendo feedback imediato. Inclui-se ainda o treinamento simulado das manobras para assistência ao parto pélvico, a versão externa e a aplicação do fórcepe (34,35).

A experiência acumulada na aplicação de metodologias ativas à obstetrícia básica demonstra que a eficácia dessas estratégias depende de planejamento estruturado, definição clara de competências e capacitação docente. Não basta introduzir metodologias ativas como recurso pontual; é necessário alinhá-las aos objetivos educacionais e aos cenários de prática. Um centro de simulação onde os alunos encontram manequins e simuladores de baixa e alta fidelidade também é desejável para estimular o treinamento repetitivo em um espaço seguro de aprendizagem.

A integração com os serviços do SUS constitui outro eixo metodológico essencial para o ensino da obstetrícia na graduação de medicina. A inserção longitudinal em ambulatórios de pré-natal e maternidades, tanto na enfermaria, quanto no centro de parto,



permite ao estudante acompanhar o itinerário terapêutico da gestante, compreender determinantes sociais e reconhecer limites estruturais do sistema. Tal abordagem aproxima-se do perfil generalista preconizado pelas DCN e contribui para superar a fragmentação hospitalocêntrica (1-4).

No âmbito da formação ética, estratégias pedagógicas específicas devem ser incorporadas. A dramatização supervisionada de situações como recusa de episiotomia, discussão de plano de parto ou comunicação de óbito fetal possibilita exercitar princípios bioéticos de autonomia, beneficência e não maleficência (36-38). Esses exercícios, quando seguidos de *debriefing* estruturado, promovem reflexão crítica e desenvolvimento de empatia.

Entre as fronteiras pedagógicas contemporâneas, a inteligência artificial (IA) emerge como ferramenta potencialmente transformadora no ensino da obstetrícia. Longe de substituir o docente ou o raciocínio clínico, a IA pode atuar como recurso complementar para personalização da aprendizagem, simulação de cenários clínicos complexos e análise adaptativa de desempenho. Plataformas baseadas em IA permitem a construção de casos clínicos dinâmicos, nos quais variáveis como idade gestacional, comorbidades maternas ou evolução do trabalho de parto se modificam em tempo real conforme as decisões do estudante, favorecendo raciocínio

probabilístico e tomada de decisão contextualizada. Além disso, sistemas de tutoria inteligente podem identificar lacunas individuais de conhecimento, sugerindo conteúdos dirigidos e promovendo aprendizagem autorregulada. No campo da simulação, algoritmos capazes de integrar dados clínicos, laboratoriais e de monitorização fetal ampliam a fidelidade dos cenários, aproximando-os da complexidade do ambiente assistencial real. Contudo, a incorporação da IA no ensino obstétrico deve ser acompanhada de reflexão crítica sobre limites éticos, vieses algorítmicos e preservação da centralidade da relação médico-paciente. Ensinar a utilizar IA de forma responsável, crítica e baseada em evidências passa a constituir, portanto, não apenas inovação metodológica, mas competência formativa indispensável para o médico do século XXI.

Complementarmente às inovações tecnológicas, o ensino clínico à beira do leito permanece como um dos pilares estruturantes da formação médica. Nos hospitais universitários, o encontro direto entre estudante, paciente e professor constitui espaço privilegiado de integração entre conhecimento científico, raciocínio clínico e sensibilidade humanística. À beira do leito, o estudante aprende a colher a história clínica com atenção às singularidades da gestante, exercita o exame obstétrico, incluindo manobras de Leopold, ausculta dos batimentos



cardíacos fetais e avaliação clínica do trabalho de parto, desenvolvendo o julgamento clínico a partir da observação direta. Mais do que técnica, esse ambiente favorece a construção da relação médico-paciente, permitindo compreender medos, expectativas e valores da gestante e de sua família. A supervisão docente nesse contexto possibilita ensino imediato e *feedback* contextualizado, transformando cada encontro clínico em oportunidade pedagógica. Assim, tecnologias educacionais avançadas e ensino à beira do leito não se opõem, mas se complementam: enquanto ferramentas digitais ampliam possibilidades de simulação e personalização da aprendizagem, o contato com o paciente real permanece insubstituível para a formação clínica, ética e humanística do futuro médico.

Por fim, o “como ensinar” em obstetrícia exige coerência institucional. A formação docente deve ser prioridade, especialmente em um cenário de expansão de escolas médicas (6). A qualidade da supervisão clínica, o exemplo ético do preceptor e a integração entre residente e estudante configuram elementos determinantes do aprendizado. Ensinar obstetrícia é, em grande medida, ensinar pelo exemplo.

Assim, estratégias metodológicas integradas, combinando exposição estruturante, metodologias ativas, simulação, prática supervisionada, trabalho em equipe e ava-

liação multimodal, configuram caminho promissor para formar médicos generalistas competentes técnica e eticamente (1-3,8). Mais do que inovação pedagógica, trata-se de alinhamento entre método, competência e responsabilidade social. A forma como se ensina obstetrícia influencia diretamente a forma como se exercerá a medicina no momento mais decisivo da vida humana: o nascimento.

Onde ensinar? Os cenários de aprendizagem na formação obstétrica

Se o que ensinar remete à definição de competências e o como ensinar à escolha de estratégias metodológicas, o onde ensinar diz respeito à espacialidade pedagógica da formação. Na obstetrícia, o espaço de aprendizagem não é neutro: ele molda percepções, valores e modos de atuação profissional. A diversidade de cenários constitui, portanto, elemento estruturante da qualidade formativa.

A sala de aula permanece como espaço inaugural de organização conceitual. É nela que se constroem as bases fisiológicas da gestação, os fundamentos da contratilidade uterina, os critérios diagnósticos das síndromes hipertensivas e os princípios bioéticos aplicados à prática obstétrica. Entretanto, a sala de aula contemporânea não pode ser redu-



zida à exposição passiva. Quando integrada a metodologias dialógicas e à sala invertida, ela se transforma em espaço de problematização, análise crítica de diretrizes e discussão de controvérsias científicas, permitindo que o conhecimento seja apropriado de forma reflexiva.

Complementarmente, os grupos de discussão constituem ambientes privilegiados para amadurecimento do raciocínio clínico e da deliberação ética (33). A análise de casos clínicos complexos, como indicação de interrupção da gestação prevista em lei, decisão sobre cesariana a pedido ou manejo de complicações graves, permite exercitar argumentação fundamentada e tomada de decisão compartilhada. Esses espaços favorecem a construção coletiva do conhecimento e reforçam a compreensão de que a prática obstétrica é intrinsecamente dialógica.

O uso de recursos audiovisuais amplia ainda mais essa dimensão reflexiva (39,40). Sessões de cine-debate com filmes ou documentários que abordem o parto sob diferentes perspectivas, como *O Renascimento do Parto* ou *Pieces of a Woman*, possibilitam discutir autonomia, falhas na assistência ao parto, luto perinatal, limites da intervenção médica e vulnerabilidade da gestante. A linguagem cinematográfica alcança dimensões emocionais que frequentemente escapam à abordagem puramente técnica, estimulando empatia e consciência crítica.

No laboratório de informática, o ensino ganha precisão técnica. A análise sistemática de traçados de cardiocografia, com discussão de padrões de variabilidade, desacelerações e critérios de sofrimento fetal, permite desenvolver competência interpretativa antes do enfrentamento da urgência clínica real (41,42). O ambiente controlado favorece repetição, comparação de casos e discussão de condutas, integrando conhecimento fisiopatológico e decisão terapêutica.

O laboratório de simulação ocupa lugar central na formação obstétrica contemporânea. Manequins de baixa e alta fidelidade permitem treinar pelviologia, estática fetal, mecanismo do parto e manobras obstétricas de forma segura. A simulação da assistência ao parto pélvico, da versão cefálica externa, da aplicação de fórcepe ou da condução de distócia de ombro possibilita repetição deliberada e correção de erros sem risco à paciente. Além disso, cenários simulados de eclâmpsia, hemorragia pós-parto ou sepsis materna reproduzem a dinâmica de emergências, promovendo integração entre habilidades técnicas e trabalho em equipe (43). O uso de realidade virtual está incrementando as possibilidades de treinamento simulado em obstetrícia (44).

Os cenários assistenciais reais representam, contudo, o núcleo formativo da obstetrícia. Nos consultórios de pré-natal, o estudante aprende a construir vínculo longi-



tudinal, identificar fatores de risco, discutir plano de parto e reconhecer determinantes sociais da saúde. A consulta torna-se espaço de integração entre conhecimento científico e escuta qualificada, consolidando habilidades comunicacionais e atitudes de respeito à autonomia.

Nas enfermarias obstétricas, a complexidade clínica se apresenta de forma ampliada. Acompanhamento de gestantes com intercorrências, discussão multiprofissional de casos e elaboração de condutas baseadas em evidências permitem integrar teoria e prática. O estudante aprende a interpretar exames, correlacionar dados clínicos e compreender a importância do registro adequado no prontuário.

O centro de parto configura cenário simbólico e pedagógico singular. É nele que o nascimento ocorre como evento biológico e social. Sob supervisão, o graduando vivencia a assistência ao parto eutócico, observa a interação entre equipe multiprofissional e parturiente (45) e compreende a relevância do respeito às escolhas da mulher. Fato é que o ambiente do parto explicita a tensão entre intervenção e espera vigilante, oferecendo terreno fértil para aprendizagem ética situada.

No centro cirúrgico, por sua vez, o estudante é introduzido à lógica da cesariana e de procedimentos obstétricos operatórios. A vivência cirúrgica permite compreender in-

dicações, riscos, técnica operatória e cuidados pós-operatórios, reforçando a responsabilidade técnica e a necessidade de indicação criteriosa. O ambiente cirúrgico também ensina disciplina, organização e trabalho coordenado em equipe.

O laboratório de ultrassonografia constitui espaço pedagógico estratégico na formação obstétrica contemporânea. Mais do que aprender a “operar o aparelho”, o que extrapola o ensino na graduação, o estudante é introduzido à lógica semiológica da imagem: compreender planos anatômicos, correlacionar biometria fetal com idade gestacional, identificar placenta prévia, avaliar líquido amniótico e reconhecer sinais precoces de restrição de crescimento intrauterino. A ultrassonografia, quando ensinada de forma estruturada, aproxima fisiologia e diagnóstico, permitindo que o aluno compreenda a gestação como processo dinâmico e monitorável. Além disso, o contato supervisionado com o exame favorece a discussão ética sobre indicação adequada, limites do rastreamento e comunicação de achados inesperados, reforçando que tecnologia diagnóstica não substitui julgamento clínico, mas o complementa.

O laboratório de anatomia patológica, por sua vez, oferece oportunidade singular de integração entre evento clínico e substrato morfológico. A análise macroscópica e microscópica da placenta permite compreender mecanismos de insuficiência placen-



tária, corioamnionite, descolamento prematuro de placenta ou alterações associadas à pré-eclâmpsia. O aprendizado sobre acondicionamento adequado de material biológico, preenchimento correto de requisições e correlação clínico-patológica fortalece responsabilidade técnica e rigor científico. Ao observar a placenta como “registro biológico” da gestação, o estudante amplia sua compreensão da fisiopatologia obstétrica e consolida o raciocínio que conecta sinais clínicos a alterações estruturais.

Já o laboratório de análises clínicas aproxima o estudante da dimensão laboratorial das síndromes obstétricas. A visualização da cristalização do líquido amniótico ao microscópio, no clássico padrão arboriforme, concretiza conceitos discutidos teoricamente. O manuseio de testes imunocromatográficos como o *AmniSure*® permite compreender princípios diagnósticos de ruptura prematura de membranas. Da mesma forma, observar esquizócitos em lâmina de sangue periférico em casos onde há hemólise, elevação das enzimas hepáticas e plaquetopenia (síndrome HELLP) transforma dados laboratoriais abstratos em evidência morfológica concreta de hemólise microangiopática. Esses momentos fortalecem o entendimento da interface entre clínica e laboratório, desenvolvendo olhar investigativo e capacidade de correlação diagnóstica — competência essencial na prática obstétrica baseada em evidências.

A integração entre esses múltiplos cenários rompe a dicotomia entre teoria e prática e favorece aprendizagem em espiral, na qual conteúdos são revisitados com crescente complexidade (46,47). Cada espaço pedagógico contribui para dimensões distintas da competência obstétrica: a sala de aula estrutura o conhecimento; os grupos e cine-debates desenvolvem reflexão ética; o laboratório aprimora habilidades técnicas; a simulação fortalece segurança e trabalho em equipe interdisciplinar e multiprofissional (45); os ambulatórios e enfermarias consolidam raciocínio clínico; o centro de parto e o centro cirúrgico materializam a prática real.

Nesse contexto, a aprendizagem em espiral deixa de ser apenas uma metáfora organizadora e passa a constituir princípio estruturante do desenho curricular. Ao transitar entre sala de aula, simulação, ambulatórios e centro de parto, o estudante revisita os mesmos conteúdos sob perspectivas progressivamente mais complexas, articulando conhecimento conceitual, habilidade técnica e discernimento ético. A fisiologia do trabalho de parto, por exemplo, inicialmente compreendida em bases teóricas, reaparece na interpretação de um partograma, na condução simulada de uma distócia e, posteriormente, na tomada de decisão clínica supervisionada diante de uma parturiente real. De modo semelhante, síndromes hipertensivas e hemorragias obstétricas evoluem do reconhecimen-



to diagnóstico para o manejo protocolar em equipe e, finalmente, para o exercício de julgamento clínico contextualizado. Essa revisão qualificada promove integração longitudinal do currículo, consolida memória clínica e favorece amadurecimento progressivo da identidade profissional. Mais do que repetição de conteúdo, trata-se de aprofundamento sucessivo, no qual cada novo encontro com o tema amplia responsabilidade, autonomia e compromisso com a segurança materno-perinatal.

Esses múltiplos cenários de aprendizagem somente cumprem sua função formativa quando inseridos em serviços com volume assistencial compatível com os objetivos educacionais. A formação obstétrica exige exposição reiterada a casos prevalentes da prática médica, pré-natal de risco habitual, trabalho de parto eutócico, síndromes hipertensivas, hemorragias e intercorrências comuns, o que nem sempre ocorre em hospitais universitários altamente especializados, cuja vocação assistencial concentra-se em casos de maior complexidade e menor volume. A aprendizagem baseada apenas em situações raras e terciárias não substitui a experiência longitudinal com condições clínicas frequentes. Soma-se a esse desafio a insuficiência histórica de hospitais universitários estruturados e dedicados à formação, com preceptores formalmente vinculados e responsabilizados pelo processo pedagógico.

Em muitos contextos, especialmente na expansão recente de cursos privados, a formação clínica apoia-se em convênios com serviços da rede pública, nos quais impõe-se, de modo não sistematizado, aos médicos assistenciais, já sobrecarregados, a supervisão de estudantes de medicina. Tal arranjo, embora amplie cenários de prática, nem sempre garante condições ideais de acompanhamento pedagógico, *feedback* estruturado e integração curricular, comprometendo a qualidade formativa. A consolidação de uma educação obstétrica robusta pressupõe, portanto, a convergência entre volume assistencial adequado, diversidade de casos e compromisso institucional explícito com a preceptoria.

A articulação entre esses diferentes cenários dialoga diretamente com o modelo de aprendizagem experiencial proposto por David Kolb, segundo o qual o conhecimento se consolida em um ciclo contínuo que envolve experiência concreta, observação reflexiva, conceituação abstrata e experimentação ativa (48). No ensino obstétrico, o estudante vivencia a experiência concreta no ambulatório ou na sala de parto, reflete sobre ela em grupos de discussão ou *debriefings* estruturados, consolida conceitos na sala de aula e retorna ao campo para aplicar o aprendizado em novas situações clínicas. Essa dinâmica em espiral favorece a integração entre teoria e prática e sustenta a construção progressiva de competência clínica e maturidade ética.



Assim, o “onde ensinar” em obstetrícia não se restringe à geografia institucional, mas configura um ecossistema formativo integrado. A qualidade da formação dependerá da articulação intencional desses ambientes, garantindo que o estudante transite entre eles de maneira progressiva, supervisionada e reflexiva. Ao ocupar esses diferentes espaços, o futuro médico constrói não apenas competências técnicas, mas uma compreensão ampliada do significado social e humano do cuidado ao nascer.

Como avaliar? Estratégias para aferição multidimensional da competência obstétrica

Se o que ensinar define as competências esperadas e o como e onde ensinar estruturam os meios para desenvolvê-las, o como avaliar constitui o momento de verificação da coerência entre intenção pedagógica e resultado formativo. Na obstetrícia, avaliar não se pode limitar à mensuração de conteúdo cognitivo; exige apreciação integrada de conhecimentos, habilidades técnicas, raciocínio clínico, comunicação e atitudes éticas.

Historicamente, a avaliação médica esteve centrada em provas escritas e orais (49), instrumentos úteis para aferição de domínio conceitual, mas insuficientes para captar o desempenho clínico real. Na formação obstétrica, onde decisões são tomadas em tempo

limitado e sob pressão emocional, a competência manifesta-se no fazer, e não apenas no saber descrever. Por isso, a avaliação deve ser estruturada de maneira multidimensional, alinhada à matriz de competências previamente explicitada.

No eixo dos conhecimentos, instrumentos escritos continuam relevantes. Questões clínicas contextualizadas, com casos progressivos de complexidade crescente — por exemplo, evolução de uma hipertensão gestacional para quadro compatível com pré-eclâmpsia com sinais de gravidade — permitem avaliar raciocínio clínico, interpretação de exames e compreensão de diretrizes. A elaboração de avaliações que privilegiam aplicação prática do conhecimento, e não mera memorização, é essencial para aproximar exame teórico da realidade assistencial.

No eixo das habilidades, métodos estruturados de avaliação prática tornam-se indispensáveis. O *Objective Structured Clinical Examination* (OSCE) destaca-se como instrumento particularmente adequado para o ensino obstétrico (50,51). Estações simuladas podem abordar, por exemplo, atendimento inicial de gestante com dor abdominal e suspeita de descolamento prematuro de placenta, aconselhamento sobre cesariana a pedido ou comunicação de diagnóstico de óbito fetal. A organização das estações com escalonamento progressivo de complexidade permite observar raciocínio clínico, execu-



ção técnica, clareza comunicacional e postura ética em ambiente padronizado. O OSCE tem a vantagem de reduzir subjetividade avaliativa e tornar explícitos os critérios de desempenho esperados.

A observação direta no campo clínico complementa essa estrutura. Instrumentos como o *Mini-Clinical Evaluation Exercise* (Mini-CEX) permitem avaliar desempenho real em consultórios de pré-natal, enfermarias ou centro de parto (52,53). O feedback estruturado imediato, baseado em critérios previamente definidos, favorece aprendizagem formativa e desenvolvimento progressivo. Na obstetrícia, esse tipo de avaliação é particularmente valioso, pois captura nuances da interação com a parturiente, postura profissional e capacidade de trabalho em equipe.

A avaliação das atitudes exige instrumentos que transcendam listas de verificação técnicas. Portfólios reflexivos constituem estratégia potente, especialmente quando o estudante é convidado a narrar e analisar situações eticamente complexas, como recusa de episiotomia, discussão de plano de parto ou manejo de luto perinatal (54). Ao escrever sobre a experiência, o aluno explicita seu processo de deliberação moral, permitindo ao docente avaliar maturidade ética e capacidade de autocrítica.

A avaliação 360 graus, quando institucionalmente viável, amplia ainda mais essa perspectiva (55,56). A percepção de resi-

dentos, enfermeiras obstétricas, preceptores e, quando possível, das próprias pacientes, fornece visão abrangente do comportamento profissional do estudante. Em um campo onde trabalho multiprofissional é essencial para segurança assistencial, avaliar capacidade de colaboração torna-se tão relevante quanto aferir domínio técnico.

Outro aspecto fundamental é a distinção entre avaliação formativa e somativa. A primeira orienta o aprendizado ao longo do processo, identifica fragilidades e propõe correções; a segunda certifica a aquisição de competências mínimas (57). No ensino obstétrico, a avaliação formativa deve ser contínua, particularmente nos cenários práticos, garantindo que o estudante receba retorno estruturado antes de assumir responsabilidades maiores (58,59).

A estruturação da avaliação pode ainda ser compreendida à luz da Pirâmide de Miller, que organiza o desenvolvimento da competência clínica em quatro níveis: “saber” (*knows*), “saber como” (*knows how*), “mostrar como” (*shows how*) e “fazer” (*does*) (60). Na formação obstétrica, as provas escritas avaliam predominantemente o nível do “saber” e do “saber como”, enquanto instrumentos como o OSCE permitem que o estudante “mostre como” executa determinada tarefa em ambiente controlado (50,51). A observação direta no campo clínico, por sua vez, aproxima-se do nível mais elevado - o “fazer”



- ao avaliar o desempenho real em contextos assistenciais autênticos. Essa perspectiva reforça que nenhuma estratégia isolada é suficiente para aferir competência plena (61,62).

Por fim, avaliar implica também submeter o processo de ensino a escrutínio contínuo, reconhecendo que a competência do estudante é indissociável da qualidade do ambiente formativo, da supervisão docente e da consistência curricular. Resultados insatisfatórios recorrentes podem sinalizar lacunas metodológicas ou insuficiência de exposição prática. A avaliação, portanto, não é apenas instrumento de julgamento do estudante, mas mecanismo de retroalimentação institucional (63).

A coerência entre competências definidas, estratégias pedagógicas e métodos avaliativos é condição indispensável para formação de médicos generalistas aptos a atuar na assistência obstétrica. Quando estruturada de forma multidimensional, transparente e ética, a avaliação deixa de ser mero ritual burocrático e transforma-se em instrumento de consolidação da identidade profissional. Na obstetrícia, essa identidade será posta à prova em cenários de alta responsabilidade clínica e moral; por isso, avaliar bem é parte inseparável de ensinar com responsabilidade (1-3).

CONCLUSÕES

Ensinar obstetrícia na graduação médica implica formar profissionais capazes de

integrar conhecimento científico, habilidade clínica e discernimento ético em um campo marcado por elevada complexidade técnica e moral. A qualidade dessa formação depende da coerência entre competências claramente definidas, estratégias pedagógicas integradas, diversidade de cenários de aprendizagem e avaliação multidimensional. Um currículo baseado em conhecimentos, habilidades e atitudes constitui base necessária, mas sua efetividade exige atenção ao currículo oculto e valorização do currículo estendido, onde se consolidam valores e identidade profissional. O ensino obstétrico deve articular diferentes ambientes formativos - da sala de aula ao centro de parto, da simulação ao cuidado real - permitindo aprendizagem progressiva e contextualizada. Metodologias ativas, inserção longitudinal nos serviços de saúde e supervisão qualificada favorecem o desenvolvimento do raciocínio clínico, da comunicação e da responsabilidade profissional. A avaliação, por sua vez, deve ser contínua, formativa e alinhada à prática, assegurando a consolidação das competências esperadas. Diante da expansão das escolas médicas, o desafio central não é apenas ampliar o acesso, mas garantir consistência formativa. Formar médicos generalistas competentes em obstetrícia é condição essencial para qualificar o cuidado no ciclo gravídico-puerperal e promover o nascer seguro e respeitoso.



Financiamento

AB agradece à Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro, FAPERJ pela bolsa de Cientista do Nosso Estado (E-26/201.166/2022). Não houve financiamento ou patrocínio externo específico para a preparação do manuscrito ou a publicação deste artigo. Qualquer apoio institucional ou bolsas concedidas anteriormente aos autores não estão relacionadas a esta revisão e não influenciaram o desenho do estudo, a interpretação dos dados ou o processo de redação.

Conflitos de Interesse

Os autores declaram não ter nenhum conflito de interesses para a redação dessa publicação.

REFERÊNCIAS

1. Amaral E, Azevedo GD, Abbade J. O ensino e o aprendizado de ginecologia e obstetrícia na graduação: desafios e tendências. *Rev Bras Ginecol Obstet.* 2007;29(11):551-554.
2. Dâmaso JGB, Batista CB, Rangel NM. O ensino da saúde da mulher no internato médico: análise documental em universidades públicas mineiras. *Rev Med Minas Gerais.* 2021;31:e-31301.
3. Moreira de Sá RA. Metodologia de aprendizagem ativa na obstetrícia básica. Rio de Janeiro: Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro; 2017. Monografia (Especialização em Formação Docente em Medicina e Ciências da Saúde).
4. Brasil. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. Câmara de Educação Superior. Resolução CNE/CES nº 3, de 20 de junho de 2014. Institui as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Medicina e dá outras providências. *Diário Oficial da União;* 2014.
5. Frenk J, Chen L, Bhutta ZA, Cohen J, Crisp N, Evans T, et al. Health professionals for a new century: transforming education to strengthen health systems in an interdependent world. *Lancet.* 2010;376(9756):1923-58.
6. Scheffer M, coord. Demografia Médica no Brasil 2025. São Paulo: FMUSP; Associação Médica Brasileira (AMB); 2025.
7. Beauchamp T, Childress J. Principles of Biomedical Ethics: Marking Its Fortieth Anniversary. *Am J Bioeth.* 2019 Nov;19(11):9-12.
8. Boyaciyán K. Princípios bioéticos. In: Boyaciyán K, organizador. Ética em ginecologia e obstetrícia. 4ª ed. São Paulo: Conselho Regional de Medicina do Estado de São Paulo (CREMESP); 2011. p. 7-12.
9. Prober CG, Khan S. Medical education reimaged: a call to action. *Acad Med.* 2013;88(10):1407-10.
10. Hafferty FW. Beyond curriculum reform: confronting medicine's hidden curriculum. *Acad Med.* 1998;73(4):403-7.
11. Gaufberg EH, Batalden M, Sands R, Bell SK. The hidden curriculum: what can we learn from third-year medical student narrative reflections? *Acad Med.* 2010 Nov;85(11):1709-16.
12. Vallely LH, Shalit A, Nguyen R, Althabe F, Pingray V, Bonet M, et al. Intrapartum care measures and indicators for monitoring the implementation of WHO recommendations for a positive childbirth experience: a scoping review. *BMJ Open.* 2023;13(11):e069081.
13. ACOG Committee Opinion No. 761: Cesarean Delivery on Maternal Request. *Obstet Gynecol.* 2019;133(1):e73-e77.



14. American College of Obstetricians and Gynecologists. ACOG Committee Opinion No. 385 November 2007: the limits of conscientious refusal in reproductive medicine. *Obstet Gynecol.* 2007;110(5):1203-8.
15. Card RF. Is there no alternative? Conscientious objection by medical students. *J Med Ethics.* 2012;38(10):602-4.
16. Bloch RM, Swanson MS, Hannis MD. An extended evidence-based medicine curriculum for medical students. *Acad Med.* 1997;72(5):431-2.
17. Duffin J. Infiltrating the curriculum: an integrative approach to history for medical students. *J Med Humanit.* 1995;16(3):155-74.
18. Bi S, Liu R, Li J, Gu J. The effectiveness of problem-based learning in gynecology and obstetrics education in China: A meta-analysis of randomized controlled trials. *Medicine (Baltimore).* 2021;100(9):e24660.
19. World Health Organization. The prevention and elimination of disrespect and abuse during facility-based childbirth: WHO statement. Geneva: WHO; 2014. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/WHO-RHR-14.23> Acessado em 22 de fevereiro de 2026.
20. Hahn M, Sheran N, Weber S, Cohan D, Obedin-Maliver J. Providing Patient-Centered Perinatal Care for Transgender Men and Gender-Diverse Individuals: A Collaborative Multidisciplinary Team Approach. *Obstet Gynecol.* 2019;134(5):959-963.
21. Brandt JS, Patel AJ, Marshall I, Bachmann GA. Transgender men, pregnancy, and the "new" advanced paternal age: A review of the literature. *Maturitas.* 2019 Oct;128:17-21.
22. Health Care for Transgender and Gender Diverse Individuals: ACOG Committee Opinion, Number 823. *Obstet Gynecol.* 2021;137(3):e75-e88.
23. Oosterbaan-Lodder SCM, Reinders JJ, Versluis MAC, Scheele F, Kusurkar RA. Professional and Interprofessional Identity Formation in Healthcare Students During Placement in an Interprofessional Training Unit - A Multi-centre Quantitative Study. *Perspect Med Educ.* 2025;14(1):399-410.
24. Oosterbaan-Lodder SCM, Reinders JJ, Versluis MAC, Scheele F, Kusurkar RA. Professional and Interprofessional Identity Formation in Healthcare Students During Placement in an Interprofessional Training Unit - A Multi-centre Quantitative Study. *Perspect Med Educ.* 2025;14(1):399-410.
25. Cruess RL, Cruess SR, Boudreau JD, Snell L, Steinert Y. A schematic representation of the professional identity formation and socialization of medical students and residents: a guide for medical educators. *Acad Med.* 2015;90(6):718-25.
26. Jarvis-Selinger S, Pratt DD, Regehr G. Competency is not enough: integrating identity formation into the medical education discourse. *Acad Med.* 2012;87(9):1185-90.
27. Wagoner K, Dempsey A, Dunn F, Hemphill A. Normal Pregnancy Care and Physiology and Select Pregnancy Complications: A Flipped Classroom Case for the OB/GYN Clerkship. *MedEdPORTAL.* 2024;20:11413.
28. Liao W, He J, Yang C, Qi S, Chen G, Ding C. Application of a new multi-element integrated teaching mode based on bite-sized teaching, flipped classroom, and MOOC in clinical teaching of obstetrics and gynaecology. *BMC Med Educ.* 2023;23(1):820.
29. Fernandes I, Rodrigues CIS, Korkes HA, de Sampaio LF. Problem-based learning in obstetrics and gynecology: a systematic review. *Rev Bras Ginecol Obstet.* 2025;47:e-rbgo68.
30. Chao X, Li X. The application of the conceive-design-implement-operate combined with the problem-based-learning teaching method in an 8-year rotation system for obstetrics students in China. *BMC Med Educ.* 2025;25(1):1077.



31. Krase K, Pfeifer E, Swan K. Team-Based Learning Sessions Compared With Traditional Lecture in the Obstetrics and Gynecology Clerkship. *Obstet Gynecol.* 2018;132 Suppl 1:14S-18S.
32. Sterpu I, Herling L, Nordquist J, Rotgans J, Acharya G. Team-based learning (TBL) in clinical disciplines for undergraduate medical students—a scoping review. *BMC Med Educ.* 2024;24(1):18.
33. Sterpu I, Herling L, Nordquist J, Möller A, Kopp Kallner H, Engberg H, Acharya G. The outcomes of team-based learning vs small group interactive learning in the obstetrics and gynecology course for undergraduate students. *Acta Obstet Gynecol Scand.* 2024;103(6):1224-1230.
34. Nomura RMY, Reis FMD, Gonçalves AM, Proença CM. Obstetric simulation for undergraduate medical education: how to improve students' self-confidence and expectation according to gender. *Rev Assoc Med Bras* 2023;69(4):e20221625.
35. Gavin NR, Satin AJ. Simulation Training in Obstetrics. *Clin Obstet Gynecol.* 2017;60(4):802-810.
36. Atiomo W, Ennab F, Stanley A, Ezimokhai M. Evaluating an obstetrics and gynecology teaching program for medical students incorporating simulation-based education underpinned by cognitive load theory. *Front Med (Lausanne).* 2024;11:1304417.
37. Polivka L, Delcour C, Dufresne H, Bartoli S, Bataille P, Bekel L, et al. Breaking bad news: an active learning method for medical students. *BMC Med Educ.* 2024;24(1):994.
38. Gueneuc A, Dagher C, Rameh G, Haddad G, Hivernaud D, Mousty E, et al. Announcing fetal pathology: Challenges encountered by physicians and potential role of simulation in training for breaking bad news. *J Gynecol Obstet Hum Reprod.* 2021;50(4):102044.
39. Trieb M, Pfadenhauer LM, Kohll C, Fischer MR, Siebeck M, Rueb M. Cinemeducation: a descriptive mixed-methods analysis of perspectives in a medical humanities course. *Med Educ Online.* 2025;30(1):2579077.
40. Bansal E, Patel K, Hassan Y, Kim S, Zaidi A, Rice T. Impact of global feminist film curriculum on medical student engagement in women's health. *Health Care Women Int.* 2024;45(8):843-851.
41. Valley LH, Shalit A, Nguyen R, Althabe F, Pingray V, Bonet M, Armari E, Bohren M, Homer C, Vogel JP. Intrapartum care measures and indicators for monitoring the implementation of WHO recommendations for a positive childbirth experience: a scoping review. *BMJ Open.* 2023 Nov 22;13(11):e069081.
42. Ayres-de-Campos D, Spong CY, Chandrachan E; FIGO Intrapartum Fetal Monitoring Expert Consensus Panel. FIGO consensus guidelines on intrapartum fetal monitoring: Cardiotocography. *Int J Gynaecol Obstet.* 2015;131(1):13-24.
43. Reynolds A, Ayres-de-Campos D, Bastos L, van Meurs W, Bernardes J. Impact of labor and delivery simulation classes in undergraduate medical learning. *Med Educ Online.* 2008;13:14.
44. Gosavi A, Kanneganti A, Khoo ET, Singh K, Shen L, Rauff M, et al. Virtual reality simulation training for childbirth: A cluster randomized crossover study. *Int J Gynaecol Obstet.* 2025;170(2):681-690.
45. Zhao B, Potter DD. Comparison of Lecture-Based Learning vs Discussion-Based Learning in Undergraduate Medical Students. *J Surg Educ.* 2016;73(2):250-7.
46. Daly R, Kane D, Browne A, Flood K. A Qualitative Analysis of the Relationship Between Simulated And Clinical Learning Environments in Obstetrics and Gynaecology. *Med Sci Educ.* 2025;35(3):1371-1383.
47. Tauscher A, Stepan H, Todorow H, Rotzoll D. Interteam PERINAT - interprofessional team collaboration in undergraduate midwifery and medical education in the context of obstetric



- emergencies: Presentation of simulation scenarios and empirical evaluation results. *GMS J Med Educ.* 2023;40(2):Doc20.
48. Kolb DA. *Experiential learning: experience as the source of learning and development.* Englewood Cliffs (NJ): Prentice-Hall; 1984.
 49. Saab SS, Pollack S, Lerner V, Banks E, Salva CR, Colbert-Getz J. Validity Study of an End-of-Clerkship Oral Examination in Obstetrics and Gynecology. *J Surg Educ.* 2023 Feb;80(2):294-301.
 50. Plöger R, Abramian A, Egger EK, Gembruch U, Mustea A, Sängler N, et al. Development and feasibility of interdisciplinary objective structured clinical examination (OSCE) in obstetrics and gynecology. *Arch Gynecol Obstet.* 2023;307(4):1265-1268.
 51. Plöger R, Abramian A, Egger EK, Mustea A, Sängler N, Plöger H, et al. Evaluation of an OSCE's implementation and a two-step approach for a theoretical and practical training program in Obstetrics and Gynecology. *Front Med (Lausanne).* 2023;10:1263862.
 52. Sun H, Ning R, Li S. Impact of professionalism education integrated with mini-CEX on clinical competency in obstetrics and gynecology clerkships: A brief report. *J Educ Health Promot.* 2025;14:324.
 53. Johnson NR, Pelletier A, Berkowitz LR. Mini-Clinical Evaluation Exercise in the Era of Milestones and Entrustable Professional Activities in Obstetrics and Gynaecology: Resume or Reform? *J Obstet Gynaecol Can.* 2020;42(6):718-725.
 54. Nogueira GC, Santana EFM, Annicchino G, Callado GY, Haddad RF, Gomes MTV, et al. Navigating obstetric bad news: Insights from tertiary care medical teams. *Patient Educ Couns.* 2024;129:108402.
 55. Fabricio TN, de Almeida GA, Fabrício AC, de Freitas MR, Vital AL, Gonçalves AK. Experience of the 360-degree evaluation and feedback system among obstetrics and gynecology residents: A pilot study. *Int J Gynaecol Obstet.* 2021;152(2):264-266.
 56. Nisar S, Jamal A, Irfan Thalib H, Khan S, Mehveen S, Rehman A, et al. Are we ready for the feedback? A qualitative exploratory study on residents' awareness and readiness for multisource (360°) feedback in medical residency. *BMJ Open.* 2025;15(12):e101924.
 57. Paternotte E, Dijksterhuis M, Goverde A, Ezzat H, Scheele F. Comparison of OBGYN postgraduate curricula and assessment methods between Canada and the Netherlands: an auto-ethnographic study. *Front Med (Lausanne).* 2024 Mar 27;11:1363222.
 58. Joshi MK, Singh T, Badyal DK. Acceptability and feasibility of mini-clinical evaluation exercise as a formative assessment tool for workplace-based assessment for surgical postgraduate students. *J Postgrad Med.* 2017;63(2):100-105.
 59. Dijksterhuis MGK, Schuwirth LWT, Braat DDM, Scheele F. An exploratory study into the impact and acceptability of formatively used progress testing in postgraduate obstetrics and gynaecology. *Perspect Med Educ.* 2013 Jun;2(3):126-141.
 60. Miller GE. The assessment of clinical skills/competence/performance. *Acad Med.* 1990;65(9 Suppl):S63-7.
 61. Karimi R. Interface between problem-based learning and a learner-centered paradigm. *Adv Med Educ Pract.* 2011 May 13;2:117-25.
 62. Van Der Vleuten CP. The assessment of professional competence: Developments, research and practical implications. *Adv Health Sci Educ Theory Pract.* 1996 Jan;1(1):41-67.
 63. Epstein RM. Assessment in medical education. *N Engl J Med.* 2007 Jan 25;356(4):387-96.

DESAFIOS TRANSLACIONAIS NA AVALIAÇÃO DA MEMÓRIA: DOS MODELOS EXPERIMENTAIS À PRÁTICA CLÍNICA

Translational Challenges in Memory Assessment: From Experimental Models to Clinical Practice

Emerson Santos da Silva¹, Aline Penna-de-Carvalho², Guilherme Souza de Pinho Rosa¹, Beatriz Nogueira Siqueira e Silva¹, Pamela Rosa-Gonçalves¹ & Cláudio Tadeu Daniel-Ribeiro^{*1,3,4}

¹ ESS - ORCID: 0009-0008-8963-307X, e-mail: psicologo.emersonsantos@gmail.com; GSPR - ORCID: 0009-0002-9701-6174, e-mail: psico.guilhermerosa@gmail.com; BNSS - ORCID: 0009-0002-6324-4785, e-mail: beatrizsiqueira@aluno.fiocruz.br; PRG - ORCID: 0000-0002-2425-5310, e-mail: pamela.goncalves@ioc.fiocruz.br; CTDR - ORCID: 0000-0001-9075-1470, e-mail: malaria@fiocruz.br. Laboratório de Pesquisa em Malária, Instituto Oswaldo Cruz, Fiocruz; ²APC - ORCID: 0000-0001-9595-9852, e-mail: alinepennadecarvalho@gmail.com. Laboratório de Morfometria, Metabolismo e Doença Cardiovascular, Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ; ³Centro de Pesquisa, Diagnóstico e Treinamento em Malária, Fiocruz e Secretaria de Vigilância em Saúde e Ambiente, Ministério da Saúde; ⁴Academia Nacional de Medicina (Acadêmico Titular).

Destaques

- Alterações na memória episódica são os primeiros sinais clínicos da doença de Alzheimer.
- Prejuízos nos múltiplos domínios da memória podem persistir como sequelas após infecções do SNC.
- O teste de aprendizagem auditivo-verbal de Rey diferencia envelhecimento e demência.
- O teste de reconhecimento de objetos é usado na investigação translacional da memória.
- Modelos de roedores auxiliam na investigação experimental de alterações de memória.

RESUMO

Este artigo apresenta uma análise comparativa dos métodos de avaliação da memória episódica em humanos e episódica-like em modelos experimentais (camundongos C57BL/6), abordando aspectos conceituais, metodológicos e os desafios da pesquisa translacional. A memória de reconhecimento é definida como a capacidade de discriminar estímulos previamente experienciados de situações novas, constituindo um subtipo da memória episódica. Sua avaliação é fundamental, uma vez que alterações mnemônicas configuram importantes marcadores de rastreamento em doenças neurodegenerativas, como a doença de

* Correspondência: Academia Nacional de Medicina Av. General Justo 365, Centro, CEP - 20.031-130, Rio de Janeiro, RJ, Brasil
e-mail: malaria@fiocruz.br

Recebido em: 26/03/2026 - Aceito para publicação em: 12/04/2026

Revisores:

Roberto Farina de Almeida (UFPEL) &
Cláudio Auberto Serfaty (UFF)



Alzheimer, além de se manifestarem como sequelas persistentes em agravos infecciosos que afetam o sistema nervoso central. Trata-se de uma visão geral da literatura que descreve, em humanos, testes neuropsicológicos como o teste de aprendizagem auditivo-verbal de Rey, o teste da figura complexa de Rey e o teste de memória de reconhecimento, destacando suas especificidades na avaliação da memória verbal e não verbal, além da influência de fatores sociodemográficos. Em modelos murinos, são descritos os protocolos de reconhecimento de objetos, localização de objetos e reconhecimento de ordem temporal, baseados na tendência natural à exploração da novidade. A análise evidencia que, enquanto os métodos aplicados em humanos oferecem maior relevância clínica, os modelos murinos se destacam pela simplicidade, reprodutibilidade e possibilidade de manipulação experimental. Conclui-se que, embora o modelo murino represente uma ferramenta valiosa devido à similaridade neuroanatômica entre mamíferos, o desafio translacional exige controle metodológico rigoroso e a integração com abordagens complementares, como estudos moleculares, farmacológicos e de neuroimagem, a fim de ampliar a aplicabilidade dos achados à prática clínica.

Palavras-chave: Avaliação cognitiva, Memória de reconhecimento, Modelos murinos, Neuropsicologia, Pesquisa translacional.

ABSTRACT

This article presents a comparative analysis of methods for assessing episodic memory in humans and experimental models (C57BL/6 mice), addressing conceptual and methodological aspects as well as the challenges of translational research. Recognition memory is defined as the ability to distinguish previously experienced stimuli from new situations, constituting a subtype of episodic memory. Its assessment is fundamental, since mnemonic alterations serve as important screening markers for neurodegenerative diseases, such as Alzheimer's disease, and also manifest as persistent sequelae in infectious conditions affecting the central nervous system. This is a literature overview that describes, in humans, neuropsychological tests such as the Rey Auditory-Verbal Learning Test, the Rey Complex Figure Test, and the Recognition Memory Test, highlighting their specific features in the assessment of verbal and non-verbal memory, as well as the influence of sociodemographic factors. In mouse models, protocols for object recognition, object location, and temporal order recognition are described, based on the natural tendency to explore novelty. The analysis shows that, while methods applied in humans offer great clinical relevance, mouse models stand out for their simplicity, reproducibility, and potential for experimental manipulation. It is concluded that, although the mouse model



represents a valuable tool due to the neuro-anatomical similarity among mammals, the translational challenge requires rigorous methodological control and integration with complementary approaches, such as molecular, pharmacological, and neuroimaging studies, in order to broaden the applicability of the findings to clinical practice.

Keywords: Cognitive assessment, Murine models, Neuropsychology, Recognition memory, Translational research.

INTRODUÇÃO

A memória é uma função cognitiva extremamente importante para a vida. É a capacidade do sistema nervoso de armazenar e recuperar informações. Podemos afirmar que a memória é o processo que nos permite ser quem somos, pois, segundo Kandel e colaboradores, ela “é a cola que mantém unida nossa vida mental” (1). É através do armazenamento constante de informações que a memória possibilita a geração de conexões entre fatos e eventos, construindo sentido e significado. Do contrário, o mesmo autor complementa, “nossa vida seria vazia e sem propósito, já que, sem o seu poder unificador, nossa existência consciente e inconsciente se tornaria fragmentada” e, podemos considerar que, provavelmente, sem sentido. Além disso, a memória não consti-

tui um processo estático, sendo influenciada por fatores como aprendizagem, contexto e experiências ao longo do desenvolvimento e podendo apresentar variações mesmo na ausência de condições patológicas.

A relevância do estudo da memória transcende o campo da cognição pura, ganhando um peso clínico crucial em diversas desordens cerebrais. A função mnemônica (um atalho simplificador para facilitar a memorização) está frequentemente alterada em diversas condições, desde doenças neurodegenerativas, como a Doença de Alzheimer (DA), e diferentes formas de demências (2) até transtornos psiquiátricos, a exemplo da ansiedade, depressão e estresse pós-traumático (3-5). Além disso, a função mnemônica é sensível a traumatismos cranioencefálicos, como concussões (6). É fundamental considerar que a memória pode ser comprometida por agravos infecciosos mesmo sem invasão direta do Sistema Nervoso Central (SNC); a resposta inflamatória periférica modula a função cerebral via rotas neuroimunes, tornando a avaliação mnemônica indispensável para o diagnóstico oportuno e o monitoramento da progressão dessas condições (7).

No espectro das doenças neurodegenerativas (DND), a alteração da função mnemônica assume o papel de marcador de rastreio fundamental, especificamente nos quadros de DA. Diferentemente de outras formas de demência, onde os sintomas



iniciais podem ser motores ou comportamentais, na DA os transtornos de memória episódica configuram-se como as primeiras características identificáveis na avaliação neuropsicológica, com a memória sendo a esfera mais impactada à medida que as DND progredem (8). Nesse cenário, o conceito de reserva cognitiva torna-se fundamental para compreender a variabilidade individual nas respostas a danos cerebrais. A reserva cognitiva refere-se à capacidade do cérebro de recrutar redes neurais alternativas ou processos cognitivos compensatórios, permitindo que o indivíduo mantenha o funcionamento normal da memória mesmo diante de patologias visíveis. Esse constructo é influenciado por fatores inatos e experiências ao longo da vida, como a escolaridade, a complexidade ocupacional e a prática de exercícios físicos, elementos que conferem maior resiliência às DND. Portanto, modelos experimentais que avaliam a memória de reconhecimento de forma precisa são essenciais para investigar como diferentes estímulos podem fortalecer essa reserva ou como ela mascara o início do declínio cognitivo (9).

Em uma publicação muito recente, três brasileiros, incluindo uma acadêmica dessa casa (Fernanda Tovar Moll) formularam a proposta de que uma “reserva conectômica” seria o substrato neural da reserva cognitiva, em particular, e da neuroplasticidade, em geral. A ilustração (figura-símbolo do artigo)

representa um exemplo das “conexões secretas” que embasam o novo conceito de “reserva conectômica” (10).

Os agravos infecciosos demonstram um potente nexos causal com a disfunção mnemônica, que se manifesta como sequelas persistentes. Patógenos como o SARS-CoV-2 induzem alterações que afetam os processos de memória de curto e longo prazos e alteração nos padrões de plasticidade cortical, sendo tais déficits identificados em pacientes com formas moderadas ou leves um ano após a infecção. Esse cenário é ainda mais crítico em pacientes com DND preexistentes, como a DA, tendo em vista que tal infecção acelera o declínio cognitivo já em curso (7,11,12).

A extensão desse dano é ampliada em doenças infecciosas como a malária, na qual a malária cerebral (MC) e a malária não grave (MnG) estão associadas a sequelas de memória de trabalho e aprendizado, consolidando o prejuízo mnemônico como uma sequela neurocognitiva comum a etiologias infecciosas distintas (13,14). Notavelmente, alterações cognitivas podem ocorrer até mesmo em casos de infecção assintomática plasmodial (13).

A memória pode ser compreendida como um processo dinâmico que envolve codificação (aquisição), armazenamento (consolidação), recuperação (evocação) e esquecimento (*active forgetting*) (15,16). A



codificação ocorre no momento da aprendizagem, quando o cérebro transforma estímulos em códigos neurais significativos. O armazenamento consiste na retenção dessas representações codificadas por meio da consolidação neural, processo em que conexões sinápticas se fortalecem, permitindo que a informação seja mantida por diferentes períodos, de instantes a toda a vida. A recuperação corresponde ao acesso às memórias armazenadas, envolvendo tanto a memória de curto prazo, usada para informações imediatas, quanto a memória de longo prazo, que permite lembrar informações codificadas e guardadas por períodos mais prolongados. Por fim, o esquecimento é um processo de neuroplasticidade adaptativa que, em resposta às mudanças do ambiente, transita as memórias de um estado de prontidão para um estado de latência inacessível, preservando a integridade da informação original enquanto otimiza a flexibilidade do comportamento (16). Segundo Ivan Izquierdo, o esquecimento é tão vital quanto o armazenamento, tendo em vista que a “nossa vida social seria impossível se lembrássemos de todos os detalhes da nossa interação com todas as pessoas e lembrássemos das impressões que tivemos em cada uma dessas interações” (17, p. 67). Esses processos não são rígidos e podem ser modulados por fatores como atenção, motivação e experiências de vida, demonstrando que a memória é dinâmica e sensível ao con-

texto (8). “Os diversos processos da memória codificam e armazenam diferentes tipos de informação de maneiras diferentes” (15 p. 285). A partir dessa afirmação, percebe-se que não existe um único tipo de memória, e que o processamento e o armazenamento dessas informações variam conforme o tipo de memória. Gazzaniga & Heatherton categorizam a memória em dois grupos: explícita e implícita (15). A memória explícita requer esforço consciente para ser acessada e pode ser expressa verbalmente, enquanto a memória implícita não exige esse esforço consciente e não pode ser descrita verbalmente, como ocorre em habilidades e hábitos motores, por exemplo, andar de bicicleta. Neste artigo, abordaremos a memória explícita, com ênfase na abordagem translacional entre paradigmas clínicos e pré-clínicos utilizados em sua avaliação, particularmente no que se refere à memória de reconhecimento.

A memória explícita pode ser subdividida em dois tipos distintos: memória semântica e memória episódica (Figura 1). A memória semântica refere-se ao armazenamento de fatos e conhecimentos gerais, como a data de um acontecimento histórico, o significado de uma palavra ou a informação de que Paris é a capital da França (15). A memória episódica, por sua vez, está relacionada à recordação de experiências pessoais específicas, como a lembrança de uma viagem ou a sensação de já ter experimen-

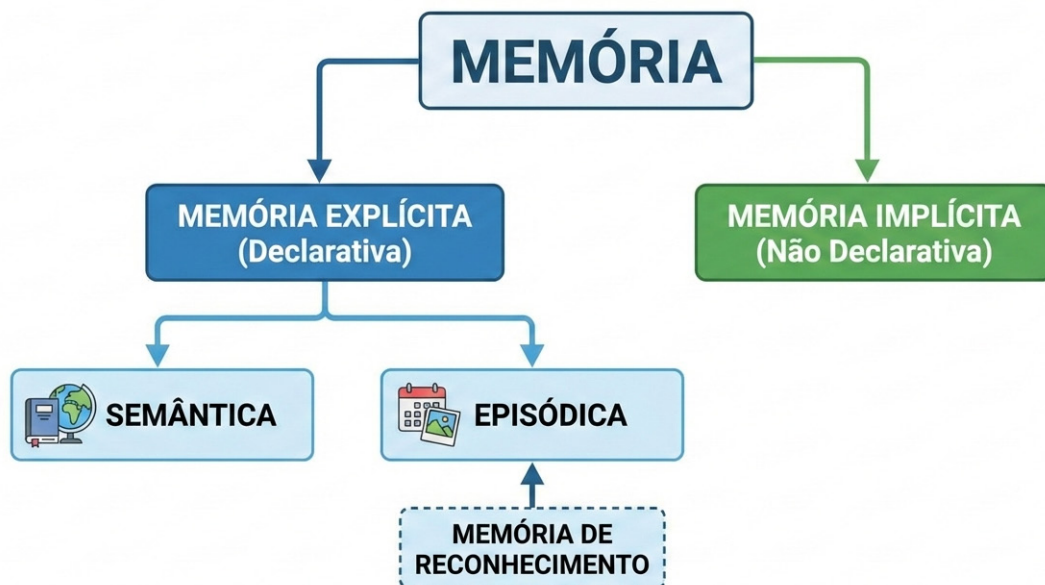


Figura 1 - Classificação dos sistemas de memória. O infográfico apresenta a organização dos principais sistemas de memória, dividindo-os em memória explícita (declarativa) e memória implícita (não declarativa). A memória explícita subdivide-se em memória semântica, relacionada ao conhecimento de fatos e conceitos, e memória episódica, associada à recordação de eventos e experiências pessoais. O esquema também destaca a memória de reconhecimento, relacionada à memória episódica e caracterizada pela capacidade de identificar estímulos previamente experienciados. Fonte: Elaborado por ESS com auxílio da inteligência artificial Gemini (2026).

tado determinado sabor de chocolate. Esse sistema envolve a rememoração de aspectos contextuais, incluindo o que ocorreu, como ocorreu e em que local ocorreu. A memória episódica possibilita o que denomina de “viagem mental no tempo”, na qual o indivíduo é capaz de deslocar-se subjetivamente do presente para o passado, revivendo, por meio da consciência autoonética¹, experi-

ências previamente vivenciadas (18). Essas categorizações evidenciam que cada tipo de memória é processada de maneira distinta e pode ser avaliada por diferentes testes, sendo fundamental interpretar os resultados dentro do contexto de cada indivíduo.

Dentre os subtipos de memória episódica, encontramos a memória de reconhecimento, que está relacionada à sensação de familiaridade quando nos deparamos com um estímulo já experienciado anteriormen-

¹ Autoonética é a capacidade de recordar uma experiência passada com um senso de autoconsciência, ou seja, a sensação de que “eu” a vivi.



te, ou seja, consiste em discriminar informações previamente já encontradas de situações novas (19).

A memória de reconhecimento, embora frequentemente tratada como um processo único, pode ser compreendida a partir de dois componentes distintos e complementares: a familiaridade e o recolhimento (*recollection*). A familiaridade refere-se à sensação de que um estímulo já foi previamente experienciado, ocorrendo de forma mais automática e sem a recuperação de detalhes contextuais. Por outro lado, o recolhimento envolve a recuperação consciente de informações associadas ao episódio, como o contexto, o local ou as circunstâncias em que o estímulo foi inicialmente encontrado. Evidências da neurociência indicam que esses processos dependem, ao menos em parte, de sistemas neurais distintos, sendo a familiaridade mais associada a regiões do córtex perirrinal, enquanto o recolhimento depende fortemente do hipocampo e de redes corticais relacionadas (20,21). Essa distinção torna-se particularmente relevante na interpretação dos testes de memória de reconhecimento, uma vez que diferentes instrumentos podem recrutar, em maior ou menor grau, esses dois processos, influenciando a sensibilidade na detecção de alterações cognitivas em DND, como a DA, e em condições associadas a agravos infecciosos.

Nesse sentido, instrumentos neuropsicológicos em humanos e paradigmas com-

portamentais em modelos experimentais de roedores podem recrutar, em diferentes proporções, processos de familiaridade e recolhimento, aspecto que deve ser considerado na análise e interpretação dos resultados.

Avaliação da Memória de Reconhecimento

A memória de reconhecimento constitui uma função cognitiva essencial para o ser humano, e o seu comprometimento se apresenta como marcador relevante em DNDs e em sequelas decorrentes de agravos infecciosos que afetam o SNC. Tais evidências reforçam a necessidade de avaliações rigorosas dessa capacidade. No contexto clínico, essa avaliação é realizada por meio de instrumentos neuropsicológicos padronizados, que não podem ser modificados, uma vez que qualquer alteração em seus procedimentos compromete a fidedignidade e a validade dos resultados. Embora padronizados, os resultados devem ser interpretados de forma contextualizada, considerando a influência de fatores como atenção, motivação, ansiedade e contexto, que podem impactar significativamente o desempenho do indivíduo. O teste não constitui um diagnóstico final, mas fornece informações que permitem determinar se a pessoa está abaixo, dentro ou acima do esperado, de acordo com sua faixa etária, escolaridade e perfil sociodemográfico. Esses



instrumentos geralmente envolvem a apresentação de estímulos visuais ou verbais, seguida de tarefas que requerem a identificação de itens previamente expostos (22). Entre os principais testes utilizados na avaliação da memória de reconhecimento em humanos, destacam-se o teste de aprendizagem auditivo-verbal de Rey (RAVLT), o teste da figura complexa de Rey (ROCF) e o teste de memória de reconhecimento (RMT).

Na pesquisa básica, a investigação dos mecanismos biológicos dessa memória emprega modelos de roedores, que se baseiam na predisposição inata dos camundongos, por exemplo, à exploração de objetos novos em detrimento de estímulos já familiares (23). Os testes comportamentais utilizados nesses modelos incluem o teste de reconhecimento de objetos (do inglês *object recognition test*, ORT), o teste de localização de objetos (do inglês *object location test*, OLT) e o teste de reconhecimento de ordem temporal (do inglês *temporal order recognition test*, TOR). Nos três testes, a higienização dos aparatos constitui um aspecto fundamental. Após cada sessão, recomenda-se a limpeza com gazes descartáveis umedecidas em etanol, em concentrações que podem variar conforme a literatura, visando a eliminação de pistas olfativas que possam interferir no comportamento exploratório. Assim, a manutenção adequada do equipamento, associada ao rigor no controle das variáveis ambientais, é

indispensável para assegurar a confiabilidade e a reprodutibilidade dos estudos de reconhecimento de objetos (24).

A aplicabilidade destes métodos reside na necessidade de superar o desafio translacional interespecies. As abordagens complementares referem-se, em suma, à necessidade de conjugar os achados obtidos em modelos murinos que permitem estudar mecanismos biológicos com os dados neuropsicológicos humanos que fornecem relevância clínica. Essa complementaridade e o controle metodológico são essenciais para garantir a validade dos resultados para o desenvolvimento de estratégias diagnósticas e terapêuticas mais eficazes.

MÉTODOS DE ANÁLISE DA MEMÓRIA DE RECONHECIMENTO EM MODELO EXPERIMENTAL MURINO

Teste de Reconhecimento de Objetos (ORT)

O protocolo padrão do ORT é composto por diversas etapas que visam avaliar a memória de roedores por meio de seu comportamento exploratório (Figura 2) (24). Inicialmente, os animais passam por uma etapa de habituação ao ambiente experimental, com o objetivo de reduzir o estresse e favorecer um padrão natural de exploração. Em seguida, são submetidos à fase de

ORT - Teste de Reconhecimento de Objetos



Figura 2 - Etapas do Teste de Reconhecimento de Objetos (ORT). O esquema ilustra as principais fases do ORT, utilizado para avaliar a memória de reconhecimento em roedores a partir do comportamento exploratório. Após a fase de treino ou familiarização, na qual o animal explora objetos idênticos no ambiente experimental por um período determinado, ocorre um intervalo de retenção variável, definido conforme o objetivo do estudo. Em seguida, na fase de teste, um dos objetos previamente apresentados é mantido (objeto familiar) enquanto o outro é substituído por um objeto novo. A maior exploração do objeto novo é interpretada como evidência de reconhecimento do objeto previamente experienciado, sendo utilizada como indicador de memória de reconhecimento. Os tempos de exploração e intervalos entre sessões devem ser sinalizados na metodologia, conforme o protocolo experimental adotado.

Fonte: Elaborado por ESS com auxílio da inteligência artificial Gemini (2026).

familiarização, durante a qual são expostos a um objeto por um período que pode variar conforme o protocolo adotado. Alguns estudos utilizam tempos fixos de exposição, frequentemente entre 5 e 20 minutos, enquanto outros estabelecem critérios baseados em um tempo mínimo de exploração do objeto, avançando para a etapa seguinte apenas quando esse critério é atingido (25). Após um intervalo de retenção, que pode variar conforme o protocolo e os objetivos do estudo, permitindo a avaliação da memória de curto e longo prazos, os animais retornam ao aparato experimental, onde encontram dois objetos: um já familiar e outro novo. A preferência pela exploração do objeto novo

é interpretada como evidência de reconhecimento e de memória em relação ao objeto previamente apresentado.

Para garantir a validade dos resultados, o procedimento exige cuidados metodológicos, como o contrabalanço da posição dos objetos e do lado do aparato em que são apresentados, além do controle de variáveis ambientais. Durante a fase de teste, registra-se o tempo de interação dos animais com cada objeto, possibilitando o cálculo de índices como o de discriminação, que reflete a preferência pelo objeto novo. O protocolo também recomenda a utilização de gravações, permitindo análises posteriores, conduzidas de forma cega, mais precisas



e minimizando vieses de observação. Além disso, a inclusão de grupos controle (Naive ou Sham) com desempenho cognitivo claramente estabelecido é fundamental para garantir comparações robustas e a correta interpretação dos efeitos experimentais. Adicionalmente, a integração de sistemas de filmagens com softwares de análise comportamental, especialmente voltados à quantificação da atividade locomotora, é essencial para avaliação acurada do desempenho dos animais. Tal abordagem permite identificar variações locomotoras que podem influenciar a interpretação dos resultados cognitivos, reforçando a necessidade de medidas objetivas de locomoção concomitantemente aos testes de memória.

Teste de Localização de Objetos (OLT)

Outro teste amplamente empregado para a avaliação da memória de reconhecimento é o OLT (Figura 3), que também investiga o componente espacial da memória, relacionado à capacidade de identificar a posição de estímulos no ambiente após a fase de aclimatação dos animais à arena, dois objetos idênticos são posicionados em locais fixos, permitindo que o camundongo os explore por um período determinado, geralmente de cerca de 10 minutos. Em seguida, o animal é retirado da arena, e é realizado um intervalo de retenção (ITI), cujo tempo pode variar de minutos a horas, conforme os objetivos do estudo (26).

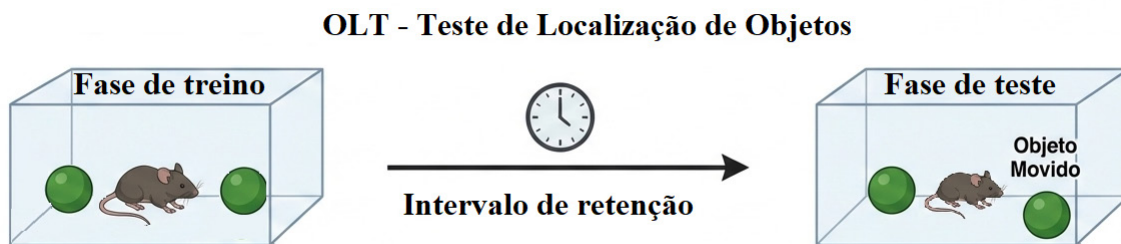


Figura 3 - Teste de Localização de Objetos (OLT). O esquema ilustra as principais etapas do OLT, utilizado para avaliar a memória de reconhecimento espacial em roedores. Na fase de treino, o animal é colocado na arena contendo dois objetos idênticos posicionados em locais fixos, permitindo a exploração do ambiente. Após um intervalo de retenção, que pode variar conforme o protocolo experimental, realiza-se a fase de teste, na qual um dos objetos é deslocado para uma nova posição enquanto o outro permanece no local original. A maior exploração do objeto deslocado é interpretada como evidência de reconhecimento da mudança espacial, indicando a preservação da memória espacial. Fonte: Elaborado por ESS com auxílio da inteligência artificial Gemini (2026).



Após esse intervalo, o camundongo é recolocado na arena, na qual um dos objetos foi deslocado para uma nova posição, enquanto o outro permanece no local original. A exploração do objeto deslocado é registrada, uma vez que a preferência pela investigação do objeto na nova localização sugere que o animal se recorda da localização anterior dos objetos. Os comportamentos são capturados em vídeo e posteriormente analisados, sendo mensurado o tempo de exploração dedicado a cada objeto.

Uma maior duração de interação com o objeto deslocado indica reconhecimento da mudança espacial e preservação da memória de localização. Os resultados podem ser expressos em termos da porcentagem do tempo de exploração destinada ao objeto deslocado em relação ao tempo total de exploração. Eles podem também ser comparados ao nível de chance (*one-sample t-test vs. 50%*), sendo valores significativamente superiores indicativos de memória preservada, ou por um índice de discriminação. O índice de discriminação (DI) é calculado pela razão entre a diferença do tempo de exploração entre os estímulos e o tempo total de exploração, conforme a equação $DI = (T_n - T_f) / (T_n + T_f)$, em que T_n representa o tempo de exploração do objeto novo ou do objeto na nova localização e T_f o tempo despendido no objeto familiar ou no objeto na localização familiar. Valores positivos de

DI indicam uma preferência pelo estímulo novo, sugerindo a preservação da memória em relação ao estímulo familiar. Por outro lado, um índice próximo a zero reflete uma exploração equivalente entre ambos os estímulos, evidenciando ausência de preferência ou discriminação (26).

Teste de Reconhecimento de Ordem Temporal (TOR)

Além disso, existe um terceiro teste utilizado para avaliar o componente temporal da memória de reconhecimento. Os camundongos são capazes de reconhecer a recência dos objetos explorados. Essa dimensão da memória de reconhecimento pode, portanto, ser investigada por meio do TOR (27).

No protocolo padrão do TOR (Figura 4), os experimentos seguem várias fases de exposição e teste. Inicialmente, os camundongos são expostos a um conjunto de dois objetos idênticos por 5 a 10 minutos, seguido de um intervalo de aproximadamente uma hora. Em seguida, ocorre uma segunda fase, na qual os animais são apresentados a um novo conjunto de dois objetos idênticos por mais 5 a 10 minutos. Os objetos da segunda fase diferem dos da primeira fase em cor, textura, formato e tamanho, garantindo que cada fase contenha pares distintos, mas internamente idênticos.

Após uma nova etapa de 50 minutos a uma hora, os camundongos passam para a



TOR - Teste de Reconhecimento de Ordem Temporal

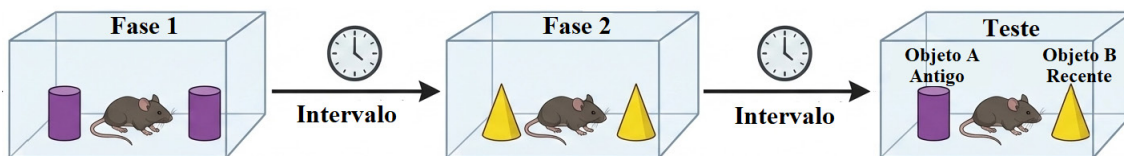


Figura 4 - Protocolo do Teste de Reconhecimento de Ordem Temporal (TOR). O esquema detalha as etapas consecutivas para avaliar a memória de reconhecimento de recência em roedores. Na Fase 1, o animal explora dois objetos idênticos por um intervalo de tempo determinado, seguido de um intervalo de retenção. Na Fase 2, é apresentado um novo par de objetos idênticos para serem explorados pelo mesmo tempo, porém diferentes dos anteriores. Após outro intervalo de retenção, ocorre a fase de Teste, onde o camundongo é exposto simultaneamente a um objeto "Antigo" (proveniente da Fase 1) e a um objeto "Recente" (proveniente da Fase 2). O registro da preferência de exploração pelo objeto mais antigo constitui o índice de discriminação da memória temporal. Os tempos de exploração e intervalos entre sessões devem ser sinalizados na metodologia, conforme o protocolo experimental adotado.

Fonte: Elaborado por ESS com auxílio da inteligência artificial Gemini (2026).

fase de teste, na qual têm acesso simultâneo a um objeto da primeira fase (objeto antigo) e a um objeto da segunda fase de amostra (objeto recente) por 5 a 10 minutos. Durante essa fase, é analisado o comportamento dos animais, medindo-se o tempo gasto na exploração de cada objeto.

A preferência pelo objeto antigo é quantificada por meio de um índice de discriminação, calculado dividindo o tempo de exploração do objeto antigo pelo tempo total de exploração de ambos os objetos. Um tempo de exploração significativamente maior do objeto antigo indica que a memória de reconhecimento de ordem temporal do camundongo está preservada, eviden-

ciando sua capacidade de diferenciar objetos antigos de recentes.

MÉTODOS DE ANÁLISE DA MEMÓRIA DE RECONHECIMENTO HUMANA

Teste de Aprendizagem Auditivo-Verbal de Rey (RAVLT)

O RAVLT, um instrumento neuropsicológico amplamente utilizado para a avaliação da memória episódica verbal, pode ser aplicado em pessoas com faixa etária entre 6 e 92 anos, sendo especialmente eficaz na distinção entre o envelhecimento cognitivo normal e síndromes demenciais, como a DA.

O protocolo de aplicação do RAVLT segue uma sequência de etapas cuidadosamente estruturadas (Figura 5). Inicialmente, uma lista de 15 palavras (Lista A) é lida em voz alta ao participante por cinco vezes consecutivas. Após cada leitura, o sujeito deve evocar o maior número possível de palavras, o que permite avaliar a curva de aprendizagem e a aquisição de novas informações (28,29).

Na etapa seguinte, uma lista de interferência, composta por 15 palavras (Lista B), é

apresentada e lida para o participante. Imediatamente após, o indivíduo deve recordar as palavras da Lista A novamente, possibilitando a avaliação da interferência negativa e da memória de curto prazo. Decorrido um intervalo de 20 a 40 minutos, aplica-se o teste de evocação tardia, destinado a mensurar a retenção da memória de longa duração. Por fim, o procedimento é concluído com uma prova de reconhecimento, na qual o sujeito deve identificar as palavras originais

Fluxograma do Teste RAVLT (Aprendizagem Auditivo-Verbal de Rey)

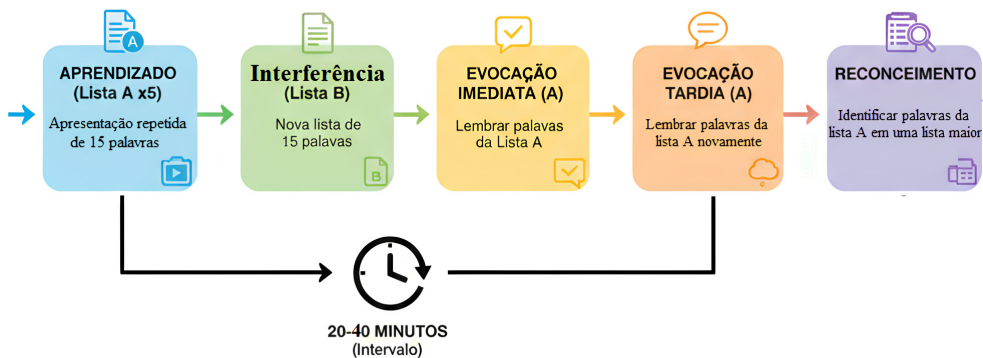


Figura 5 - Fluxograma de aplicação do teste de aprendizagem auditivo-verbal de Rey (RAVLT). O diagrama ilustra o protocolo sequencial utilizado para avaliar diferentes componentes da memória episódica verbal. Inicialmente, ocorre a fase de Aprendizado através da apresentação repetida (cinco vezes) da Lista A. Em seguida, introduz-se uma lista de interferência (Lista B). Imediatamente após, realiza-se a Evocação Imediata da Lista A para avaliar a interferência e a memória de curto prazo. Após um intervalo de retenção de 20-40 minutos, é executada a evocação tardia da lista A para mensurar a retenção de longo prazo, finalizando o procedimento com a prova de Reconhecimento, onde as palavras originais da Lista A devem ser identificadas em uma lista maior contendo distratores.

Fonte: Elaborado por ESS com auxílio da inteligência artificial Gemini (2026).



da Lista A em uma lista mista que também inclui palavras da Lista B e outros distratores. Cabe notar, entretanto, que a prova de reconhecimento não constitui uma etapa obrigatória em todos os protocolos de aplicação do RAVLT. Por essa razão, embora o teste forneça dados de reconhecimento, ele é primariamente validado como instrumento de memória episódica verbal baseado em evocação.

Teste da Figura Complexa de Rey (ROCF)

O ROCF é um instrumento fundamental de avaliação neuropsicológica empregado para investigar as habilidades visuo-espaciais de construção e a memória não verbal. Ele pode ser aplicado em pessoas com faixa etária entre 4 e 88 anos (30,31). Sua administração é padronizada e conduzida em um ambiente silencioso, buscando garantir a

Exemplo da Figura Complexa de Rey

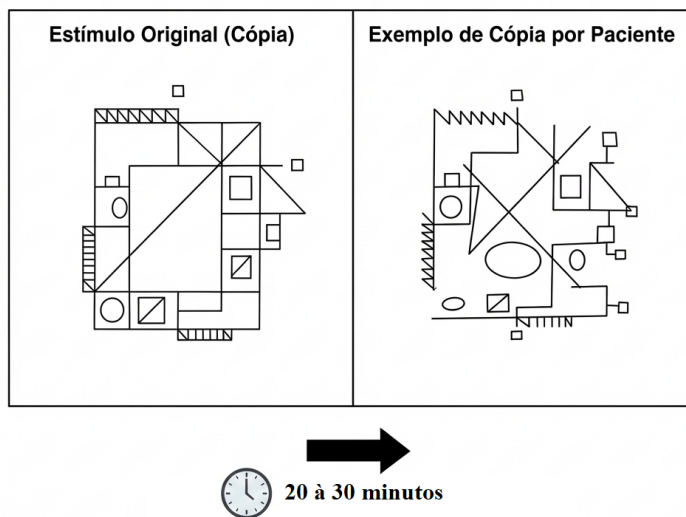


Figura 6 - Exemplo de aplicação do teste da figura complexa de Rey (ROCF). A imagem apresenta o estímulo original utilizado para a tarefa de cópia em comparação com a reprodução executada por um paciente com déficit cognitivo. O teste avalia habilidades visuoespaciais, planejamento e memória não verbal por meio da análise quantitativa e qualitativa das estratégias de organização e precisão dos elementos. A distorção observada no exemplo do paciente ilustra falhas na percepção visual e na capacidade construtiva, fundamentais para o diagnóstico diferencial em neuropsicologia. Obs: a imagem é uma releitura da versão original, que possui direitos autorais protegidos ((Rey, André. 1942. *L'Examen psychologique dans le Cas d'encéphalopathie Traumatique*. *Arch. de Psychologie*, 112, XXVIII)).
Fonte: Elaborado por ESS com auxílio da inteligência artificial Gemini (2026).



atenção plena do participante. O procedimento é dividido em três fases principais: a cópia, a memória imediata (curto prazo) e a memória tardia (diferida) (Figura 6).

Inicialmente, na fase de cópia, o indivíduo recebe uma reprodução impressa da figura e é instruído a reproduzi-la exatamente. Essa etapa avalia primariamente as habilidades de planejamento, organização perceptiva e construtiva. Embora o tempo não seja limitado, ele é registrado. Um detalhe metodológico importante, citado na literatura, é o uso de lápis de cores diferentes durante a cópia, o que permite ao examinador observar e analisar a estratégia de organização utilizada pelo indivíduo (30).

Após a cópia, e sem aviso prévio, inicia-se a avaliação da memória. A primeira parte é a memória imediata, realizada após um breve intervalo (menciona-se um intervalo de três minutos, no qual se dialoga informalmente para evitar a visualização da figura original), solicitando-se ao participante que reproduza a figura de memória. Por fim, a memória tardia é avaliada após um intervalo maior (variando entre 20 e 30 minutos), reforçando a necessidade do participante reproduzir a figura novamente sem o apoio visual, o que permite analisar a capacidade de armazenamento e recuperação das informações visuoespaciais ao longo do tempo.

A análise do desempenho pode ser quantitativa e qualitativa. A análise qua-

litativa é crucial, fornecendo informações sobre a estratégia de organização utilizada e os tipos de erros cometidos (30). Já a análise quantitativa emprega a escala de pontuação de Osterrieth, que avalia cada um dos 18 elementos da figura quanto à sua localização e forma, atribuindo pontos que variam de zero a dois, totalizando um máximo de 36 pontos (31,32). A uniformidade na administração do teste garante a confiabilidade dos dados e facilita a comparação dos resultados entre diferentes indivíduos e estudos.

Teste de Memória de Reconhecimento (RMT)

O RMT avalia a capacidade de reconhecimento de estímulos visuais e lexicais, ou seja, a memória de reconhecimento de figuras e palavras apresentadas anteriormente, podendo ser aplicado em pessoas com faixa etária entre 17 e 53 anos. Ele mede a habilidade do indivíduo em identificar e diferenciar estímulos que já foram expostos durante a fase de memorização, incluindo a capacidade de reconhecer esses estímulos tanto na sua forma original quanto em formas similares ou distintas (33).

Essa avaliação está relacionada à memória declarativa, especificamente ao reconhecimento, um dos processos fundamentais na memória de longo prazo, que envolve a recuperação de informações previamente ar-



mazenadas. O RMT também permite verificar o funcionamento de processos cognitivos como atenção, discriminação e memória visual-verbal, além de ser útil para identificar possíveis déficits de memória associados a condições neurológicas, neurodegenerativas, transtornos cognitivos ou envelhecimento.

Segundo os mesmos autores, na aplicação do RMT, o examinador apresenta ao participante uma folha de resposta, instruindo-o a mantê-la virada, sem realizar qualquer anotação ou marcação até o momento oportuno. Em seguida, projeta-se na tela um cartão contendo múltiplos estímulos, distribuídos entre figuras e palavras, sendo que o participante dispõe de um minuto para observá-los cuidadosamente e tentar memorizá-los ao máximo. Durante esse período, é fundamental que o participante concentre sua atenção nos estímulos, reconhecendo os detalhes visuais ou lexicais que possam contribuir para uma futura lembrança. Após esse período de memorização, realiza-se uma fase de reforço, na qual estímulos adicionais são apresentados em um cartão exemplo por vinte segundos, com o objetivo de auxiliar na fixação e atenção do participante aos estímulos típicos do teste. Essa etapa serve como uma preparação rápida, permitindo a consolidação da memorização e a familiarização com o formato dos estímulos.

Na fase subsequente, ocorre a resposta propriamente dita, na qual o participante

dispõe de um minuto adicional para marcar na folha de resposta, com um "X", todos os estímulos que recordar. Destaca-se que os estímulos podem aparecer na folha de resposta tanto como figuras quanto como palavras, independentemente de sua apresentação inicial no cartão de estímulos. Assim, um estímulo inicialmente apresentado como figura deve ser marcado como figura ou palavra na folha de respostas, assim como um estímulo inicialmente mostrado como palavra pode ser reconhecido na forma de figura ou palavra. Caso o participante reconheça um estímulo, mas com alguma dúvida, pode marcar um círculo ao redor da figura ou palavra correspondente, indicando uma resposta de reconhecimento de menor confiança.

Durante toda a aplicação, o procedimento assegura que o critério de reconhecimento seja avaliado tanto na forma visual quanto na verbal, permitindo uma análise mais abrangente dos processos de memória de reconhecimento. Além disso, o tempo de apresentação dos estímulos e de resposta é rigidamente controlado para promover a padronização, elemento fundamental na comparação dos resultados entre diferentes sujeitos ou grupos. Essa metodologia também contempla a possibilidade de que estímulos possam ser reconhecidos de formas diversas, incluindo o reconhecimento de uma figura como palavra ou vice-versa, refletindo a complexidade do processamento de



memória avaliado. Dessa forma, a aplicação do RMT é conduzida de modo sistemático, garantindo a obtenção de dados confiáveis e pertinentes para a análise neuropsicológica do reconhecimento de estímulos visuais e lexicais, atendendo às propostas de procedimentos padronizados estabelecidos pela norma técnica adotada na pesquisa.

Comparação dos Limites e Expectativas dos Métodos de Avaliação da Memória de Reconhecimento

Os instrumentos neuropsicológicos voltados à avaliação da memória apresentam vantagens complementares e limitações específicas, variando conforme o tipo de habilidade cognitiva que se propõem a investigar.

O RAVLT, destaca-se pela sua abrangência na avaliação da memória episódica verbal, sendo eficaz para diferenciar entre o envelhecimento cognitivo normal e patológico, especialmente em casos iniciais de DA (28). Sua facilidade de aplicação, adaptação à população brasileira e utilidade no diagnóstico diferencial de diversas demências reforçam seu valor clínico. Em contrapartida, o teste é suscetível à influência de variáveis sociodemográficas, como idade e escolaridade, e requer interpretação técnica especializada, uma vez que o desempenho pode ser afetado por fatores como comorbidades psiquiátricas

(ansiedade, transtorno de déficit de atenção e hiperatividade (TDAH) e depressão) ou nível de inteligência, o que demanda cautela na análise dos resultados. Dessa forma, a fim de não comprometer a interpretação dos dados, faz-se necessária a realização concomitante de questionários validados para avaliar tais pontos junto aos testes clínicos que avaliam a memória, garantindo maior precisão ao perfil neuropsicológico traçado.

De modo semelhante, o ROCF, apresenta uma avaliação ampla e integrada de processos cognitivos que envolvem percepção visual, organização visuoespacial, planejamento e memória não verbal (34). O instrumento é valorizado por sua validade psicométrica, boa confiabilidade teste-reteste e baixo custo, sendo amplamente utilizado tanto em contextos clínicos quanto em pesquisas. Além disso, mostra-se sensível a lesões cerebrais específicas, principalmente em regiões temporais e no hemisfério direito, o que amplia sua aplicabilidade diagnóstica. Contudo, o ROCF apresenta dependência de habilidades visuoespaciais e motoras, o que pode prejudicar indivíduos com déficits nessas áreas. Também é influenciado por fatores externos, como idade e escolaridade, e demanda avaliação qualificada para garantir precisão na interpretação dos escores.

Por sua vez, o RMT, oferece uma abordagem mais específica, voltada à mensuração



direta da memória de reconhecimento (33). O instrumento demonstra validade desenvolvimental, sendo sensível às alterações cognitivas associadas à idade, e apresenta boa consistência interna, o que o torna adequado para estudos comparativos entre diferentes faixas etárias. Sua simplicidade e rapidez de aplicação também favorecem o uso em contextos clínicos e de pesquisa. Entretanto, o RMT limita-se a um único componente da memória, o que restringe sua capacidade de oferecer uma visão mais global do funcionamento cognitivo. Além disso, mostra sensibilidade a fatores externos como atenção e motivação e requer validação adicional em diferentes populações, incluindo crianças e adolescentes, para ampliar sua aplicabilidade e precisão diagnóstica. Outro fator limitante reside no fato de que indivíduos com elevada reserva cognitiva podem atingir o efeito teto durante a execução do teste, mascarando possíveis declínios iniciais.

De forma integrada, observa-se que os três instrumentos apresentam elevada relevância científica e clínica, mas com focos distintos: enquanto o RAVLT se destaca na avaliação da memória verbal e na detecção de demências, o ROCF enfatiza aspectos visuoespaciais e de memória não verbal, e o RMT concentra-se na memória de reconhecimento, com maior sensibilidade ao efeito da idade. As limitações apontadas pelos autores convergem quanto à influência de

fatores externos (como escolaridade, idade e atenção) e à necessidade de avaliadores experientes para assegurar interpretações válidas.

Além dessas restrições inerentes ao uso de cada instrumento, é importante considerar que, conforme a Resolução nº 31, de 15 de dezembro de 2022, do Conselho Federal de Psicologia (CFP), os testes de avaliação psicológica possuem validade máxima de até 15 anos sem reavaliação, devendo passar por processos periódicos de atualização para manter sua aprovação, fidedignidade, precisão psicométrica e aplicabilidade clínica, assegurando seu uso profissional. Esse procedimento é essencial para que os instrumentos reflitam adequadamente as mudanças na população, nos contextos culturais e nas práticas profissionais, garantindo avaliações consistentes e éticas.

Durante esse período de atualização, o teste pode permanecer indisponível para aplicação, o que representa uma limitação prática para profissionais e pesquisadores que dependem desses instrumentos. Essa exigência, embora garanta a qualidade técnica e científica dos testes, também impõe restrições temporárias ao uso e exige constante atualização dos profissionais sobre a situação normativa de cada instrumento (35). Dessa forma, o uso articulado e criterioso desses instrumentos, aliado à observância das normas éticas e regulatórias vigentes, permite uma avaliação neuropsicológica mais precisa



e abrangente, contribuindo para o avanço das pesquisas e para o aprimoramento das práticas clínicas voltadas à compreensão dos diferentes componentes da memória humana.

Na avaliação da memória em modelo experimental, os testes de memória de reconhecimento em roedores, especialmente o OLT e o TOR, têm sido amplamente utilizados na investigação dos mecanismos cognitivos e neurobiológicos relacionados à memória episódica. Uma das principais vantagens desses protocolos é a simplicidade metodológica, que dispensa o uso de equipamentos sofisticados e reduz a necessidade de estímulos aversivos, tornando o procedimento menos estressante para os animais e de fácil replicação em diferentes contextos experimentais. Além disso, o OLT permite uma avaliação rápida da memória espacial dependente do hipocampo, com protocolos de curta duração e alta reprodutibilidade entre laboratórios (26).

O teste de reconhecimento de objetos se diferencia por ser não invasivo e causar baixo estresse, o que permite avaliações repetidas ao longo do tempo, permitindo a observação natural do comportamento exploratório e possibilitando a análise de múltiplos aspectos da cognição, como parâmetros de locomoção e exploração. A versatilidade do método, que pode ser adaptado a diferentes espécies, linhagens e manipu-

lações experimentais, constitui outro ponto favorável, ampliando sua aplicabilidade em estudos farmacológicos, neuroanatômicos e genéticos, mas também na investigação de mecanismos fisiológicos e bioquímicos intrínsecos aos processos da memória. Além disso, também é uma ferramenta eficiente e de rápida execução, o que o torna vantajoso em protocolos com mais de dois grupos experimentais (24).

Os testes espontâneos de reconhecimento, incluindo os paradigmas do NORT, OLT e TOR apresentam elevada relevância etológica por se basearem na preferência natural dos animais pela novidade. Essa característica favorece a validade ecológica e a aplicabilidade em modelos de distúrbios neurodesenvolvimentais, neurodegenerativos e psiquiátricos. Além disso, tais testes permitem a avaliação integrada de múltiplos componentes da memória episódica o “o quê”, “onde” e “quando”, oferecendo uma visão multifacetada do desempenho cognitivo (27).

Entretanto, algumas limitações merecem destaque. O OLT não avalia diretamente o processo de aquisição de memória, restringindo-se à mensuração da preferência por objetos movidos, o que pode ser afetado por fatores como exploração basal e interesse individual dos animais (26). Da mesma forma, o desempenho nos testes pode ser influenciado por variáveis não cognitivas,



como ansiedade, atividade motora ou familiaridade com o ambiente, exigindo controle rigoroso das condições experimentais e contrabalanço dos estímulos para garantir validade interna (24).

Embora os testes espontâneos de reconhecimento sejam amplamente utilizados, eles apresentam desafios metodológicos associados ao estresse animal, à inconsistência circadiana e ao efeito do experimentador, fatores que podem interferir na fidedignidade dos resultados. Além disso, a baixa quantidade de ensaios e a natureza espontânea do comportamento tornam os dados suscetíveis à alta variância. Por fim, o design experimental desses testes, embora amplamente padronizados, ainda carece de validade ecológica plena, uma vez que os ambientes artificiais não reproduzem adequadamente as condições naturais de interação e memória dos animais (27).

Em síntese, os protocolos de reconhecimento de objetos, localização de objetos e ordem temporal configuram ferramentas valiosas para o estudo da memória em modelos animais, por avaliarem simplicidade, relevância comportamental e versatilidade experimental. Contudo, a interpretação dos resultados requer cautela e controle metodológico rigoroso, a fim de minimizar vieses e assegurar validade ecológica e reprodutibilidade dos achados. É fundamental que essa consideração seja igualmente enfatizada em

paralelo aos testes clínicos, uma vez que tais princípios de rigor e controle são pilares indispensáveis tanto nas ciências básicas quanto nas ciências médicas, garantindo que as interferências sobre a questão mnemônica sejam robustas em ambos os níveis de análise (Figura 7).

DESAFIOS TRANSLACIONAIS NA PESQUISA NEUROCOGNITIVA EM DOENÇAS INFECCIOSAS

O uso de modelos animais continua sendo um pilar essencial da pesquisa biomédica, representando um elo indispensável entre a investigação básica e a aplicação clínica. Diversos autores ressaltam que os animais de laboratório, especialmente os camundongos (*Mus musculus*), desempenham papel central nesse processo, permitindo a compreensão de mecanismos fisiológicos e patológicos que seriam eticamente inviáveis de investigar em seres humanos (36-38).

A relevância dos modelos animais é evidenciada pelo fato de que grande parte das descobertas contempladas com o Prêmio Nobel de Fisiologia ou Medicina envolveu diretamente a experimentação animal (36). Um exemplo emblemático ocorreu em 2007, quando Mario Capecchi, Martin Evans e Oliver Smithies foram laureados por estabelecerem os princípios que possibilitaram a introdução de modificações ge-

Avaliação da Memória de Reconhecimento: Perspectiva Translacional

HUMANOS			MURINOS		
RAVLT (Teste de Aprendizagem Auditivo-Verbal de Rey)	TFCR (Teste de Figuras Complexas de Rey)	TEM-R (Teste de Memória de Reconhecimento)	ORT (Object Recognition Test)	OLT (Object Location Test)	TOR (Temporal Order Recognition)
O que avalia: Memória verbal, retenção e aprendizagem ao longo de ensaios.	O que avalia: Memória visual episódica e habilidades visoespaciais.	O que avalia: Reconhecimento lexical e memória de curto prazo.	O que avalia: Preferência pela novidade e memória de reconhecimento de objetos.	O que avalia: Memória espacial e reconhecimento de mudança de contexto.	O que avalia: Memória de recência, tempo e ordem cronológica de eventos.
Vantagens: <ul style="list-style-type: none"> Eficaz na detecção precoce de Alzheimer; permite diferenciar déficits de codificação de déficits de evocação; possui formas paralelas para evitar o efeito de aprendizagem em retestes. 	Vantagens: <ul style="list-style-type: none"> Baixo custo de aplicação; avalia simultaneamente funções executivas (organização e planejamento). 	Vantagens: <ul style="list-style-type: none"> Aplicação rápida; alta sensibilidade para estágios iniciais de Declínio Cognitivo Leve (DCL). 	Vantagens: <ul style="list-style-type: none"> Método não invasivo baseado no comportamento inato (curiosidade); dispensa reforços (comida) ou punições (choque), caracterizando um menor potencial estressor ao animal. 	Vantagens: <ul style="list-style-type: none"> Simplicidade de execução; excelente para avaliar especificamente a integridade funcional do hipocampo dorsal. 	Vantagens: <ul style="list-style-type: none"> Avalia processos de memória complexa; útil para estudos sobre envelhecimento cognitivo e integração temporal.
Limitações: <ul style="list-style-type: none"> Fortemente influenciado pelo nível de escolaridade, vocabulário prévio e fatores culturais do paciente. 	Limitações: <ul style="list-style-type: none"> Depende da integridade da habilidade motora fina; dificuldade em distinguir se a falha é perceptiva ou de memória. 	Limitações: <ul style="list-style-type: none"> Foco restrito (lexical); pode apresentar "efeito teto" em indivíduos com alta reserva cognitiva. 	Limitações: <ul style="list-style-type: none"> Extremamente sensível a níveis de ansiedade, ruídos ambientais e manipulação prévia pelo experimentador. 	Limitações: <ul style="list-style-type: none"> Alta variabilidade nos resultados; requer controle rigoroso de pistas extra-labirinto (objetos externos) para não confundir o animal. 	Limitações: <ul style="list-style-type: none"> Influenciado pelo ciclo circadiano do animal; requer sessões extensas de habituação para evitar a neofobia (medo do novo).

Figura 7 - Comparativo da avaliação da memória de reconhecimento em perspectiva translacional e variáveis intervenientes. O infográfico estabelece um paralelo entre os instrumentos neuropsicológicos aplicados em humanos e os protocolos experimentais utilizados em modelos murinos. Na coluna da esquerda, destacam-se testes como o RAVLT, ROCF e RMT, focados em memória verbal, visoespacial e reconhecimento lexical, respectivamente, ressaltando a influência da escolaridade e idade, bem como de comorbidades psiquiátricas (ansiedade, depressão, TDAH), como limitações que podem enviesar a interpretação clínica. Na coluna da direita, apresentam-se os testes ORT, OLT e TOR, que avaliam a memória de objetos, espacial e temporal com base na preferência inata pela novidade, evidenciando variáveis intervenientes como ansiedade e ciclos circadianos e, fundamentalmente, a atividade motora, que exige monitoramento via softwares de rastreamento para não mascarar os resultados cognitivos. Dentre as vantagens do modelo experimental, destaca-se a viabilidade de retestagem, o que viabiliza a implementação de delineamentos longitudinais e permite acompanhar a evolução dos processos mnemônicos ao longo do tempo na mesma amostra. O quadro sintetiza que a validade da translação de dados entre a prática clínica e a pesquisa básica depende de um rigor metodológico equivalente: enquanto em humanos controla-se o perfil psiquiátrico, nos modelos murinos é indispensável a inclusão de grupos controle (Naive ou Sham) e a quantificação da locomoção para garantir a fidedignidade dos achados.

Fonte: Elaborado por ESS com auxílio da inteligência artificial Gemini (2026).

néticas específicas em ratos por meio do uso de células-tronco embrionárias (39). Outro exemplo seriam os laureados com o Prêmio Nobel de Fisiologia ou Medicina em 1996

Rolf Zinkernagel & Peter Doherty pela descoberta da especificidade da resposta imunitária mediada por células, fundamentada no princípio da restrição pelo complexo prin-



principal de histocompatibilidade (40). Nesse contexto, os camundongos consolidaram-se como o vertebrado de escolha em pesquisas biomédicas devido a sua proximidade fisiológica, celular e molecular com a espécie humana, aliada à viabilidade econômica, com custos de manutenção inferiores aos de primatas não humanos, e à facilidade de manipulação genética e farmacológica, relevante para a investigação mecanística de diferentes intervenções ampliando a interpretação dos resultados, permitindo a triagem de novos compostos e a identificação de alvos terapêuticos para nortear o desenvolvimento de futuras estratégias terapêuticas e diagnósticas em humanos (41). Os camundongos possuem um genoma amplamente conhecido e manipulável, o que possibilita a criação de linhagens transgênicas e *knockout*, ferramentas fundamentais para o estudo de doenças específicas e para o desenvolvimento de terapias inovadoras (37).

Do ponto de vista experimental, o modelo murino oferece grande versatilidade e robustez científica, sendo amplamente utilizado em investigações sobre imunologia, neurociência, oncologia e doenças infecciosas. Além disso, o uso de animais geneticamente e sanitariamente definidos aumenta a precisão dos resultados e reduz a variabilidade experimental, o que contribui para uma maior reprodutibilidade dos achados. Além disso, o pequeno porte, o ciclo reprodutivo

rápido e a alta taxa de sobrevivência tornam o camundongo um modelo eficiente para estudos longitudinais e multigeracionais (38).

Entretanto, também há limitações significativas associadas ao uso do modelo murino. Embora o uso do camundongo seja amplamente aceito para o estudo de diversas patologias como a asma, por exemplo, as diferenças entre as respostas inflamatórias e fisiológicas murinas e humanas dificultam a extrapolação direta dos resultados (36). Perlman denomina esse fenômeno de desafio translacional, enfatizando que, evidentemente, os processos biológicos observados em camundongos nem sempre representam a complexidade do organismo humano, o que pode gerar discrepâncias entre resultados pré-clínicos e efeitos clínicos reais (37). Nessa perspectiva, para mitigar as limitações do desafio translacional apontado por Perlman, Belzung e Lemoine propõem uma taxonomia de validade que transcende a simples observação comportamental (37,42). Os autores argumentam que a robustez de um modelo animal de transtorno afetivo deve ser sustentada pela validade mecanística, que exige que os processos biológicos ou cognitivos subjacentes sejam homólogos entre as espécies. Ao integrar o modelo de diátese-estresse, essa abordagem sugere que a translação se torna mais fidedigna quando o protocolo experimental mimetiza não apenas o estado patológico final, mas tam-



bém a interação entre a vulnerabilidade ontogênica e os fatores desencadeantes na fase adulta. Assim, a complexidade do organismo humano é endereçada por meio de uma convergência de critérios, incluindo as validades homológica, patogênica e de biomarcadores, que buscam alinhar os achados de bancada com a realidade clínica de forma mais sistemática.

Ainda assim, é importante considerar, conforme Izquierdo, que os sistemas neurais dos mamíferos apresentam grande semelhança estrutural, uma vez que o homem, o rato e o camundongo possuem lobos cerebrais, o que permite inferências sensatas e fundamentadas a partir de achados experimentais em modelos animais (17, p.7). Essa similaridade neuroanatômica sustenta o uso dos camundongos como ferramentas translacionais relevantes para a compreensão de processos cognitivos e comportamentais aplicáveis ao ser humano.

Outro ponto de convergência entre os autores é a dimensão ética da pesquisa com animais. Seelig defende que os modelos experimentais devem ser utilizados com respeito e responsabilidade moral, guiados pelo Princípio dos Três Rs (*Replacement, Reduction e Refinement*), que orienta a substituição sempre que possível, a redução do número de animais e o aprimoramento dos procedimentos para minimizar o sofrimento (38). Essa perspectiva reforça que, embora o mo-

delo murino continue sendo indispensável para o avanço do conhecimento biomédico, sua utilização deve estar fundamentada em rigor metodológico, ética e cautela interpretativa.

Em síntese, o modelo murino representa um instrumento científico de alta relevância, pela sua capacidade de simular aspectos fundamentais da biologia humana e pela contribuição direta ao desenvolvimento de novos tratamentos e vacinas. Contudo, os desafios translacionais decorrentes das diferenças interespecies impõem a necessidade de abordagens complementares, como o uso de culturas celulares humanas, organóides e modelagens computacionais, para aprimorar a aplicabilidade dos resultados em humanos (17,36-38). Assim, o equilíbrio entre viabilidade científica e responsabilidade ética constitui o eixo central para o uso adequado e sustentável dos modelos murinos na pesquisa biomédica contemporânea.

CONCLUSÕES

A memória de reconhecimento constitui um domínio fundamental para a compreensão dos processos cognitivos e sua aplicação em contextos clínicos e experimentais pode ser de grande valia. A análise comparativa entre métodos utilizados em humanos e modelos murinos evidencia que, enquanto os testes neuropsicológicos oferecem maior



relevância clínica e sensibilidade diagnóstica, os paradigmas experimentais se destacam pela versatilidade e pelo potencial de investigação dos mecanismos neurobiológicos subjacentes. Apesar das contribuições de ambos os modelos, limitações metodológicas e o desafio translacional ainda restringem a extrapolação direta dos achados experimentais para a prática clínica. Nesse sentido, a integração entre abordagens pré-clínicas e clínicas, aliada ao rigor metodológico e à constante atualização dos instrumentos de avaliação, mostra-se essencial para o avanço do conhecimento na área. Assim, o desenvolvimento de estratégias que articulem diferentes níveis de análise representa um caminho promissor para aprimorar a compreensão da memória de reconhecimento e ampliar sua aplicabilidade no diagnóstico e no manejo de condições neurocognitivas.

Conflitos de Interesse

Os autores declaram não ter conflito de interesses para a redação deste artigo.

Financiamentos

ESS é bolsista do Programa de Iniciação Científica do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq, 146564/2025-1), APC é pós-doutoranda no Programa de Pós-graduação em

Psicologia Social e Técnica no Laboratório de Morfometria, Metabolismo e Doença Cardiovasculares da UERJ, GSPR é bolsista do Programa de Estágio Curricular (Fiocruz, 57/2023), BNSS é doutoranda, bolsista pelo CNPq (141192/2023-2), PRG é pós-doutoranda do CNPq (166466/2025-5) e CTDR é bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq (314.699.2012-0) e Cientista do Nosso Estado da Faperj (E-26/201.051/2022). O Laboratório de Pesquisa em Malária do Instituto Oswaldo Cruz, Fiocruz é um Laboratório Associado do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Neuroimunomodulação do CNPq (INCT-NIM/CNPq, Projeto 465489/2014-1) e da Rede de Neuroinflamação da Faperj (Redes/ Faperj, Projeto 26010.002418/2019) e recebe financiamento pela Faperj (Projeto Temáticos SEI-260003/001169/2020), CNPq (Projeto Universal 420673/2025-3) e Fiocruz (Projeto INOVA VPPIS-004-FIO-22-2-117). Os financiadores não tiveram qualquer papel na concepção ou redação do artigo.

REFERÊNCIAS

1. Kandel ER, Dudai Y, Mayford MR. The molecular and systems biology of memory. *Cell*. 2014;157:163-186. doi: 10.1016/j.cell.2014.03.001.
2. Soave MM, et al. Psicopatologias da memória. *Revista Contemporânea*. 2024;4(12):1-20. doi: 10.56083/RCV4N12-190.



3. Airaksinen E, Larsson M, Forsell Y. Neuropsychological functions in anxiety disorders in population-based samples: evidence of episodic memory dysfunction. *J Psychiatr Res.* 2005;39(3):207-214. doi: 10.1016/j.jpsychires.2004.06.001
4. Ferreira JP, et al. Alterações de memória e funções executivas em pacientes com depressão. *Psicol Saude Doencas.* 2019;20(1):114-121,
5. Emygdio NB, et al. Efeitos do transtorno de estresse pós-traumático na memória. *Psicol Cienc Prof.* 2019;39:e174817:1-13. doi: 10.1590/1982-3703003174817.
6. Wammes JD, Good TJ, Fernandes MA. Autobiographical and episodic memory deficits in mild traumatic brain injury. *Brain Cogn.* 2017;111:112-126, doi: 10.1016/j.bandc.2016.11.004. Epub 2016 Nov 22..
7. Tan S, et al. Peripheral inflammation and neurocognitive impairment: correlations, underlying mechanisms, and therapeutic implications. *Front Aging Neurosci.* 2023;15:1305790. doi: 10.3389/fnagi.2023.1305790.
8. Ramos TEP. Contribuição da avaliação neuropsicológica ao diagnóstico da doença de Alzheimer. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará; 2004.
9. Stern Y, et al. White paper: defining and investigating cognitive reserve, brain reserve, and brain maintenance. *Alzheimers Dement.* 2018;14(9):1235-1244. doi: 10.1016/j.jalz.2018.07.219.
10. Lent R, Tovar-Moll F, Szczupak D. The 'secret connections' of the brain: a connectomic reserve for neuroplasticity? *Brain.* 2026. doi: 10.1093/brain/awag082.
11. Lima IN, et al. Memory loss associated with viral infection by SARS-CoV-2: literature review. *Res Soc Dev.* 2022;11(4):e49011427609. doi: 10.33448/rsd-v11i4.27609.
12. Chagas LS, Serfaty CA. The influence of microglia on neuroplasticity and long-term cognitive sequelae in long COVID: impacts on brain development and beyond. *Int J Mol Sci.* 2024;25(7):3819. doi: 10.3390/ijms25073819.
13. Vieira LPS, et al. Cognição na malária não grave e na infecção plasmodial assintomática. *An Acad Nac Med.* 2023;194(1):10-19. doi: 10.52130/27639878-AANM2023v-194n1p10-19.
14. Rocha VL, et al. The main neurological manifestations resulting from cerebral malaria in Brazil: an integrative review. *Res Soc Dev.* 2022;11(5):e32711528334. doi: 10.33448/rsd-v11i5.28334.
15. Gazzaniga M, Heatherton T, Halpern D. *Ciência psicológica.* 5 ed. Porto Alegre: Artmed; 2018.
16. Ryan TJ, Frankland PW. Forgetting as a form of adaptive engram cell plasticity. *Nat Rev Neurosci.* 2022;23(3):173-186. doi: 10.1038/s41583-021-00548-3.
17. Izquierdo I. *Memória.* 3 ed. Porto Alegre: Artmed; 2018.
18. Tulving E. Episodic memory: from mind to brain. *Annu Rev Psychol.* 2002;53:1-25. doi: 10.1146/annurev.psych.53.100901.135114.
19. Jaeger A. *Memória de reconhecimento: modelos de processamento simples versus duplo.* *Psico-USF.* 2016;21(3):551-560. doi: 10.1590/1413-82712016210309.
20. Yonelinas AP. The nature of recollection and familiarity: a review of 30 years of research. *J Mem Lang.* 2002;46(3):441-517. doi: 10.1006/jmla.2002.2864.
21. Yonelinas AP, et al. The role of recollection, familiarity, and the hippocampus in episodic and working memory. *Neuropsychologia.* 2024;193:108777. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2023.108777.
22. Conselho Federal de Psicologia. *Neuropsicologia: ciência e profissão.* Brasília: CFP; 2023.
23. Ramos SE. Efeito da condição claro/escuro e da intensidade luminosa na aprendizagem e me-



- mória de trabalho de camundongos Swiss. Juiz de Fora: Universidade Federal de Juiz de Fora; 2011.
24. Bevins RA, Besheer J. Object recognition in rodents. *Nat Protoc.* 2006;1(3):1306-1310. doi: 10.1038/nprot.2006.228.
 25. Reichelt AC, et al. Spontaneous location recognition task in rodents. *Neuroscience.* 2021;29(2):1-15. doi: 10.1038/s41596-021-00627-w.
 26. Denninger JK, et al. Protocols for memory testing in mice. *J Vis Exp.* 2019;(113):e58593. DOI: 10.3791/58593
 27. Cruz-Sanchez A, et al. Developmental onset distinguishes three types of spontaneous recognition memory in mice. *Sci Rep.* 2020;10:10612. doi: 10.1038/s41598-020-67619-w.
 28. Cotta MF, et al. O teste de aprendizagem auditivo-verbal de Rey no diagnóstico diferencial. *Contextos Clin.* 2012;5(1):10-25. doi: 10.4013/ctc.2012.51.02.
 29. Jardim A, et al. Teste de aprendizagem auditivo-verbal de Rey: revisão da literatura. *Arch Health.* 2024;5(3):1-8. doi: 10.46919/archv5n3espec-548.
 30. Jamus DR, Mäder MJ. A figura complexa de Rey e seu papel na avaliação neuropsicológica. *J Epilepsia Neurofisiol Clin.* 2005;11(4):193-198. doi: 10.1590/S1676-26492005000400008.
 31. Mós ASC. Propriedades psicométricas da figura complexa de Rey. Coimbra: Instituto Superior Miguel Torga; 2016.
 32. Osterrieth PA. Le test de copie d'une figure complexe. *Arch Psychol.* 1944;28:1021-1034.
 33. Rueda FJM, Castro NR, Raad AJ. Efeito da idade no teste de memória de reconhecimento. *Psico.* 2011;42(2):179-186. <https://revistaseletronicas.pucrs.br/revistapsico/article/view/7377>.
 34. Oliveira M, et al. Validação do teste figura complexa de Rey na população brasileira. *Aval Psi- col.* (Porto Alegre). 2004; 3(1): 33-38, versão impressa ISSN 1677-0471, versão On-line ISSN 2175-3431.
 35. Conselho Federal de Psicologia. Resolução nº 31, de 15 de dezembro de 2022. Disponível em: <https://atosoficiais.com.br>.
 36. Damatta RA. Modelos animais na pesquisa biomédica. *Scientia Medica.* 2010;20(3):210-211, e-ISSN: 1980-6108
 37. Perlman RL. Mouse models of human disease: an evolutionary perspective. *Evol Med Public Health.* 2016;2016:170-176. doi: 10.1093/emph/eow014.
 38. Seelig VC. Questões atuais relacionadas ao uso de modelos animais. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 2007.
 39. Nobel Prize. The Nobel Prize in Physiology or Medicine 2007. Disponível em: <https://www.nobelprize.org>.
 40. Nobel Prize. The Nobel Prize in Physiology or Medicine 1996. Disponível em: <https://www.nobelprize.org>.
 41. Fitzgerald TA. Comparison of research cost: man, primate, and other animal models. *J Med Primatol.* 1983;12(3):138-145.
 42. Belzung C, Lemoine M. Criteria of validity for animal models of psychiatric disorders: focus on anxiety disorders and depression. *Biol Mood Anxiety Disord.* 2011;1:9. doi:10.1186/2045-5380-1-9.



SIMPÓSIO NA ACADEMIA NACIONAL DE MEDICINA DEBATE MUDANÇAS CLIMÁTICAS E DESAFIOS PARA A SAÚDE NO BRASIL

Realizado - 17/07/2025



MUDANÇAS CLIMÁTICAS E SAÚDE ÚNICA DESAFIOS CIENTÍFICOS E ESTRATÉGIAS DE RESPOSTA

RIO DE JANEIRO, 17 DE JULHO DE 2025

VÍDEOS:

1ª PARTE

<https://www.youtube.com/watch?v=HHMPfAKzmUQ>



2ª PARTE

https://www.youtube.com/watch?v=-3a_uAbC5pE



MUDANÇAS AMBIENTAIS E SEGURANÇA ALIMENTAR NA AMAZÔNIA: EVIDÊNCIAS A PARTIR DOS ECOSISTEMAS AQUÁTICOS

Environmental Changes and Food Security In The Amazon: Evidence from Aquatic Ecosystems

Adalberto Luis Val*¹ & Fernando Almeida-Val²

¹ ALV - ORCID: 0000-0002-3823-3868, e-mail dalval.inpa@gmail.com, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus/AM;

² FAV - ORCID: 0000-0001-9995-0249, e-mail: ffaival@gmail.com, Fundação de Medicina Tropical Dr. Heitor Vieira Dourado, Manaus/AM.

Destaques

• Mudanças climáticas ameaçam a segurança alimentar na Amazônia. • Poluição por mercúrio e microplásticos comprometem o pescado. • Biodiversidade aquática sustenta nutrição e identidade cultural. • Eventos extremos reduzem estoques e ampliam vulnerabilidades. • Integração entre ciência, políticas e saberes fortalece a resiliência.

RESUMO

A Bacia Amazônica abriga o maior sistema de água doce do planeta e sustenta uma extraordinária diversidade de peixes que constitui a principal fonte de proteína e micronutrientes

para milhões de pessoas. Em comunidades indígenas e ribeirinhas, o consumo de pescado pode ultrapassar 160 kg per capita por ano, evidenciando a profunda dependência nutricional e cultural dos ecossistemas aquáticos. Esta revisão narrativa sintetiza evidências recentes sobre como mudanças ambientais, especialmente mudanças climáticas e poluição, estão afetando a ictiofauna amazônica e, conseqüentemente, a segurança alimentar regional. Alterações hidrológicas, aumento da temperatura da água e eventos extremos de seca e cheia comprometem a fisiologia, a reprodução, o crescimento e a disponibilidade de biomassa dos peixes. Paralelamente, contaminantes como mercúrio, associado princi-

* Correspondência: Instituto Nacional de Pesquisas na Amazônia (INPA) - Av. André Araújo, 2936 – Manaus (AM).
E-mail: dalval.inpa@gmail.com

Recebido em: 15/09/2025 - Aceito para publicação em: 26/02/2026

Revisores:

Acadêmicos Marcelo Marcos Morales & Paulo Nascimento Saldiva



palmente ao garimpo ilegal de ouro, e microplásticos emergem como ameaças adicionais à saúde humana e à segurança alimentar, devido à bioacumulação e biomagnificação ao longo das cadeias tróficas. Essas pressões afetam de forma desproporcional populações indígenas, ribeirinhas e outras comunidades socialmente vulneráveis, que dependem diretamente do pescado para nutrição e subsistência. O estudo também discute estratégias de enfrentamento baseadas em monitoramento ambiental integrado, governança participativa, valorização de sistemas alimentares tradicionais e desenvolvimento de alternativas sustentáveis, como aquicultura adaptada ao contexto amazônico. Conclui-se que clima, biodiversidade e saúde constituem sistemas interdependentes, e que a proteção dos ecossistemas aquáticos amazônicos é fundamental para garantir a segurança alimentar, a equidade em saúde e a resiliência socioecológica na região.

Palavras-chave: Amazônia; Ictiofauna; Mercúrio; Mudanças climáticas; Poluição aquática; Segurança alimentar.

ABSTRACT

The Amazon Basin hosts the largest freshwater system on Earth and supports an exceptional diversity of fish species that represent the primary source of protein and essential micronutrients for millions of people. In many Indigenous and riverine communities,

annual fish consumption may exceed 160 kg per capita, highlighting the profound nutritional and cultural dependence on aquatic ecosystems. This narrative review summarizes current evidence on how environmental changes, particularly climate change and pollution, are affecting Amazonian fish populations and regional food security. Alterations in hydrological cycles, rising water temperatures, and extreme drought and flood events disrupt fish physiology, reproduction, growth, and biomass availability. At the same time, contaminants such as mercury, largely associated with illegal gold mining, and emerging pollutants like microplastics pose additional threats to human health and food safety through bioaccumulation and biomagnification along aquatic food webs. These pressures disproportionately affect Indigenous peoples, riverine communities, and other socially vulnerable populations that rely heavily on fish for nutrition and livelihoods. This review also discusses potential response strategies, including integrated environmental monitoring, participatory governance, recognition of traditional food systems, and sustainable alternatives such as locally adapted aquaculture. Overall, the evidence indicates that climate, biodiversity, and human health form tightly interconnected systems. Protecting Amazonian aquatic ecosystems is therefore essential to safeguard food security, promote health equity, and



strengthen socioecological resilience in the region.

Keywords: Amazon; Aquatic pollution; Climate change; Freshwater fish; Food security; Mercury contamination.

INTRODUÇÃO

A Bacia Amazônica abriga o maior sistema de água doce do planeta e sustenta os mais ricos hotspots de biodiversidade do mundo. Os recursos pesqueiros são centrais na dieta de milhões de pessoas em toda a região, constituindo a principal fonte de proteína e de micronutrientes essenciais para populações indígenas, ribeirinhas e urbanas. As taxas de consumo diário de peixe em comunidades amazônicas estão entre as mais elevadas já relatadas globalmente, chegando a até 169 kg per capita por ano, o que reforça o papel crítico dos ecossistemas aquáticos na segurança alimentar regional (1).

No entanto, essa forte dependência de recursos aquáticos torna as populações amazônicas particularmente vulneráveis às rápidas mudanças ambientais. As mudanças climáticas vêm alterando os ciclos hidrológicos, elevando as temperaturas da água e modificando a dinâmica ecológica de rios e áreas alagadas (várzeas e igapós). Essas alterações ameaçam a fisiologia, a reprodução e a disponibilidade de biomassa dos peixes,

com repercussões para a segurança alimentar e a saúde humana (2). Em paralelo, a poluição associada ao garimpo ilegal de ouro, especialmente a contaminação por mercúrio, acrescenta uma camada adicional de risco, uma vez que a bioacumulação em peixes compromete diretamente a saúde das comunidades locais (3).

Enfrentar esses desafios requer uma abordagem integrativa que reconheça clima, biodiversidade e saúde humana como sistemas interconectados. Este estudo consiste em uma revisão narrativa da literatura científica sobre mudanças ambientais, ecossistemas aquáticos e segurança alimentar na Amazônia, baseada em buscas em bases científicas amplamente utilizadas, priorizando estudos revisados por pares e relatórios relevantes. A partir dessa literatura, sintetizamos evidências sobre como a variabilidade climática e a poluição afetam os ecossistemas aquáticos e a segurança alimentar na região, além de discutir estratégias de resiliência ancoradas em sistemas alimentares tradicionais, saberes locais e políticas públicas (Figura 1).

A AMAZÔNIA E SUA DEPENDÊNCIA NUTRICIONAL DOS ECOSISTEMAS AQUÁTICOS

Embora seja evidente a dependência da Amazônia em relação aos recursos aquáticos para a segurança alimentar e a saúde pública,

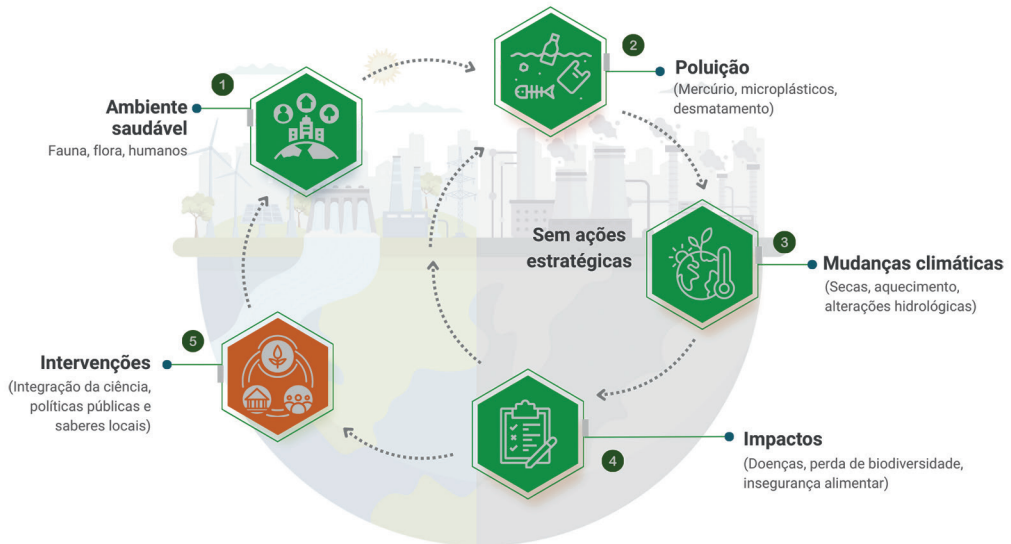
Mudanças ambientais e segurança alimentar na Amazônia: evidências de ecossistemas aquáticos

Figura 1 - Mudanças ambientais, poluição e trajetórias da segurança alimentar na Amazônia.

Esta figura ilustra os processos interconectados que relacionam um ambiente saudável aos desafios da segurança alimentar na Amazônia. A poluição por mercúrio e microplásticos e o desmatamento, combinados a estressores associados às mudanças climáticas, como secas, aquecimento e alterações hidrológicas, geram impactos em cascata sobre a biodiversidade, a saúde humana e a nutrição. Sem intervenções estratégicas que integrem ciência, políticas públicas e saberes locais, essas pressões comprometem a resiliência ecológica e agravam a insegurança alimentar entre as populações amazônicas.

é necessário um entendimento mais aprofundado dessa relação para compreender sua complexidade ecológica, nutricional e socio-cultural. Esta seção examina os fundamentos dessa interdependência, abordando a importância alimentar do pescado, a biodiversidade que sustenta a produtividade aquática, as vulnerabilidades socioambientais das comunidades dependentes da pesca e os valores culturais que moldam os padrões de consumo de peixe. Em conjunto, essas dimensões

estruturam a forma como as mudanças ambientais afetam não apenas os ecossistemas, mas também os meios de vida e as identidades na Amazônia.

Consumo de Peixe e Importância Nutricional

O pescado representa a principal fonte de proteína animal para milhões de habitantes da Amazônia, fato amplamente sustentado por inquéritos nutricionais e estudos



etnográficos. Além de constituir base da alimentação cotidiana, o peixe fornece micronutrientes essenciais, como ferro, manganês, zinco, iodo e ácidos graxos poli-insaturados, fundamentais para o desenvolvimento infantil e a saúde de adultos (Tabela 1). Em algumas comunidades indígenas e ribeirinhas, o consumo de peixe ultrapassa 135–169 kg per capita ao ano, entre os mais elevados do mundo, evidenciando a dependência alimentar singular dos ecossistemas de água doce (1, 4).

Essa dependência não é apenas cultural, mas profundamente funcional: em áreas remotas, onde a infraestrutura viária é limitada, a refrigeração é escassa e a integração aos mercados é frágil, o pescado é frequentemente mais acessível do que outras fontes de proteína. As cadeias tróficas relativamente curtas e a disponibilidade sazonal de diferentes espécies garantem acessibilidade econômica e diversidade alimentar. Espécies como *Colossoma macropomum* (tambaqui), *Plagioscion* spp. e *Pseudoplatystoma* spp. apresentam elevado teor de proteína de alta qualidade e ácidos graxos ômega-3, desempenhando papel preventivo contra a desnutrição e doenças cardiovasculares (5).

Entretanto, os benefícios à saúde associados ao consumo de peixe vêm sendo progressivamente ameaçados pela degradação ambiental. A bioacumulação de mercúrio, a ingestão de microplásticos e as alterações na qualidade dos habitats induzidas pelo clima

comprometem não apenas a disponibilidade de pescado, mas também sua segurança nutricional. Esse duplo papel, como ativo nutricional e potencial vetor de contaminação, coloca o peixe no centro dos debates sobre segurança alimentar na região.

Manter o consumo de pescado como estratégia nutricional segura e viável requer monitoramento robusto, comunicação de risco específica por espécie e a promoção de sistemas alimentares resilientes. Identificar espécies que conciliem baixos níveis de contaminantes e alta densidade nutricional é fundamental para orientar padrões de consumo e subsidiar intervenções em saúde pública.

Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos

A Bacia Amazônica abriga a maior diversidade de peixes de água doce do planeta, com mais de 2.500 espécies cientificamente descritas e, provavelmente, centenas ainda não documentadas (6, 7). Essa extraordinária riqueza da ictiofauna reflete o mosaico de habitats aquáticos da bacia amazônica (sistemas de águas brancas, pretas e claras), cada qual com características físico-químicas distintas que sustentam assembleias específicas de espécies. Essa biodiversidade não representa apenas um indicador de riqueza ecológica, mas constitui a base funcional para a provisão de serviços ecossistêmicos essenciais que sustentam a vida humana na região.



Tabela 1 - Composição centesimal e parâmetros nutricionais selecionados de espécies de peixes amazônicos durante períodos de cheia e seca.

Os valores são expressos em porcentagem (%) ou miligramas por grama (mg/g) ou miligramas por quilograma (mg/kg), conforme o parâmetro. Siglas: PUFA – ácidos graxos poli-insaturados; EPA – ácido eicosapentaenoico; DHA – ácido docosahexaenoico. Locais de coleta: (1) desembarque no Porto da Ceasa, Manaus; (2) peixes coletados no Rio Branco, Estado de Roraima.

ESPÉCIES	PARÂMETROS	CHEIA	SECA	REFS
<i>Pseudoplatystoma tigrinum</i> (surubim)	Lipídios (%)	1.07	0.89	72
	EPA+DHA	54.35	20.65	72
<i>Hypophthalmus edentates</i> (mapará)	Lipídios (%)	26.29	9.26	72
	EPA+DHA	37.87	36.21	72
<i>Astronotus ocellatus</i> (acará-açu)	Lipídios (%)	0.78	1.21	73
	Carboidratos (%)	0.31	2.63	73
	Proteína (%)	18.82	22.38	73
<i>Leporinus friderici</i> (aracu)	Lipídios (%) (1)	3.94	1.65	73
	Carboidratos (%)	0.66	2.18	73
	Proteína (%)	18.16	16.56	73
	Lipídios (%) (2)	3.97	7.26	5
	PUFA (mg/g)	220.77	180.85	5
<i>Colossoma macropomum</i> (tambaqui)	Lipídios (%) (2)	7.56	7.63	5
	PUFA (mg/g)	243.57	216.17	5
	Lipídios hepáticos (mg/g)	64.9	29.2	74
<i>Cichla monoculus</i> (tucunaré)	Lipídios hepáticos (mg/g)	15.0	44.5	74
	Lipídios musculares (mg/g)	2.8	4.6	74
<i>Semaprochilodus insignis</i> (jaraqui)	Lipídios (%)	2.64	1.65	75
	Carboidratos (%)	0.73	1.00	75
<i>Cichla pleizona</i> (tucunaré)	Ferro (mg/kg)	1.35	4.22	76
	Manganês (mg/kg)	0.17	0.08	76
<i>Mylossoma duriventre</i> (pacu)	Ferro (mg/kg)	10.55	6.9	76
	Manganês (mg/kg)	0.6	1.0	76



Entre os serviços mais fundamentais está a provisão de alimentos. Espécies adaptadas a diferentes ambientes contribuem para a disponibilidade nutricional ao longo do ano e para a diversidade alimentar, especialmente entre populações ribeirinhas e indígenas. Espécies carnívoras, onívoras e detritívoras ocupam nichos ecológicos complementares que estabilizam as teias alimentares aquáticas e auxiliam na regulação da ciclagem de nutrientes, da dinâmica de sedimentos e da produção primária (8). Espécies migratórias, como *Brachyplatystoma rousseauxii* (dourada), também promovem conectividade regional ao integrar ambientes de várzea, estuários e áreas a montante.

Além da nutrição, os peixes amazônicos contribuem para a identidade cultural, a resiliência econômica e a regulação climática. A dispersão de sementes por espécies frugívoras, como *C. macropomum*, favorece a regeneração florestal durante o pulso de inundação e contribui para o sequestro de carbono nas interfaces terra-água (9). Ademais, a pesca constitui pilar das economias locais, gerando emprego e renda em setores comerciais de pequena escala e na pesca de subsistência.

A erosão da biodiversidade de peixes, impulsionada pela sobrepesca, barragens hidrelétricas, mineração, poluição e mudanças climáticas, compromete esses serviços e

amplia a insegurança alimentar. Proteger a diversidade da ictiofauna é, portanto, não apenas um imperativo ecológico, mas também uma prioridade de saúde pública e de sistemas alimentares. As estratégias de conservação devem ir além da contagem de espécies e considerar os papéis funcionais dos peixes nos sistemas aquático-humanos.

Vulnerabilidades Socioambientais

As populações mais dependentes do pescado para alimentação e subsistência na Amazônia são também as mais expostas a riscos socioambientais. Povos indígenas, comunidades ribeirinhas e populações afrodescendentes (quilombolas) frequentemente vivem em áreas remotas, com acesso limitado a serviços de saúde, saneamento, infraestrutura e alternativas alimentares. A dependência alimentar do peixe se entrelaça com desigualdades estruturais e riscos ambientais, tornando essas populações particularmente vulneráveis à insegurança nutricional, às doenças e à marginalização socioeconômica.

A intensificação das atividades de mineração de ouro, especialmente de caráter ilegal, tem provocado ampla contaminação por mercúrio em rios e peixes (10). Estudos relatam níveis alarmantes de mercúrio em peixes piscívoros consumidos por populações indígenas, como os Yanomami, entre os quais foram registradas 400 mortes de crian-



ças entre 2018 e 2022 em decorrência de negligência em saúde e exposição tóxica (11). Apesar dos riscos amplamente documentados, muitas comunidades afetadas carecem de acesso a fontes alternativas de proteína ou a informações adequadas sobre riscos, perpetuando um ciclo de exposição alimentar e deterioração da saúde.

As vulnerabilidades ambientais são agravadas pela invisibilidade social. Programas governamentais de monitoramento e mitigação de riscos frequentemente concentram-se em áreas urbanas, negligenciando populações dispersas em regiões florestais e de várzea. Inundações sazonais, eventos climáticos extremos e perdas de infraestrutura aumentam ainda mais o isolamento desses grupos durante eventos associados às mudanças climáticas. Mulheres e crianças, especialmente em comunidades indígenas, enfrentam vulnerabilidades acentuadas devido ao acesso desigual a serviços de saúde e suporte nutricional (12,13).

Essas vulnerabilidades interligadas demandam uma abordagem integrada de políticas públicas que contemple não apenas a disponibilidade de alimentos, mas também a justiça ambiental, a equidade em saúde e a governança inclusiva. Proteger populações vulneráveis da exposição a contaminantes e dos impactos climáticos deve ser central em qualquer estratégia voltada à segurança alimentar e à saúde na Amazônia.

Determinantes Culturais e Sociais do Consumo de Peixe

O consumo de peixe na Amazônia não pode ser explicado apenas pela disponibilidade ecológica, estando profundamente enraizado em valores culturais, práticas sociais e modos de vida de povos indígenas, comunidades ribeirinhas e populações quilombolas (14). Nessas comunidades, o peixe ultrapassa sua função nutricional, ocupando papel central em rituais, celebrações, redes de reciprocidade e na transmissão intergeracional de conhecimentos ecológicos tradicionais (14).

Saberes locais e tradições orais orientam as práticas de pesca, baseadas na observação dos ciclos hidrológicos, das migrações sazonais e dos comportamentos específicos das espécies. Essas práticas incluem usos diferenciados de espécies, por exemplo, aquelas consideradas mais adequadas para crianças, mulheres lactantes ou idosos, diretrizes culturais raramente contempladas em políticas públicas de nutrição padronizadas (14).

O peixe também representa o principal recurso alimentar cotidiano em contextos nos quais o acesso a outras fontes de proteína é limitado pelo isolamento geográfico, pela pobreza e pela precariedade da infraestrutura. O consumo informal e de subsistência frequentemente predomina sobre cadeias formais de abastecimento, reforçando a centralidade do pescado na dieta diária, mas também am-



pliando a vulnerabilidade à variabilidade ecológica e aos impactos socioambientais (1).

Contudo, essa dependência cultural e alimentar de longa data vem sendo reconfigurada pela degradação ambiental, pela instabilidade hidrológica e pelo aumento da poluição (2, 15), bem como pela crescente penetração de alimentos industrializados e ultraprocessados em comunidades remotas (16). Essas transformações contribuem para a erosão da soberania alimentar, o distanciamento cultural e o aumento de riscos nutricionais, especialmente entre as gerações mais jovens.

Reconhecer os determinantes culturais e sociais do consumo de peixe é, portanto, essencial para a formulação de políticas eficazes de segurança alimentar e saúde pública na Amazônia. Isso requer ultrapassar abordagens exclusivamente biomédicas ou quantitativas e incorporar conhecimentos locais, valores simbólicos e práticas alimentares comunitárias como dimensões centrais do bem-estar e da resiliência (14).

MUDANÇAS CLIMÁTICAS E RISCOS À ICTIOFAUNA AMAZÔNICA

As mudanças climáticas estão reconfigurando o equilíbrio ecológico dos rios amazônicos ao alterar a intensidade dos pulsos sazonais de cheia e vazante que sustentam os ciclos de vida dos peixes. O momento e a intensidade das cheias determinam o acesso às

áreas de alimentação e reprodução, e alterações nesses padrões comprometem o sucesso reprodutivo e a sobrevivência de juvenis. O aumento da temperatura da água impõe desafios adicionais às espécies com estreita tolerância térmica, especialmente aquelas adaptadas a ambientes específicos. Essas pressões não atuam de forma isolada; elas se somam a estressores já existentes, como fragmentação de habitats e poluição, ampliando os riscos para populações de peixes que desempenham papel central na segurança alimentar regional.

Tendências Recentes de Temperatura, CO₂ e Hidrologia

A Bacia Amazônica enfrenta crescente estresse climático, com efeitos diretos sobre seus ecossistemas aquáticos. Em 2023, uma seca recorde e temperaturas elevadas reduziram os níveis do Rio Negro aos mais baixos desde 1902, evidenciando uma pressão hidrológica associada principalmente às mudanças climáticas de origem antrópica (17). Paralelamente, análises isotópicas de anéis de crescimento de árvores demonstram que, desde 1980, as chuvas na estação chuvosa na Amazônia ocidental aumentaram entre 15–22%, enquanto as precipitações na estação seca diminuíram entre 5,8 e 13,5%, indicando maior contraste sazonal e intensificação do ciclo hidrológico (18).

Essas alterações coincidem com evidências de enfraquecimento do sumidouro ter-



restre de carbono. Análises recentes do orçamento global de carbono indicam que 2023 registrou forte declínio na absorção de CO₂ por florestas e solos, com a Amazônia desempenhando papel central nessa redução (19). Esses mecanismos de retroalimentação reforçam tendências de aquecimento, agravam secas e desestabilizam a conectividade hidrológica. Em conjunto, o aumento das temperaturas, a irregularidade das chuvas e a redução da capacidade de sequestro de carbono estão remodelando a hidrologia amazônica, alterando o momento, a extensão e a qualidade dos habitats aquáticos. Essas mudanças impõem desafios fisiológicos significativos a espécies que evoluíram sob dinâmicas relativamente estáveis de pulso de inundação.

Impactos Fisiológicos nos Peixes

Os peixes amazônicos já habitam ambientes nos quais temperatura e oxigênio flutuam próximos aos seus limites fisiológicos, tornando-os particularmente vulneráveis às mudanças climáticas. Evidências indicam que o aumento da temperatura da água reduz a margem de segurança térmica, diminui a tolerância à hipóxia e compromete o escopo aeróbico (20). O estilo de vida e o comportamento natatório também influenciam as respostas: espécies mais ativas, como determinados caracídeos, apresentam taxas metabólicas de repouso mais elevadas, o que restringe a flexibilidade aeróbica e reduz a

capacidade de adaptação a aquecimentos adicionais (21).

O aumento projetado da temperatura da água eleva as demandas metabólicas e reduz a solubilidade do oxigênio, impondo estresse às funções cardiorrespiratórias e à regulação iônica. Espera-se que essas condições favoreçam espécies com metabolismo intrinsecamente mais baixo e maior tolerância à hipóxia, enquanto eliminam aquelas incapazes de apresentar compensação fisiológica adequada (22). Em nível celular, o estresse térmico desencadeia desequilíbrio oxidativo e danos teciduais. Em *C. macropomum*, a exposição a 37 °C induziu peroxidação lipídica, redução de enzimas antioxidantes e lesões histopatológicas hepáticas, indicando colapso funcional próximo ao limite térmico superior da espécie (23).

A reprodução também é diretamente afetada. Experimentos *in vivo* demonstraram que temperaturas elevadas comprometem a qualidade espermática em *C. macropomum*, reduzindo motilidade, consumo de oxigênio e integridade de membranas dos gametas, prejudicando a capacidade de fertilização (24). Em conjunto, esses achados evidenciam a vulnerabilidade da ictiofauna amazônica em múltiplos níveis ao aquecimento, desde restrições sistêmicas do escopo aeróbico até danos celulares e comprometimento reprodutivo, indicando que as mudanças climáticas estão erodindo



a resiliência fisiológica que sustenta a diversidade regional.

Efeitos Sobre Alimentação e Crescimento

A alimentação e o crescimento dos peixes amazônicos estão fortemente associados ao pulso de inundação, que regula o acesso aos habitats alimentares e a distribuição sazonal de recursos. O conceito do pulso de inundação destaca que a subida das águas conecta rios e planícies alagáveis, disponibilizando frutos, sementes, insetos e detritos, enquanto a vazante restringe habitats e intensifica a competição (25). Essas transições cíclicas exigem flexibilidade trófica, com muitas espécies alternando dietas baseadas em invertebrados durante a enchente para detritos e algas durante a seca (26).

Alterações extremas na hidrologia intensificam essas pressões. Evidências recentes indicam que níveis extremos de seca reduzem a condição corporal dos peixes, com declínios mensuráveis na massa ajustada ao comprimento, especialmente em sistemas de águas pretas naturalmente pobres em nutrientes (27). A fragmentação de habitats agrava esses efeitos: a perda de conectividade entre lagos de várzea, rios e florestas inundáveis compromete migrações alimentares e aumenta o risco de mortalidade durante secas prolongadas (27).

As respostas de crescimento às mudanças climáticas reforçam essas vulnerabilidades. Simulações experimentais de cenários futuros do IPCC indicam que *C. macropomum* pode aumentar a ingestão alimentar sob aquecimento e altas concentrações de CO₂, mas os ganhos em peso vêm acompanhados de estresse fisiológico e alterações na alocação energética (28). Embora essa plasticidade possa sustentar o crescimento no curto prazo, ela pode desestabilizar teias alimentares ao modificar padrões de dominância e interações ecológicas.

Esses resultados demonstram que os peixes amazônicos enfrentam um desafio duplo: manter adaptabilidade trófica em ambientes flutuantes enquanto lidam com extremos climáticos que reduzem a qualidade dos habitats e alteram trajetórias de crescimento. A erosão da conectividade e da previsibilidade das várzeas compromete não apenas a condição e o recrutamento dos estoques, mas também os serviços ecológicos e nutricionais dos quais dependem as populações humanas.

Implicações para a Segurança Alimentar

Projeta-se que a variabilidade climática na Amazônia se intensifique, com secas mais prolongadas, atraso no início das chuvas e eventos extremos de precipitação, ameaçando diretamente a disponibilidade e a estabi-

lidade de alimentos (29,30). Essas alterações hidrológicas comprometem tanto a pesca quanto a agricultura, expondo famílias ribeirinhas, rurais e indígenas a ciclos de escassez que agravam riscos de desnutrição (Figura 2). Para populações dependentes de recursos naturais, a perda de previsibilidade ecológica fragiliza sistemas alimentares de subsistência e de mercado.

Abordagens recentes destacam a importância da soberania alimentar e de marcos

baseados em direitos para enfrentar essas vulnerabilidades. Evidências indicam que políticas e práticas comunitárias que fortalecem a governança local dos recursos promovem melhores resultados nutricionais e maior resiliência do que estratégias focadas exclusivamente na produção (31). Essa perspectiva é particularmente relevante para povos amazônicos cujas dietas estão profundamente interligadas à biodiversidade e ao conhecimento tradicional.



Figura 2 - Mortalidade massiva de peixes durante seca severa na Amazônia, consequência direta da intensificação da emergência climática na região.

Eventos como esse ocorreram em dois anos consecutivos, 2023 e 2024, afetando gravemente a disponibilidade diária de pescado, principal fonte de proteína para comunidades ribeirinhas, indígenas e rurais. A recorrência cíclica desses distúrbios impulsionados pelo clima reduz a capacidade de reposição natural dos estoques e ameaça a resiliência ecológica e nutricional dos sistemas alimentares tradicionais. Foto: Edmar da Silva Barros.



A própria biodiversidade alimentar pode atuar como amortecedor frente a choques climáticos. Em comunidades indígenas amazônicas, dietas diversificadas, incluindo peixes, frutos e alimentos silvestres, estão associadas a maior ingestão de micronutrientes e podem aumentar a resiliência durante eventos extremos de cheia ou seca (32). Contudo, pressões decorrentes da expansão agrícola e das cadeias globais de commodities vêm erodindo esses sistemas alimentares tradicionais, reduzindo autonomia e ampliando a vulnerabilidade a choques externos (30).

Uma trajetória sustentável exige repensar o desenvolvimento por meio de estratégias inclusivas de bioeconomia que integrem conhecimentos ecológicos tradicionais, fortaleçam cadeias alimentares locais e ampliem o acesso a alimentos seguros e diversos. Ao reforçar a gestão comunitária da pesca, apoiar infraestrutura local de processamento e armazenamento e valorizar produtos da sociobiodiversidade, tais estratégias podem articular conservação ecológica com melhoria da segurança alimentar e da nutrição (33).

POLUIÇÃO E RISCOS À SAÚDE PÚBLICA

A poluição decorrente de atividades antrópicas emergiu como uma das maiores ameaças aos ecossistemas aquáticos amazônicos e às populações que deles dependem. Entre os contaminantes, o mercúrio desta-

ca-se como elemento tóxico fortemente associado ao garimpo ilegal de ouro, que se expandiu rapidamente na bacia nas últimas duas décadas. Uma vez introduzido nos rios, o mercúrio ingressa nos ciclos biogeoquímicos, acumula-se nos peixes e é transferido ao longo da cadeia alimentar, configurando grave ameaça à segurança alimentar e à saúde humana. Compreender a dinâmica da poluição por mercúrio, suas origens, vias tróficas, impactos à saúde e mecanismos naturais de atenuação, é fundamental para avaliar a interseção entre degradação ambiental, incluindo os efeitos das mudanças climáticas, e saúde pública na Amazônia.

Mercúrio e Garimpo Ilegal

O garimpo ilegal de ouro constitui a principal fonte de contaminação por mercúrio na Amazônia. A mineração artesanal e de pequena escala libera mercúrio em rios, solos e atmosfera, com impactos severos em territórios indígenas como as terras Yanomami, onde as perdas econômicas e de saúde foram estimadas em US\$ 69 milhões em 2020 (34). O mercúrio emitido durante a queima do minério também se dispersa atmosféricamente e é depositado em florestas intactas, acumulando-se em solos, folhagens e fauna, ampliando a contaminação para além dos focos de mineração (35).

Igualmente crítica é a contaminação dos sistemas aquáticos. Estudos em áreas



mineradoras do Pará revelam concentrações elevadas de mercúrio na água e nos sedimentos fluviais, condições que favorecem a metilação microbiana e a formação de compostos mais tóxicos (36). Na Bacia do Tapajós, a mineração artesanal libera ao menos 2,5 toneladas de mercúrio por ano, com perdas médias de 0,19 kg de Hg por quilograma de ouro produzido (37). Essas cargas acumulam-se nos ambientes aquáticos, expondo diretamente comunidades que utilizam a água do rio e estabelecendo as bases para a bioacumulação nos peixes, principal fonte proteica regional.

Bioacumulação e Biomagnificação em Peixes

Nos sistemas aquáticos, o mercúrio liberado por mineração, desmatamento e barramentos sofre metilação microbiana, gerando metilmercúrio (MeHg), que se acumula prontamente nos tecidos dos peixes. Estudos no Rio Negro e na planície de inundação do Tapajós demonstram que espécies piscívoras, como *Cichla* spp. e *Serrasalmus* spp., acumulam mercúrio em concentrações frequentemente superiores aos limites de segurança, enquanto espécies herbívoras e detritívoras apresentam níveis comparativamente menores (38–40). Evidências de sedimentos lacustres na Amazônia central indicam que o desmatamento intensifica o aporte de mercúrio aos ecossistemas aquáticos, criando

condições para concentrações mais elevadas em espécies consumidas pelas populações locais (41).

A biomagnificação amplia a exposição ao longo dos níveis tróficos, com peixes maiores e de vida longa acumulando as maiores concentrações de mercúrio. Levantamentos em diferentes bacias amazônicas confirmam que a bioacumulação ocorre mesmo na ausência de influência direta da mineração, ressaltando o papel de ambientes naturais de águas pretas, ciclos hidrológicos e erosão do solo na intensificação do ciclo do Hg e na influência das mudanças climáticas (41,42). Barragens hidrelétricas, como Tucuruí, atuam como hotspots de metilação, aumentando as concentrações de mercúrio em peixes consumidos a montante dos reservatórios (43). Em conjunto, esses estudos demonstram que o consumo de pescado constitui uma das principais vias de exposição alimentar, conectando contaminação ambiental à segurança alimentar e aos riscos à saúde.

Efeitos Diretos sobre Populações Humanas

Os efeitos da exposição ao mercúrio na Amazônia têm sido amplamente documentados entre comunidades ribeirinhas e indígenas. Populações próximas a barragens hidrelétricas, como Tucuruí, apresentam níveis de mercúrio em cabelo acima dos limites de segurança da OMS, com mais da metade



dos participantes excedendo 10 $\mu\text{g/g}$, valores associados a riscos neurológicos (43). De forma semelhante, levantamentos em comunidades ribeirinhas do Tapajós mostram que crianças frequentemente apresentam concentrações de mercúrio em cabelo entre 3 e 25 vezes superiores às doses de referência internacionais, com impactos sobre crescimento, nutrição e neurodesenvolvimento (44, 45). Evidências do Rio Madeira confirmam associações entre mercúrio capilar e déficits cognitivos e motores em crianças (46).

Adultos também são afetados: riscos cardiovasculares, comprometimento imunológico e outros efeitos crônicos têm sido associados à exposição prolongada ao MeHg em populações ribeirinhas e urbanas amazônicas (47). Entre os Munduruku, mulheres em idade reprodutiva estão desproporcionalmente expostas, evidenciando que a contaminação por mercúrio é tanto um problema toxicológico quanto de justiça social (48). Mesmo em contextos urbanos estuarinos, como no Rio de Janeiro, peixes contaminados vendidos em mercados locais têm sido associados a biomarcadores elevados em pescadores, reforçando que as vias alimentares de exposição extrapolam o interior amazônico (49). Ressalte-se que o aquecimento ambiental decorrente das mudanças climáticas pode agravar a contaminação por metais em peixes, pois a maior demanda por oxigênio aumenta a ventilação branquial e, conse-

quentemente, a absorção de metais (Figura 3).

Processos Naturais de Mitigação

Embora a contaminação por mercúrio seja ampla, alguns sistemas aquáticos apresentam condições que reduzem sua biodisponibilidade. Rios de águas pretas, como o Rio Negro, ricos em substâncias húmicas e carbono orgânico dissolvido, favorecem a ligação dessas moléculas ao mercúrio, limitando sua conversão em MeHg e reduzindo sua transferência trófica para os peixes (40). A hidrologia sazonal também modula esses processos: durante períodos de cheia, o mercúrio associa-se a partículas suspensas; na seca, condições anóxicas favorecem a metilação microbiana e a incorporação pelo plâncton (50). Essas dinâmicas biogeoquímicas geram flutuações temporais na contaminação dos peixes, atenuando parcialmente a exposição humana em determinados sistemas.

Contudo, essas defesas naturais vêm sendo progressivamente enfraquecidas por pressões antrópicas. O desmatamento mobiliza mercúrio armazenado nos solos, contribuindo significativamente para cargas atmosféricas e aquáticas (41,42). Reservatórios hidrelétricos criam condições de anoxia e elevada matéria orgânica que intensificam o potencial de metilação, tornando-se importantes vetores locais do ciclo do mercúrio



Figura 3 - Interações entre mudanças climáticas e contaminação por mercúrio na Amazônia.

Processos impulsionados pelo clima, como aumento da temperatura, chuvas extremas, inundações e liberação de matéria orgânica, combinados às entradas de mercúrio provenientes do garimpo ilegal de ouro, intensificam a metilação e o acúmulo de mercúrio em sistemas aquáticos. Essas alterações ampliam a bioacumulação e a biomagnificação do metilmercúrio (MeHg) nos peixes, aumentando os riscos toxicológicos para comunidades indígenas e ribeirinhas que dependem do pescado como principal fonte de proteína. As mudanças climáticas atuam, portanto, tanto como fator direto quanto indireto da contaminação ambiental e da insegurança alimentar. Nota: Esquema conceitual gerado com o ChatGPT a partir de instruções fornecidas pelos autores.

(43). Além disso, a erosão do solo e as mudanças no uso da terra aumentam fluxos sedimentares de mercúrio para os rios, sobrecarregando a capacidade de amortecimento natural (51). Assim, embora processos ecológicos proporcionem mitigação parcial, eles são insuficientes diante da escala da contaminação, reforçando a necessidade de estratégias preventivas e de governança.

O papel amortecedor dos processos naturais deve ser analisado no contexto mais amplo da emergência climática amazônica. O aumento das temperaturas, a alteração dos regimes de inundação e a intensificação de secas interagem com mudanças no uso da terra para acelerar o ciclo do mercúrio e comprometer a resiliência dos sistemas aquáticos. Águas mais quentes intensificam a atividade



microbiana e as taxas de metilação, além de aumentar a ventilação branquial dos peixes, facilitando a absorção de contaminantes. Ao mesmo tempo, a variabilidade hidrológica extrema reduz a estabilidade dos estoques de carbono orgânico dissolvido que normalmente sequestram mercúrio. Essas pressões convergentes demonstram que as mudanças climáticas não apenas agravam indiretamente a contaminação, mas reconfiguram ativamente os processos que antes moderavam seus impactos, criando riscos cumulativos para ecossistemas e saúde humana.

Microplásticos e Contaminantes Emergentes

Além de ameaças consolidadas como o mercúrio, os microplásticos emergem como importante classe de poluentes nos ecossistemas aquáticos amazônicos. Estudos recentes detectaram microplásticos em peixes de diferentes regiões da Amazônia, inclusive em áreas protegidas, indicando contaminação disseminada da biota por partículas sintéticas (52). Essas partículas estão presentes na água, nos sedimentos e na fauna, originando-se de fibras têxteis, escoamento de resíduos plásticos e sistemas de esgoto inadequados, evidenciando a infiltração generalizada de microplásticos mesmo em ecossistemas remotos (53).

Os microplásticos também representam riscos indiretos relevantes ao atuarem como vetores de poluentes químicos, incluindo

metais pesados como o mercúrio, aumentando sua toxicidade por meio de exposições combinadas (54). Evidências experimentais sugerem que microplásticos podem intensificar a acumulação de mercúrio em organismos aquáticos e potencializar a neurotoxicidade por mecanismos sinérgicos de estresse (3). Estudos clínicos e de autópsia recentes identificaram partículas de microplásticos na placenta humana, pulmões, cérebro, sangue e tecidos cardiovasculares, levantando preocupações quanto à exposição sistêmica e possíveis efeitos inflamatórios, endócrinos, neurológicos e cardiovasculares (55, 56). Essa dupla contaminação, por ingestão física e por adsorção química, cria riscos complexos à segurança alimentar e à saúde humana que ainda estão em processo de compreensão.

No contexto da emergência climática, a ameaça dos microplásticos torna-se ainda mais relevante no contexto amazônico. A intensificação de eventos extremos de precipitação, inundações e a má gestão de resíduos aceleram o transporte de plásticos de centros urbanos e áreas desmatadas para ambientes aquáticos, enquanto temperaturas mais elevadas e maior radiação UV favorecem sua fragmentação em partículas menores e mais biodisponíveis. Essas mudanças ampliam as vias de exposição ao longo dos níveis tróficos, reforçando que microplásticos e contaminantes emergentes constituem não apenas uma nova camada de poluição, mas uma



ameaça cujo risco é amplificado pelo ritmo acelerado da mudança climática.

PERSPECTIVAS E ESTRATÉGIAS DE ENFRENTAMENTO

A Amazônia enfrenta um ônus múltiplo de poluição e mudanças ambientais, no qual ameaças históricas se somam a contaminantes emergentes e a pressões mais amplas relacionadas ao uso da terra e à variabilidade climática. Esses desafios comprometem os ecossistemas aquáticos, a segurança alimentar e a saúde pública, além de afetarem a resiliência das comunidades locais. As estratégias de enfrentamento devem, portanto, ser multidimensionais, combinando monitoramento, governança, inovação tecnológica e resiliência cultural. Enfrentar esses riscos interconectados requer marcos integrados que articulem clima, biodiversidade e saúde, garantindo respostas sustentáveis e equitativas.

Monitoramento Ambiental e Alimentar

Abordagens inovadoras de monitoramento vêm sendo desenvolvidas ao integrar amostragem comunitária, sensoriamento remoto e aprendizado de máquina, possibilitando a detecção quase em tempo real de atividades de mineração ilegal e seus impactos ambientais (57,58). Essas estratégias permitem antecipar áreas críticas de contami-

nação, alinhar coletas de campo com alertas de satélite e aprimorar a eficiência de custos e a cobertura territorial. Esses métodos demonstram a viabilidade de ampliar sistemas de vigilância ao conectar observações locais a tecnologias avançadas.

O monitoramento alimentar também tem avançado. Estudos recentes integraram análises de contaminantes em peixes a avaliações nutricionais, fornecendo subsídios para orientar padrões seguros de consumo (59,60). A incorporação sistemática da tescagem de pescado na infraestrutura de saúde pública, com comunicação clara de limites de segurança e riscos específicos por espécie, permitiria institucionalizar a segurança alimentar e vincular diretamente dados ambientais a programas nutricionais. Em conjunto, tais iniciativas podem fortalecer a resiliência e reduzir os riscos cumulativos que as mudanças climáticas impõem à segurança alimentar.

Integração Entre Ciência, Políticas Públicas e Saberes Locais

A integração efetiva requer marcos regulatórios sensíveis às evidências científicas. Estudos de alta resolução revelaram a expansão contínua da mineração ilegal em áreas protegidas, evidenciando a necessidade de fiscalização coordenada e do uso de evidências remotas para orientar intervenções (61). Paralelamente, plataformas de ciência cidadã no Brasil demonstram que



o monitoramento participativo pode gerar dados ambientais confiáveis e ampliar a legitimidade das decisões (62,63).

Estruturas conceituais como One Health (Saúde Única) e Saúde Planetária oferecem linguagem comum para integrar poluentes clássicos e emergentes nas agendas regionais (64,65). Essas abordagens vêm sendo adotadas em diferentes contextos para alinhar vigilância, prevenção e adaptação, oferecendo diretrizes que podem ser adaptadas à realidade amazônica, evitando soluções fragmentadas e reduzindo os impactos da emergência climática.

Sistemas Alimentares Tradicionais Como Base de Resiliência

Reduzir riscos sem estigmatizar o consumo de peixe exige priorizar espécies de baixo nível trófico, com elevado valor nutricional e, em geral, menores concentrações de mercúrio. Análises recentes identificam espécies que representam “ganho duplo”, combinando segurança toxicológica e acessibilidade econômica, oferecendo um caminho para manter a ingestão proteica e, ao mesmo tempo, reduzir a exposição a contaminantes (66,67). Esses achados podem ser incorporados a programas de alimentação escolar e orientações dietéticas.

A aquicultura sustentável constitui outra estratégia complementar. Ensaio com tambaqui avaliaram dietas baseadas em in-

gredientes locais, como subprodutos de mandioca e farinha de insetos, demonstrando resultados promissores em crescimento e qualidade do produto (68). Sistemas de aquaponia que integram produção de peixes e hortaliças também vêm sendo testados como modelos bioeconômicos na Amazônia (69). Essas inovações fortalecem a soberania alimentar e diversificam fontes proteicas, respeitando práticas culturais.

Clima, Biodiversidade e Saúde Como Sistemas Acoplados

Estudos recentes demonstram como secas e cheias reconfiguram a dinâmica de contaminantes, isolam comunidades e alteram cadeias de suprimento alimentar, reforçando a necessidade de modelos preditivos que orientem a gestão pesqueira e intervenções em saúde (70). A integração de dados climáticos ao monitoramento de contaminantes permitirá que gestores antecipem crises, em vez de apenas reagirem a elas.

Estruturas como Saúde Planetária e One Health oferecem oportunidades transformadoras para sincronizar adaptação climática, proteção da biodiversidade e promoção da saúde (64,65). Inserir poluentes como mercúrio e microplásticos nessas perspectivas mais amplas possibilita a construção de resiliência sistêmica, superando ações mitigatórias pontuais em direção à adaptação de longo prazo.



AGENDA DE PESQUISA

Para a próxima década, a agenda de pesquisa deve estar ancorada no reconhecimento de que clima, biodiversidade e saúde constituem sistemas profundamente interconectados (71). Investigar como extremos climáticos reconfiguram a dinâmica de contaminantes, como a biodiversidade alimentar atua como amortecedor nutricional sob estresse e como a governança pode integrar múltiplos sistemas de conhecimento é central para a construção de resiliência. Caminhos inovadores, como aquicultura sustentável e estratégias inclusivas de bioeconomia, podem complementar a conservação ao oferecer alimentos seguros, acessíveis e culturalmente adequados. Ao mesmo tempo, será fundamental avançar no desenvolvimento de plataformas integradas de monitoramento e na produção de evidências sobre impactos cumulativos à saúde, articulando ciência, políticas públicas e saberes locais. Essas prioridades estão sintetizadas na Tabela 2, organizada por dimensão temática, foco e resultados esperados. Somente ao reconhecer a Amazônia como linha de frente da emergência climática planetária e ao vincular proteção ambiental à saúde e à equidade social será possível salvaguardar a segurança alimentar e o bem-estar humano na região.

CONCLUSÕES

Embora os impactos da contaminação por mercúrio sobre peixes e populações humanas estejam bem documentados na literatura amazônica, outras interações, como aquelas envolvendo mudanças climáticas, microplásticos e a dinâmica de contaminantes, ainda constituem um campo emergente de investigação. As evidências sintetizadas nesta revisão demonstram que a segurança alimentar na Amazônia está cada vez mais ameaçada pela convergência entre mudanças climáticas, erosão da biodiversidade e poluição por contaminantes clássicos e emergentes. Mercúrio, microplásticos e outros poluentes infiltram-se nos ecossistemas aquáticos, acumulam-se nos peixes e comprometem a saúde de populações indígenas, ribeirinhas e urbanas. Embora processos naturais ofereçam algum grau de amortecimento, essas defesas vêm sendo superadas por pressões antrópicas em um contexto de aceleração da mudança climática. A emergência climática intensifica essas ameaças ao desestabilizar processos ecológicos essenciais, comprometendo a conectividade hidrológica, a fisiologia dos peixes e a estabilidade dos sistemas alimentares. Em conjunto, esses processos indicam que a insegurança alimentar na Amazônia se configura como uma crise sistêmica e urgente, exigindo estratégias integradas que articulem ciência, políticas públicas e saberes locais.



Tabela 2 - Agenda de pesquisa para a Amazônia na próxima década, organizada por dimensão temática. Cada prioridade destaca focos específicos de pesquisa e resultados esperados voltados a enfrentar os desafios combinados da emergência climática, da segurança alimentar e da resiliência ecossistêmica.

DIMENSÃO	PRIORIDADE (ORIENTADA À AÇÃO)	FOCO	RESULTADOS ESPERADOS
Ciência & Monitoramento	Desenvolver plataformas integradas de monitoramento	Combinar amostragem de campo, participação comunitária e sensoriamento remoto para rastrear mercúrio, micropásticos e pesticidas.	Monitoramento robusto de contaminantes e sistemas de alerta precoce.
	Modelar e prever interações clima-contaminantes	Prever interações entre extremos climáticos, mudanças no uso da terra, perda de biodiversidade e dinâmica de contaminantes.	Gestão proativa de riscos e antecipação de crises.
	Inovar com biotecnologias (avaliação criteriosa)	Aplicar melhoramento seletivo ou ferramentas genéticas para aumentar tolerância a poluentes ou reduzir bioacumulação, avaliando riscos ecológicos e culturais.	Potencial adaptação de peixes com governança responsável.
Saúde & Nutrição	Avançar na pesquisa em segurança alimentar e nutrição	Identificar espécies com baixo teor de contaminantes e alto valor nutricional e avaliar aquicultura sustentável adaptada ao contexto amazônico.	Diretrizes alimentares mais seguras e opções sustentáveis de aquicultura.
	Expandir estudos de impacto em saúde	Ampliar vigilância por biomarcadores em populações vulneráveis, com foco em impactos neurodesenvolvimentais, cardiovasculares e imunológicos.	Melhor compreensão dos impactos cumulativos à saúde.
Política & Governança	Fortalecer políticas e governança para segurança alimentar	Traduzir evidências científicas em mecanismos de fiscalização, utilizando modelos participativos que integrem conhecimentos indígenas e ribeirinhos.	Governança baseada em evidências e tomada de decisão inclusiva.
	Integrar conhecimentos tradicionais e locais	Incorporar perspectivas indígenas e ribeirinhas, coproduzindo conhecimento para estratégias culturalmente adequadas de adaptação e resiliência.	Sistemas alimentares resilientes ancorados na cultura.



Agradecimentos

Agradecemos à Erika de Oliveira Gomes (INPA) pelo rápido desenvolvimento e elaboração da Figura 1, que ilustra o marco conceitual deste estudo.

Financiamento

Este estudo foi financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM), Chamada 18/2023, Processo nº 01.02.016301.01900/2024-93. O estudo também contou com financiamento do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), por meio do INCT/ADAPTA III (Processo CNPq nº 409202/2024-0; CAPES – Código de Financiamento 001). ALV é bolsista de produtividade em pesquisa do CNPq (número do processo).

Conflitos de Interesses

Os autores declaram não haver conflito de interesses para a redação deste artigo.

REFERÊNCIAS

1. Isaac VJ, et al.: Food consumption as an indicator of the conservation of natural resources in riverine communities of the Brazilian Amazon. *An Acad Bras Cienc.* 2015; 87:2229-2242.
2. Castello L, Macedo MN: Large-scale degradation of Amazonian freshwater ecosystems. *Glob Change Biol.* 2016; 22:990-1007.
3. Crespo-Lopez ME, et al.: Mercury: what can we learn from the Amazon? *Environ Int.* 2021; 146:106223.
4. Barthem RB, Goulding M: *The Catfish Connection: Ecology, Migration, and Conservation of Amazon Predators.* New York, Columbia University Press. 1997; p. 184.
5. Petenuci ME, et al.: Seasonal variations in lipid content, fatty acid composition and nutritional profiles of five freshwater fish from the Amazon basin. *J Am Oil Chem Soc.* 2016; 93:1373-1381.
6. Jézéquel C, et al.: Freshwater fish diversity hotspots for conservation priorities in the Amazon basin. *Conserv Biol.* 2020; 34:956-965.
7. Val AL, Almeida-Val VMF: *Fishes of the Amazon and their environment: physiological and biochemical aspects.* Heidelberg, Springer. 1995; vol. 32, p. 224.
8. Winemiller K, et al.: Balancing hydropower and biodiversity in the Amazon, Congo, and Mekong. *Science.* 2016; 351:128-129.
9. Anderson JT, Rojas JS, Flecker AS: High-quality seed dispersal by fruit-eating fishes in Amazonian floodplain habitats. *Oecologia.* 2009; 161:279-290.
10. Souza-Araujo J, Giarrizzo T, Lima MO, Souza MBG: Mercury and methylmercury in fishes from Bacajá River (Brazilian Amazon): evidence for bioaccumulation and biomagnification. *J Fish Biol.* 2016; 89:249-263.
11. Vega CM, Orellana JDY, Oliveira MW, Hacon SS, Basta PC: Human mercury exposure in Yanomami indigenous villages from the Brazilian Amazon. *Int J Environ Res Public Health.* 2018; 15:1051.
12. Le Tourneau FM: The sustainability challenges of indigenous territories in Brazil's Amazonia. *Curr Opin Environ Sustain.* 2015; 14:213-220.



13. Franco CLB, et al.: Community-based environmental protection in the Brazilian Amazon: recent history, legal landmarks and expansion across protected areas. *J Environ Manage.* 2021; 287:112314
14. FAO: Indigenous peoples' food systems: insights on sustainability and resilience in the front line of climate change. Rome, FAO. 2021; p. 420.
15. Passos CJS, Mergler D: Human mercury exposure and adverse health effects in the Amazon: a review. *Cad Saude Publica.* 2008; 24:S503-S520.
16. Moraes AOS, et al.: Food profile of Yanomami indigenous children aged 6 to 59 months from the Brazilian Amazon according to the degree of food processing: a cross-sectional study. *Public Health Nutr.* 2022; 26:208-218.
17. Espinoza JC, et al.: The new record of drought and warmth in the Amazon in 2023 related to regional and global climatic features. *Sci Rep.* 2024; 14:8107.
18. Cintra BBL, et al.: Tree ring isotopes reveal an intensification of the hydrological cycle in the Amazon. *Commun Earth Environ.* 2025; 6:453.
19. Ke P, et al.: Low latency carbon budget analysis reveals a large decline of the land carbon sink in 2023. *Natl Sci Rev.* 2024; 11:nwae367.
20. Braz-Mota S, Duarte RM, Val AL: Contrasting thermal and hypoxic responses of species from blackwater and whitewater rivers. *J Fish Biol.* 2025; [Epub ahead of print].
21. Campos D, Val AL, Almeida-Val VMF: The influence of lifestyle and swimming behavior on metabolic rate and thermal tolerance of twelve Amazon forest stream fish species. *J Therm Biol.* 2018; 72:148-154.
22. Val AL, Wood CM: Global change and physiological challenges for fish of the Amazon today and in the near future. *J Exp Biol.* 2022; 225:jeb216440.
23. Amanajás RD, Silva JM, Silva MNP, Val AL: Temperature alters antioxidant status and induces cell damage in the Amazonian fish tambaqui. *J Therm Biol.* 2024; 126:103995.
24. Castro JS, Santos FBP, Costa JC, Heinrichs-Caldas W, Val AL: In vivo exposure to high temperature compromises quality of the sperm in *Colossoma macropomum*. *Anim Reprod Sci.* 2024; 262:107412.
25. Junk WJ, Bayley PB, Sparks RE: The flood pulse concept in river-floodplain systems. In: Dodge DP (ed.), *Proceedings of the International Large River Symposium.* Canada, *Can Spec Publ Fish Aquat Sci.* 1989; vol. 106, pp. 110-127.
26. Röpke CP, Ferreira EJ, Zuanon J: Seasonal changes in the use of feeding resources by fish in stands of aquatic macrophytes in an Amazonian floodplain, Brazil. *Environ Biol Fishes.* 2014; 97:401-414.
27. Zingel P, et al.: How do extreme fluctuations in water level affect fish condition in Amazonian floodplain lakes? *J Fish Biol.* 2025; [Epub ahead of print].
28. Oliveira AM, Val AL: Effects of climate scenarios on the growth and physiology of the Amazonian fish tambaqui (*Colossoma macropomum*). *Hydrobiologia.* 2017; 789:167-178.
29. Duffy PB, Brando P, Asner GP, Field CB: Projections of future meteorological drought and wet periods in the Amazon. *Proc Natl Acad Sci USA.* 2015; 112:13172-13177.
30. Marengo JA, et al.: Increased climate pressure on the agricultural frontier in the Eastern Amazonia-Cerrado transition zone. *Sci Rep.* 2022; 12:457.
31. Sampson D, et al.: Food sovereignty and rights-based approaches strengthen food security and nutrition across the globe: a systematic review. *Front Sustain Food Syst.* 2021; 5:686492.
32. Zavaleta-Cortijo C, et al.: Does food biodiversity protect against malnutrition and favour resilien-



- ce to climate change-related events in Amazon indigenous communities? Wellcome Open Res. 2023; 7:246.
33. Val AL, et al.: Como a bioeconomia na Amazônia pode contribuir para a segurança alimentar dos povos originários e comunidades tradicionais? In: Hungria M (ed.), *Segurança Alimentar: o papel da ciência brasileira no combate à fome*. Rio de Janeiro, Academia Brasileira de Ciências. 2024; pp. 139-209.
34. Bakker LB, et al.: Economic impacts on human health resulting from the use of mercury in illegal gold mining in the Brazilian Amazon. *Int J Environ Res Public Health*. 2021; 18:11869.
35. Gerson JR, et al.: Amazon forests capture high levels of atmospheric mercury pollution from artisanal gold mining. *Nat Commun*. 2022; 13:559.
36. Castilhos Z, et al.: Human exposure and risk assessment associated with mercury contamination in artisanal gold mining areas in the Brazilian Amazon. *Environ Sci Pollut Res*. 2015; 22:11255-11264.
37. Fritz B, et al.: Mercury and CO₂ emissions from artisanal gold mining in Brazilian Amazon rainforest. *Nat Sustain*. 2023; 7:15-22.
38. Barbosa AC, et al.: Mercury biomagnification in a tropical black water Rio Negro, Brazil. *Arch Environ Contam Toxicol*. 2003; 45:235-246.
39. Nyholt K, et al.: High rates of mercury biomagnification in fish from Amazonian floodplain-lake food webs. *Sci Total Environ*. 2022; 833:155087.
40. Kasper D, et al.: Mercury in black-waters of the Amazon. In: Myster RW (ed.), *Igapó (Black-water flooded forests) of the Amazon Basin*. Cham, Springer. 2018; pp. 39-56.
41. Roulet M, et al.: Increase in mercury contamination recorded in lacustrine sediments following deforestation in the central Amazon. *Chem Geol*. 2000; 165:243-266.
42. Feinberg A, et al.: Deforestation as an anthropogenic driver of mercury pollution. *Environ Sci Technol*. 2024; 58:3246-3257.
43. Arrifano GPF, et al.: Large-scale projects in the Amazon and human exposure to mercury: the case-study of the Tucuruí dam. *Ecotoxicol Environ Saf*. 2018; 147:299-305..
44. Hofer CB, et al.: Munduruku indigenous children: health situation in an area with high mercury exposure. *Rev Saude Publica*. 2025; 59:e238885.
45. Vasconcellos ACS, et al.: Health risk assessment of mercury exposure from fish consumption in Munduruku indigenous communities in the Brazilian Amazon. *Int J Environ Res Public Health*. 2021; 18:7940.
46. Santos-Lima CD, et al.: Neuropsychological effects of mercury exposure in children and adolescents of the Amazon region, Brazil. *Neurotoxicology*. 2020; 79:48-57.
47. Rego RV, et al.: Mercury exposure in riverside Tapajós communities in the Brazilian Amazon. In: Leal Filho W, et al. (eds.), *Amazon 2030*. Cham, Springer. 2025; pp. 77-92
48. Lucchini RG, et al.: Mercury contamination and co-exposures in the Amazon basin: at the center of the planetary environmental crisis. *Ann Glob Health*. 2025; 91:42.
49. Vezzone M, et al.: Mercury contamination in sediments and fish from an urban tropical estuary. *Water Air Soil Pollut*. 2023; 234:72.
50. Gomes VM, et al.: Study on mercury methylation in Amazonian rivers in flooded areas for hydroelectric use. *Water Air Soil Pollut*. 2019; 230:211.
51. Obrist D, et al.: A review of global environmental mercury processes in response to human and natural perturbations. *Ambio*. 2018; 47:116-140.
52. Costa ID, et al.: Microplastics in fishes in Amazon riverine beaches. *Sci Total Environ*. 2023; 863:160934.



53. Morais LMS, et al.: Microplastics in the Amazon biome: state of the art and future priorities. *Helvion*. 2024; 10:e28851.
54. Liu S, et al.: Interactions between microplastics and heavy metals in aquatic environments: a review. *Front Microbiol*. 2021; 12:652520..
55. Jenner LC, et al.: Detection of microplastics in human lung tissue. *Sci Total Environ*. 2022; 831:154907.
56. Ragusa A, et al.: First evidence of microplastics in human placenta. *Environ Int*. 2021; 146:106274.
57. Fonseca A, Marshall MT, Salama S: Enhanced detection of artisanal small-scale mining with spectral and textural segmentation of Landsat time series. *Remote Sens*. 2024; 16:1749.
58. Ngom NM, et al.: Artisanal exploitation of mineral resources: environmental consequences and social aspects. *Surv Geophys*. 2023; 44:225-247.
59. Basta PC, et al.: Risk assessment of mercury-contaminated fish consumption in the Brazilian Amazon. *Toxics*. 2023; 11:800.
60. Vasconcellos ACS, et al.: Health risk assessment attributed to consumption of fish contaminated with mercury in the Rio Branco basin. *Toxics*. 2022; 10:516.
61. Cortinhas-Ferreira-Neto L, et al.: Uncontrolled illegal mining and garimpo in the Brazilian Amazon. *Nat Commun*. 2024; 15:9847.
62. Bacellar AEF, et al.: Parceria entre CNPq e Instituto Chico Mendes no fortalecimento dos sítios PELD. *Oecol Aust*. 2020; 24:266-270.
63. Cronemberger C, et al.: Social participation in the Brazilian national biodiversity monitoring program. *Citizen Sci Theory Pract*. 2023; 8:32.
64. Morrison M, et al.: A growing crisis for One Health: impacts of plastic pollution across biological systems. *Front Mar Sci*. 2022; 9:980705..
65. Myers SS, Pivor JI, Saraiva AM: The São Paulo declaration on planetary health. *Lancet*. 2021; 398:1299.
66. Pierezan MD, et al.: Total mercury and methylmercury levels in Brazilian Amazon fish: a scope review with meta-analysis. *J Trace Elem Miner*. 2024; 10:100196.
67. Heilpern SA, et al.: Accessible, low-mercury and nutritious fishes provide win-wins for conservation and public health. *One Earth*. 2025; 8:101174
68. Matos-Dantas F, et al.: A sustainable diet for tambaqui farming in the Amazon. *Animals (Basel)*. 2024; 14:1165.
69. Guimarães RQ, et al.: Integrated cultivation of tambaqui with coriander grown at different densities. *J Clean Prod*. 2024; 470:143346..
70. Santos-de-Lima L, et al.: Severe droughts reduce river navigability and isolate communities in the Brazilian Amazon. *Commun Earth Environ*. 2024; 5:370..
71. Pörtner HO, et al.: Overcoming the coupled climate and biodiversity crises and their societal impacts. *Science*. 2023; 380:eabl4881..
72. Souza AFL, et al.: Effect of seasonal variations on fatty acid composition of Amazonian fish species. *Food Res Int*. 2020; 132:109051.
73. Barai AA, et al.: Seasonal influence on centesimal composition and yield of Amazonian fish. *Food Sci Technol*. 2022; 42:e55320.
74. Correia BSB, et al.: NMR analysis of lipids from Amazonian fishes with different feeding habits. *J Braz Chem Soc*. 2020; 31:2531-2543.
75. Souza AFL, et al.: Proximal and mineral composition of native fish species from Amazonas, Brazil. *Acta Sci Anim Sci*. 2023; 45:e61884..
76. Silva LO: Transporte de Fe e Mn em sistema rio-planície de inundação (AAM): avaliação do uso de peixes como indicadores. *Campos dos Goytacazes, UENF*. 2021; p. 59.

A CIÊNCIA BRASILEIRA E OS DESAFIOS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS: CONQUISTAS, CAMINHOS E PERSPECTIVAS

*Brazilian Science and the Challenges of Climate Change:
Achievements, Paths and Perspectives*

Marcelo Marcos Morales*¹

¹MMM - ORCID: 0000-0002-3742-2050, E-mail: marcelo.morales@biof.ufrj.br, Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho, Universidade Federal do Rio de Janeiro e 2Academia Nacional de Medicina (Acadêmico Titular)

Destaques

• A ciência é evidenciada como infraestrutura crítica para adaptação e soberania climática. • Valorizam-se os programas nacionais como fortalecedores do monitoramento ambiental e sanitário. • A Amazônia e a Antártica são consideradas como eixos estratégicos da pesquisa climática. • Defende-se a integração entre ciência, política e diplomacia ambiental. • A bioeconomia e a inclusão social são vistas como vetores do desenvolvimento sustentável.

RESUMO

As mudanças climáticas configuram-se como uma ameaça inequívoca à saúde, ao meio am-

biente e à sustentabilidade do planeta, sendo apontadas como o maior desafio global do século XXI. O Brasil, detentor da maior biodiversidade do mundo e de vastos recursos naturais estratégicos, ocupa papel singular nesse cenário. Seus biomas, em especial a Amazônia, e sua atuação na Antártica colocam o país como ator-chave tanto para a mitigação quanto para a adaptação aos efeitos da crise climática. Analisamos as principais iniciativas desenvolvidas pela comunidade científica brasileira, por meio do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações, evidenciando a ciência como infraestrutura crítica para o desenvolvimento sustentável e para a soberania nacional. São examinados programas e plataformas de monitoramento e síntese

* Correspondência: Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Av. Carlos Chagas Filho, 373 – Cidade Universitária, Rio de Janeiro – RJ, 21941-902, Brasil. E-mail: marcelo.morales@biof.ufrj.br

Recebido em: 23/09/2025 - Aceito para publicação em: 08/02/2026

Revisores:

Acadêmicos Patricia Rocco & Paulo Saldiva



(Programa de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração; Programa de Pesquisa em Biodiversidade; Síntese de Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos; Sistema de Informação sobre a Biodiversidade Brasileira; Sistema Amazônico de Laboratórios Satélites), iniciativas de restauração e bioeconomia, projetos estratégicos de grande porte (Programa Antártico Brasileiro, Torre de observação - *Amazon Tall Tower Observatory*) e ações de resposta e preparação a emergências sanitárias, além do fortalecimento da diplomacia científica e de iniciativas de soberania tecnológica. Este artigo aponta que consolidar a ciência como política de Estado é condição essencial para garantir a continuidade desses programas, assegurar a produção de dados estratégicos, fortalecer a resiliência nacional e ampliar o protagonismo do Brasil no enfrentamento global das mudanças climáticas.

Palavras-chave: Biodiversidade; Ciência brasileira; Desenvolvimento sustentável; Diplomacia científica; Monitoramento ambiental; Mudanças climáticas; Soberania tecnológica.

ABSTRACT

Climate change constitutes an unequivocal threat to health, the environment, and planetary sustainability, and is considered the greatest global challenge of the twenty-first century. Brazil, which holds the world's lar-

gest biodiversity and vast strategic natural resources, occupies a unique role in this context. Its biomes, especially the Amazon, and its presence in Antarctica place the country as a key actor in both the mitigation and adaptation to the effects of the climate crisis. We analyze the main initiatives developed by the Brazilian scientific community through the Ministry of Science, Technology, and Innovation, highlighting science as a critical infrastructure for sustainable development and national sovereignty. Programs and platforms for monitoring and synthesis are examined (Long-Term Ecological Research Program; Biodiversity Research Program; Biodiversity and Ecosystem Services Synthesis; Brazilian Biodiversity Information System; Amazonian Satellite Laboratories System), as well as restoration and bioeconomy initiatives, large-scale strategic projects (Brazilian Antarctic Program, *Amazon Tall Tower Observatory*), and actions for preparedness and response to health emergencies, in addition to the strengthening of scientific diplomacy and technological sovereignty initiatives. This article points out that consolidating science as a state policy is an essential condition to ensure the continuity of these programs, secure the production of strategic data, strengthen national resilience, and expand Brazil's leadership in addressing global climate change.



Keywords: Biodiversity; Brazilian science; Climate change; Environmental monitoring; Scientific diplomacy; Sustainable development; Technological sovereignty.

INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas impõem desafios sistêmicos e interdependentes que ameaçam os equilíbrios ambientais, a saúde pública, a segurança alimentar e a estabilidade socioeconômica global. Seus impactos se manifestam de forma aguda em países de alta biodiversidade e grandes desigualdades, como o Brasil, onde extremos climáticos, queimadas, degradação florestal e insegurança hídrica agravam vulnerabilidades históricas (1,2). A Organização Mundial da Saúde (OMS) já reconhece as mudanças climáticas como a maior ameaça à saúde global do século XXI, o que exige respostas multissetoriais, sustentadas por ciência robusta, inovação tecnológica e governança interinstitucional.

Nesse contexto, a Amazônia destaca-se como um território estratégico e sensível. Sua relevância vai além das fronteiras nacionais, influenciando diretamente o regime de chuvas da América do Sul, o equilíbrio climático planetário e a regulação de ciclos ecológicos fundamentais. Ao mesmo tempo, é palco de conflitos socioambientais, pressões econômicas predatórias e processos de exclusão histórica. A resposta científica a

essas questões exige abordagens integradas que considerem, simultaneamente, a biodiversidade, a sociobiodiversidade, os saberes tradicionais, a justiça ambiental e as tecnologias emergentes. Modelos inovadores como os Sistema Amazônico de Laboratórios Satélites (SALAS) e o programa Regenera Brasil emergem como exemplos de estratégias articuladas para geração descentralizada de conhecimento, fortalecimento da resiliência local e suporte à formulação de políticas públicas baseadas em evidências (3-6).

A pandemia de COVID-19 escancarou as conexões entre degradação ambiental, emergência sanitária e desigualdade social, e evidenciou a importância de sistemas científicos nacionais articulados, com capacidade de resposta rápida e eficaz. No Brasil, a criação da RedeVírus MCTI, a mobilização de plataformas vacinais, o fortalecimento de laboratórios de vigilância genômica e a intensificação da cooperação interinstitucional demonstraram o potencial da ciência nacional, inclusive em cenários de escassez de recursos e de instabilidade política (2). Essa capacidade de resposta não surgiu de forma súbita, é fruto de uma construção histórica que envolve décadas de investimento público, consolidação de instituições científicas, formação de recursos humanos e redes de cooperação científica e tecnológica. As ações implementadas durante décadas, muitas das quais detalhadas neste artigo, são, portanto,



expressão de um acúmulo estratégico que se-gue em construção.

Ao longo deste artigo, serão apresenta-das políticas públicas, programas e iniciati-vas conduzidas no Brasil e por seus pesqui-sadores, com foco na interface entre ciência, sustentabilidade e inovação. Destacam-se eixos estruturantes articulados principalmen-te pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações, como a reorganização institucio-nal da pesquisa climática, a valorização das ciências da vida e da Terra, o fortalecimento da diplomacia científica, a transversalidade da bioeconomia e da abordagem de Saúde Única (*One Health*), além dos mecanismos de internacionalização do conhecimento, exemplificados pelo Painel Científico para a Amazônia e pelo Painel Brasileiro de Mu-danças Climáticas (7-9). Pretende-se, assim, evidenciar a contribuição da ciência brasi-leira na formulação de respostas aos desafios climáticos e na consolidação de um projeto nacional orientado por justiça social, susten-tabilidade e soberania do conhecimento.

Ciência, Infraestrutura e Monitoramento

As mudanças climáticas impõem a ne-cessidade de estruturar respostas científicas que vão além da observação pontual, articu-lando monitoramento contínuo, inovação tecnológica e integração social. Nesse con-texto, a ciência brasileira deve ser compre-endida como infraestrutura crítica, capaz de

sustentar a soberania, a resiliência e o desen-volvimento sustentável do país.

No nível do monitoramento ambien-tal, destacam-se iniciativas de longo prazo como o Programa de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração (PELD), o Programa de Pesquisa em Biodiversidade (PPBio) e o Centro de Síntese de Biodiversidade e Servi-ços Ecolossistêmicos (SinBiose). Presentes em todos os biomas: Amazônia, Cerrado, Caa-tinga, Mata Atlântica, Pantanal e Pampas , esses programas integram séries históricas de dados sobre biodiversidade, ecossistemas e serviços ambientais (10–13). O PELD orga-niza sítios de referência distribuídos em dife-rentes ecossistemas, permitindo acompanhar de forma padronizada processos de longo prazo, como sucessão florestal, dinâmica de populações e efeitos de perturbações antró-picas. O PPBio complementa esse esforço com inventários biológicos e protocolos de monitoramento comparáveis entre biomas, fortalecendo coleções científicas e a dispo-nibilização de dados abertos. Já o SinBiose atua como centro articulador, promovendo síntese interdisciplinar das informações dis-poníveis, integrando diferentes áreas do co-nhecimento para orientar políticas públicas e estratégias de conservação. Essa arquite-tura conjunta amplia a capacidade do país de compreender como a crise climática afeta realidades ecológicas e sociais distintas, for-necendo subsídios científicos fundamentais



para políticas de adaptação regionalizadas e de longo prazo (14,15).

A essa base territorial somam-se plataformas digitais que ampliam o alcance da informação e favorecem a integração entre ciência e gestão. O Sistema de Informação sobre a Biodiversidade Brasileira (SIBBr), interoperável com redes globais, democratizou o acesso a dados abertos de biodiversidade e tornou-se referência no intercâmbio internacional de informações (16). Já o AdaptaBrasil-MCTI traduz vulnerabilidades climáticas em escalas regionais e municipais, oferecendo indicadores práticos para gestores locais e permitindo a formulação de planos de adaptação mais precisos (17). Sistemas complementares como o Sistema de Registro Nacional de Emissões (SIRENE), que compila e disponibiliza dados oficiais sobre emissões de gases de efeito estufa no país, e o DataClima+, voltado à integração de séries históricas e projeções climáticas para subsidiar estudos de impacto e adaptação, reforçam a capacidade nacional de prever cenários e acompanhar tendências. Ao fornecer informações estruturadas e acessíveis, essas plataformas alinham ciência e governança, tornando os dados ambientais instrumentos efetivos para planejamento estratégico e para políticas públicas de longo prazo (18).

O Brasil também tem investido em iniciativas voltadas à restauração ecológica e à descentralização científica. O programa Re-

genera Brasil promove a recuperação de áreas degradadas com base em ciência, bioeconomia e participação de comunidades locais e povos tradicionais, articulando conservação ambiental e inclusão social (17). De forma complementar, os Sistema Amazônico de Laboratórios Satélites (SALAS) implantaram unidades de monitoramento regionais, incluindo laboratórios flutuantes e de selva, que aproximam a produção científica das populações amazônicas (Figura 1). Essa descentralização fortalece capacidades locais, promove a formação de jovens cientistas na própria região e conecta a Amazônia a redes internacionais de pesquisa (10).

Em escala internacional e estratégica, destaca-se o Programa Antártico Brasileiro (ProAntar), que consolidou a presença científica do Brasil no continente gelado. A reconstrução da Estação Comandante Ferraz, após o incêndio de 2012, e o funcionamento das estações Criosfera 1 e 2, localizadas a mais de 2.000 km ao sul da Ferraz, viabilizaram pesquisas de ponta sobre aerossóis, dinâmica atmosférica e interações oceano-clima. Esses dados são indispensáveis para modelagens globais que projetam impactos climáticos na América do Sul e no Brasil, incluindo efeitos sobre regimes de chuva, agricultura e saúde pública. Além de sua relevância científica, a presença brasileira na Antártica possui também dimensão geopolítica, reforçando a posição do país no Sistema do Tratado da



A



B



Figura 1 - Unidades do Sistema Amazônico de Laboratórios Satélites (SALAS): acima, o Laboratório Flutuante Vitória Régia (A), instalado em ambiente ribeirinho; abaixo, o Laboratório de Selva Peixe-Boi (B). Ambos integram infraestrutura científica descentralizada na Amazônia, aproximando pesquisa de comunidades locais e ampliando a coleta de dados ambientais.



Antártica e assegurando protagonismo na governança climática global.

Na Amazônia, duas iniciativas se destacam pela relevância internacional: A Torre ATTO (Amazon Tall Tower Observatory) da Amazônia e o AmazonFACE. A torre ATTO, com 325 metros de altura no coração da floresta, constitui a mais alta estrutura de monitoramento ambiental da América do Sul e permite medições únicas das interações entre ecossistema, atmosfera e clima, incluindo fluxos de carbono, partículas em suspensão e gases traço (Figura 2). O AmazonFACE consiste em uma estrutura experimental instalada em área de floresta próxima a Manaus, formada por torres circulares que liberam dióxido de carbono (CO₂) diretamente na copa das árvores. Esse arranjo cria, em condições naturais, a atmosfera projetada para as próximas décadas, permitindo avaliar como a floresta responderá em termos de produtividade, resiliência e biodiversidade. Em conjunto, esses projetos reforçam a liderança científica do Brasil no estudo dos retornos climáticos globais e oferecem insumos fundamentais para prever cenários de risco e orientar políticas ambientais em escala planetária (5-7).

Essa lógica de monitoramento contínuo de riscos também se estendeu ao campo da saúde, cada vez mais interligada ao clima. A experiência da RedeVírus/MCTI, comitê de especialistas criado em fevereiro

de 2020, antes mesmo de a OMS decretar a COVID-19 como pandemia, consolidou um modelo inovador de resposta rápida e vigilância ampliada (Figura 3). Integrando vigilância epidemiológica e ambiental, diagnóstico molecular, biotecnologia e cooperação interinstitucional, a rede demonstrou a capacidade de mobilizar ciência, governo e sociedade frente a emergências sanitárias (19). O legado dessa estrutura não se limitou ao enfrentamento da pandemia e se transformou em uma base permanente para vigilância integrada, capaz de responder a riscos emergentes intensificados pelas mudanças climáticas. Em 2023, a RedeVírus, por meio da Rede Previr, ampliou a vigilância para a influenza aviária (H5N1) em aves migratórias em pontos estratégicos como o Parque Nacional da Lagoa do Peixe (RS) e o Pantanal, estruturando protocolos de pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I) para antecipar potenciais introduções do vírus no território nacional. A rede também atuou no monitoramento da mpox (Monkeypox), consolidando-se como plataforma ágil e versátil de resposta a diferentes ameaças infecciosas (20).

Assim, a RedeVírus exemplifica como investimentos em ciência e inovação podem gerar estruturas permanentes de preparação. Sua atuação mostra que o Brasil pode articular infraestruturas de monitoramento climático, ambiental e sanitário em um mesmo ar-



A



Figura 2 - Torre de observação ATTO (Amazon Tall Tower Observatory), localizada na floresta amazônica, com 325 metros de altura (A). A estrutura permite o monitoramento contínuo das interações entre a floresta e a atmosfera, sendo estratégica para compreender o papel da Amazônia na regulação climática global. Estrutura interna (B)

B

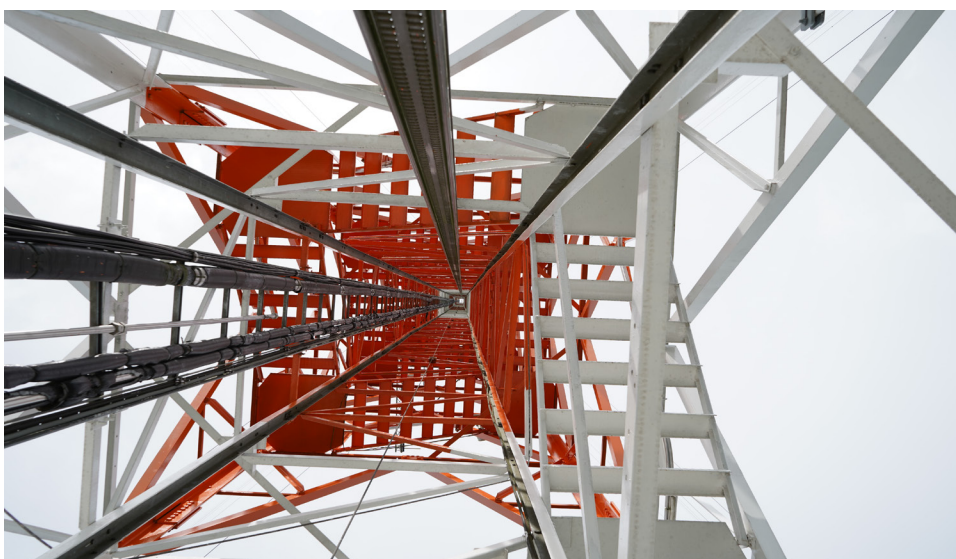




Figura 3 - Reunião histórica da RedeVirus-MCTI realizada em 10 de fevereiro de 2020, na sala do Conselho do MCTI, em Brasília. O encontro reuniu especialistas de diferentes instituições para estruturar a rede nacional de enfrentamento à COVID-19, antecipando-se à declaração oficial de pandemia pela Organização Mundial da Saúde (10 de março de 2020)..

cabouço, essencial para enfrentar um futuro em que as mudanças climáticas tendem a intensificar a emergência de novos patógenos.

Ao articular programas nacionais de monitoramento, plataformas digitais, iniciativas de restauração, infraestrutura polar e amazônica, e mecanismos de resposta rápida, o Brasil evidencia que ciência e soberania caminham juntas. Essa arquitetura integrada transforma a produção científica em patri-

mônio estratégico, indispensável para adaptação climática, inclusão social e fortalecimento da posição internacional do país.

Integração Política, Diplomacia Científica e Soberania Tecnológica

O enfrentamento das mudanças climáticas exige que ciência e política caminhem de forma articulada. Programas de moni-



toramento e pesquisa só alcançam impacto quando traduzidos em políticas públicas, e estas, por sua vez, fortalecem a diplomacia científica e abrem espaço para investimentos em soberania tecnológica. Nesse encadeamento, a ciência deixa de ser apenas diagnóstico e passa a constituir instrumento ativo de transformação social, econômica e ambiental.

Um exemplo emblemático dessa tradução entre conhecimento e decisão é o Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (PBMC), que converte evidências científicas em recomendações concretas para gestores (21). De forma complementar, o Painel Científico para a Amazônia (*Scientific Panel for the Amazon* – SPA) reuniu especialistas de diferentes países da Pan-Amazônia e demonstrou a capacidade brasileira de liderar iniciativas regionais baseadas em evidências. O *Amazon Assessment Report 2021*, lançado durante a COP26, ampliou a base de cooperação pan-amazônica e fortaleceu a diplomacia ambiental em torno de políticas de conservação e desenvolvimento sustentável (22–24).

Instituições estratégicas, como o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e o Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN), aprofundam esse diálogo ciência-política ao fornecer dados confiáveis em tempo real. O INPE, por meio dos programas

PRODES (Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal por Satélite) e DETER (Sistema de Detecção do Desmatamento em Tempo Real), monitora desmatamento e queimadas por satélite; já o CEMADEN emite alertas de enchentes e deslizamentos que protegem populações vulneráveis (24,25). Essas bases científicas não apenas subsidiam políticas internas, mas também legitimam a posição do Brasil em fóruns multilaterais, ao demonstrar capacidade de gerar informações robustas e aplicáveis.

Esse esforço de integração se estende também ao campo clima-saúde. A Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz) estruturou o Observatório de Clima e Saúde e ferramentas como o InfoDengue, que unem vigilância epidemiológica, dados climáticos e comunicação de risco para arboviroses (26). A lógica de urgência institucional demonstrada pela RedeVírus, criada pelo MCTI no início da pandemia de COVID-19, reforça a lição de que a capacidade técnico-científica nacional pode ser rapidamente mobilizada para enfrentar emergências, sejam elas sanitárias, climáticas ou ambas, como zoonoses, doenças zoonóticas e ondas de calor agravadas pelo aquecimento global (27).

No eixo da soberania tecnológica, essa articulação se materializou em investimentos em plataformas vacinais, biofármacos, semicondutores, tecnologias digitais e ener-



gias renováveis (27). Tais áreas são cruciais para reduzir a dependência externa em insumos críticos, sobretudo em momentos de crise global. A experiência da RedeVírus evidenciou que redes nacionais ágeis podem conectar universidades, setor produtivo e agências de fomento em soluções adaptadas às necessidades brasileiras, ensinamento que se aplica também ao enfrentamento da crise climática.

Por fim, é no território que ciência, diplomacia e tecnologia se encontram com a dimensão social. Tecnologias sociais e cadeias produtivas da bioeconomia, apoiadas pelo MCTI, reforçam essa conexão ao promover inclusão e sustentabilidade. No semiárido baiano, o manejo do licuri gera renda e fortalece a segurança alimentar; na Amazônia, o manejo comunitário do pirarucu, associado à produção de açaí, castanhas, cacau e cupuaçu, exemplifica como a pesquisa científica pode se articular a comunidades locais para conservar recursos naturais e, ao mesmo tempo (28). No arquipélago do Bailique (Amapá), iniciativas apoiadas por projetos de bioeconomia combinaram capacitação local, manejo comunitário e pesquisa aplicada para qualificar a produção de açaí (Figura 4). Essa experiência mostra como a ciência pode agregar valor a cadeias tradicionais, fortalecer populações ribeirinhas e, ao mesmo tempo, reduzir pressões sobre o ecossistema. Esses projetos demonstram que

a transição climática, quando apoiada pela ciência, pode se tornar também oportunidade de desenvolvimento regional, inclusão social e redução de desigualdades.

Em síntese, as mudanças climáticas não configuram apenas um problema ambiental, mas uma transformação estrutural que desafia as formas como sociedades produzem conhecimento, organizam economias e projetam seu futuro coletivo (1). Nesse cenário, a ciência brasileira ocupa lugar singular, não apenas por oferecer dados e diagnósticos, mas por apontar caminhos concretos de adaptação e mitigação que conjugam biodiversidade, inovação tecnológica e inclusão social.

Os programas e iniciativas destacados ao longo deste artigo mostram que o país dispõe de instrumentos capazes de gerar evidências robustas para políticas públicas e, ao mesmo tempo, de conectar ciência de fronteira com realidades locais (2). Contudo, a existência dessas capacidades não garante, por si só, sua plena efetividade. O desafio central reside na capacidade de transformá-las em políticas públicas duradouras, protegidas contra ciclos de instabilidade orçamentária, descontinuidade administrativa e fragmentação institucional.

A experiência recente evidencia avanços notáveis, mas também fragilidades persistentes. A ciência nacional responde com agilidade em contextos de crise, como demonstra-



A



B



Figura 4 - Laboratório-escola flutuante de agrobiodiversidade do Bailique (A), com pesquisadores, alunos e tutores (B). Unidade do CVT que integra formação técnica, pesquisa aplicada e processamento do açaí, articulando ciência e comunidades tradicionais para a bioeconomia sustentável na Amazônia.



do pela RedeVírus durante a pandemia, mas ainda carece de previsibilidade orçamentária e integração sistêmica entre agências, ministérios e entes federados (25). A ausência dessa estabilidade compromete a continuidade de programas de longo prazo, essenciais para o monitoramento ambiental, para a construção de soberania tecnológica e para a inserção do Brasil em redes globais de pesquisa (29, 30).

Ao mesmo tempo, o potencial transformador das cadeias produtivas da bioeconomia, da restauração ecológica e das tecnologias sociais permanece subaproveitado. Embora iniciativas como o manejo do piracuru, a valorização do licuri ou a produção de açaí e cupuaçu demonstrem o poder de vincular conservação ambiental e inclusão socioeconômica, tais experiências ainda precisam ser escaladas e integradas em estratégias nacionais que articulem ciência, mercado e justiça social (29).

Apesar dos avanços, permanecem desafios que exigem maior integração entre ciência, política e sociedade, sobretudo na Amazônia. É necessário ampliar a capacidade técnica para identificar e recuperar áreas degradadas de pastagem, fortalecer sistemas de vigilância ambiental e combater atividades ilegais que comprometem a conservação e a segurança territorial. Paralelamente, políticas de educação e capacitação científica voltadas a jovens e comunidades locais são essenciais para consolidar um modelo de

desenvolvimento que una bioeconomia, tecnologias sociais e geração de renda sustentável. Essas ações representam a fronteira onde o conhecimento científico se converte em transformação estrutural, preparando o país para transitar de respostas pontuais a uma estratégia integrada e de longo prazo.

Assim, ciência, política, diplomacia e soberania tecnológica configuram uma arquitetura integrada. O fortalecimento dessa articulação é essencial para transformar conhecimento em poder político, resiliência social e protagonismo internacional diante da crise climática.

CONCLUSÕES

As evidências reunidas ao longo deste artigo demonstram que a ciência brasileira constitui uma infraestrutura estratégica para a adaptação climática, a proteção da biodiversidade, a soberania tecnológica e a coesão social. Os programas analisados expressam um acúmulo histórico de capacidades que não pode ser tratado como política conjuntural. Consolidar essa arquitetura científica como política de Estado, com estabilidade institucional, financiamento previsível e articulação interministerial, é condição essencial para transformar conhecimento em resiliência nacional e em capacidade efetiva de atuação no cenário internacional no enfrentamento das mudanças climáticas.



Financiamento

Este trabalho foi apoiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq, processo nº 304523/2024-0), pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (Faperj, CNE, processo nº E-26/200.149/2026), e pelo Instituto Nacional de Tecnologias Avançadas em Diagnóstico e Prognóstico de Doenças Crônicas e Negligenciadas (INATEC, processo nº 408142/2024-3).

Conflitos de Interesse

O autor declara não haver conflitos de interesse para a redação deste trabalho.

REFERÊNCIAS

1. IPCC. Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva: IPCC; 2023. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/>
2. Watts N, Amann M, Arnell N, Ayeb-Karlsson S, Belesova K, Boykoff M, et al. The 2023 report of the Lancet Countdown on health and climate change: the imperative for a health-centred response in a world facing irreversible harms. *Lancet*. 2023; 402(10414):2346-90. doi: 10.1016/S0140-6736(23)01859-7
3. Simões-Sousa IT, Reboita MS, Maren-go JA, Rehbein A, Drumond A, Bender F. The May 2024 flood disaster in southern Brazil: causes and impacts. *Geophys Res Lett*. 2025; 52(2):e2024GL112442. doi: 10.1029/2024GL112442
4. Reboita MS, Drumond A, Pardo LC, Ambrizzi T, Silva GAM. A multi-scale analysis of the extreme precipitation in southern Brazil's Rio Grande do Sul state, April–May 2024. *Atmosphere*. 2024; 15(9):1123. doi: 10.3390/atmos15091123
5. Gesualdo GC, Silva MF da, Oliveira NMJ de, et al. Spatially compounding drought events in Brazil: variability, duration, and connectedness across regions. *Water Resour Res*. 2024; 60(7):e2023WR036629. doi:10.1029/2023WR036629.
6. Silva Junior CHL, Anderson LO, Espírito-Santo FDB, Aragão LEOC, Kalamandeen M, Lima A, et al. Persistent collapse of biomass in Amazonian forest edges following deforestation leads to unaccounted carbon losses. *Sci Adv*. 2020; 6(40):eaz8360. doi: 10.1126/sciadv.aaz8360.
7. Lapola DM, Brando PM, Almeida A, Arai E, Barlow J, Berenguer E, et al. AmazonFACE: assessing the effects of increased atmospheric CO₂ on the ecology and resilience of the Amazon forest – Science Plan 2025–2030. Campinas: AmazonFACE Project; 2023. Disponível em: <https://zenodo.org/records/13770177>
8. Andreae MO, Acevedo O, Araújo A, Artaxo P, Barbosa CGG, Barbosa HMJ, et al. The Amazon Tall Tower Observatory (ATTO): overview of pilot measurements on ecosystem ecology, meteorology, trace gases, and aerosols. *Atmos Chem Phys*. 2015; 15(18):10723–76. doi: 10.5194/acp-15-10723-2015
9. Flores BM, Staal A, Hirota M, Holmgren M, Oliveira RS, Rocha HR, et al. Critical transitions in the Amazon forest system. *Nature*. 2023; 622:759–65. doi:10.1038/s41586-023-06970-0
10. Joly CA, Scarano FR, Seixas CS, Metzger JP, Ometto JPHB, Bustamante MMC, et al. Brazilian assessment on biodiversity and ecosystem



- services: summary for policy makers. São Carlos: BPBES; 2019. doi: 10.1590/1676-0611-bn-2019-0865
11. Magnusson WE, Lima AP, Luizão R, Luizão F, Costa FRC, Castilho CV, et al. RAPELD: a modification of the Gentry method for biodiversity surveys in long-term ecological research sites. *Biota Neotrop.* 2005; 5(2):19–24. doi: 10.1590/S1676-06032005000300002
 12. Colli GR, Vieira CR, Dianese JC. Biodiversity and conservation of the Cerrado: recent advances and old challenges. *Biodivers Conserv.* 2020; 29(5):1465–1475. doi:10.1007/s10531-020-01967-x.
 13. Cordeiro CAMM, Aued AW, Barros F, Bastos AC, Bender M, Mendes TC, et al. Long-term monitoring projects of Brazilian marine and coastal ecosystems. *PeerJ.* 2022; 10:e14313. doi:10.7717/peerj.14313
 14. Sousa-Baena MS, Garcia LC, Peterson AT. Completeness of digital accessible knowledge of the plants of Brazil and priorities for survey and inventory. *Diversity Distrib.* 2014;20(10):369–381. doi:10.1111/ddi.12136
 15. Scarano FR, Joly CA. Biodiversity and ecosystem services in Brazil: advancing the science and policy agenda. *Curr Opin Environ Sustain.* 2019; 39:90–95. doi:10.1016/j.co-sust.2019.09.005.
 16. Davidson AD, Boyer AG, Brown JH, Ceballos G, Dayan T, Ernest SKM, et al. Multiple ecological pathways to extinction in mammals. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2009; 106(26):10702–5. doi:10.1073/pnas.0901891106
 17. De Moraes FR, Oliveira AS, Oliveira NA, Matos DC. The AdaptaBrasil platform: assessing climate change vulnerability in Brazil. *Clim Serv.* 2022; 26:100292. doi:10.1016/j.cliser.2022.100292
 18. Brum FT, Graham CH, Costa GC, Hedges SB, Penone C, Radeloff VC, et al. Global priorities for conservation across multiple dimensions of mammalian diversity. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2017; 114(29):7641–7646. doi:10.1073/pnas.17064611114
 19. Romano CM, de Moraes MM, Mendrone A, Grotto RMT, Pannuti CS, Massad E, et al. The Brazilian virology network: contributing to research, capacity building, and preparedness for future viral pandemics. *PLoS Negl Trop Dis.* 2021; 15(3):e0009445. doi: 10.1371/journal.pntd.0009445
 20. Ambrizzi T, Araujo M, Wainer I, et al. The Brazilian Panel on Climate Change: scientific basis for policy-making. *Climatic Change.* 2018; 152(1):1–12. doi: 10.1007/s10584-018-2324-5
 21. Lovejoy TE, Nobre C. Amazon tipping point: last chance for action. *Sci Adv.* 2019; 5(12):eaba2949. doi: 10.1126/sciadv.aba2949
 22. Artaxo P. Working together for Amazonia. *Science.* 2019; 363(6425):323. doi: 10.1126/science.aaw6986
 23. Science Panel for the Amazon. Amazon Assessment Report 2021. New York: United Nations Sustainable Development Solutions Network; 2021. Disponível em: <https://www.theamazonwewant.org/spa-reports/>
 24. Shimabukuro YE, dos Santos JR, Formaggio AR, Duarte V, Rudorff BFT. The Brazilian Amazon Monitoring Program: PRODES and DETER Projects. In: Achard F, Hansen MC, editors. *Global Forest Monitoring from Earth Observation.* Boca Raton: CRC Press; 2012. p. 17–34.
 25. Saito SM, Teixeira de Lima GR, Marchezini V, Silva Dias MAF, Campos D, Alves A, et al. Evaluation by the end-users of disaster risk warnings in Brazil. *Sustainability.* 2019; 11(3):715. doi:10.3390/su11030715.
 26. Codeço C, Coelho F, Cruz O, Oliveira S, Castro T, Bastos L, et al. A nowcasting system for the surveillance of arboviruses in Brazil. *Rev Epidemiol Santé Publique.* 2018; 66:S386. doi:10.1016/j.respe.2018.05.408.



27. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI). RedeVírus MCTI. Brasília: MCTI; 2020–2022. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/coronavirus>.
28. Rodrigues DC, Silva HP, Almeida JG, Pereira AM. Sociobioeconomy and social technology in the Amazon region. *Rev Adm Contemp*. 2024; 28(3):e1666. doi:10.1590/1982-7849rac20242301666.en
29. Simões JC, Bremer UF. Brazilian Antarctic research: past, present and future. *Polar Sci*. 2016;10(3):368–375. doi:10.1016/j.polar.2016.05.002
30. Marcher C, Evangelista H, Simões JC, Júnior CR, Handley M, Young J, et al. Water stable isotopes in snow along a traverse of West Antarctica. *An Acad Bras Cienc*. 2022; 94(Suppl 2):e20201859. doi:10.1590/0001-376520220201859

SAÚDE MENTAL E CRISE CLIMÁTICA: A NECESSIDADE DE UMA ABORDAGEM PROATIVA EM RESILIÊNCIA COMUNITÁRIA E PREPARO PARA DESASTRES

Mental Health and Climate Crisis: The Need for a Proactive Approach to Community Resilience and Disaster Preparedness

Santiago Madeira Diefenthaler*¹, Bernardo Madeira Diefenthaler¹, Marina Luiza Hartmann¹, Simone Hauck¹ & Flávio Kapczinski^{1,2}

¹ SMD - ORCID: 0009-0002-6347-7191, e-mail: santiagoomdief@gmail.com; BMD - ORCID: 0009-0008-7595-6521, e-mail: bdiefenthaler@hcpa.edu.br; MLH - ORCID: 0009-0003-7714-6948, e-mail: mlhartmann@hcpa.edu.br; SK - ORCID: 0000-0001-7632-5758, e-mail: shauck@hcpa.edu.br; FK - ORCID: 0000-0001-8738-856X, e-mail: flavio.kapczinski@gmail.com; Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, RS, Brasil.

Destaques

• Mudanças climáticas intensificam transtornos mentais e suicídio. • Resiliência comunitária é uma lente indispensável para pensar o desenvolvimento social. • Capital social trata da tessitura das relações que conectam uma comunidade. • Resiliência Comunitária e Capital Social são fatores protetivos no contexto de desastres. • Políticas devem integrar saúde mental às estratégias de adaptação a desastres.

RESUMO

As mudanças climáticas configuram uma ameaça imediata e crescente à saúde global,

sendo descritas como o maior desafio sanitário do século XXI. Seus impactos abrangem desde ondas de calor, desastres ambientais e insegurança hídrica e alimentar até a intensificação de doenças infecciosas e não transmissíveis. Estima-se que mais de 3,6 bilhões de pessoas vivam em condições de alta vulnerabilidade climática, especialmente em países de baixa e média renda, perpetuando desigualdades históricas. Nesse contexto, os efeitos sobre a saúde mental ganham destaque, pois se manifestam de forma ampla e cumulativa, incluindo ansiedade, depressão, transtorno de estresse pós-traumático, abuso de substâncias e aumento das taxas de suicídio. Além dos

* Correspondência: Faculdade de Medicina - UFRGS - Rua Ramiro Barcelos, 2400, 2º andar 90035-003 - Porto Alegre, RS - Brasil. E-mail: santiagoomdief@gmail.com

Recebido em: 23/9/2025 - Aceito para publicação em: 11/02/2026

Revisores:

Acadêmicos Antônio Egidio Nardi & José Augusto Messias



danos individuais, configuram também um processo de “adoecimento comunitário”, relacionado a perdas socioeconômicas e agravamento de iniquidades sociais. Diante dessa realidade, a resiliência comunitária e o capital social emergem como conceitos centrais para a mitigação dos efeitos psicossociais. Evidências indicam que ambos são fatores protetivos frente a eventos extremos, embora possam gerar também sobrecarga emocional em indivíduos altamente engajados, ressaltando a importância de um amplo amparo psicológico tanto para vítimas quanto para voluntários. As recentes inundações no Rio Grande do Sul exemplificam a convergência entre vulnerabilidade estrutural e crise climática, evidenciando a necessidade de integrar saúde mental a estratégias de adaptação e resposta a desastres. Assim, políticas públicas devem priorizar o fortalecimento das redes de atenção psicossocial e a valorização do papel das universidades na promoção de resiliência e inovação comunitária.

Palavras-chave: Capital social, Desastres climáticos, Mudanças climáticas, Saúde mental, Resiliência comunitária

ABSTRACT

Climate change poses an immediate and growing threat to global health, described as the greatest health challenge of the 21st

century. Its impacts range from heatwaves, environmental disasters, and water and food insecurity to the exacerbation of infectious and non-communicable diseases. It is estimated that more than 3.6 billion people live in conditions of high climate vulnerability, especially in low- and middle-income countries, perpetuating historical inequalities. In this context, effects on mental health gain prominence, as they manifest broadly and cumulatively, including anxiety, depression, post-traumatic stress disorder, substance abuse, and increased suicide rates. Beyond individual harm, these effects also constitute a process of “community sickening”, related to socioeconomic losses and the aggravation of social inequities. Given this reality, community resilience and social capital emerge as central concepts for mitigating psychosocial effects. Evidence indicates that both are protective factors against extreme events, although they may also generate emotional overload in highly engaged individuals, highlighting the importance of broad psychological support for both victims and volunteers. The recent floods in Rio Grande do Sul exemplify the convergence between structural vulnerability and the climate crisis, underscoring the need to integrate mental health into disaster adaptation and response strategies. Thus, public policies must prioritize strengthening psychosocial care networks and valuing the role of univer-



sities in promoting resilience and community innovation.

Keywords: Climate change, Climate disasters, Community resilience, Mental health, Social capital.

INTRODUÇÃO

O contexto atual de mudanças climáticas coloca uma inequívoca e imediata ameaça à saúde e à sobrevivência da população global (1), sendo apontado como, potencialmente, o maior desafio à saúde do século 21 (2,3). Apesar do compromisso de limitar o aumento da temperatura global média em 1,5°C em relação aos níveis pré-industriais firmado no Acordo de Paris (2015), enquanto esse valor já atingiu 1,14°C (considerando a média no período de 2013 a 2022) (4), as emissões de gases estufas globais atingiram níveis recordes em 2021 e 2022 (5,6). É estimado que mais de 3,6 bilhões de pessoas vivam em condições de alta vulnerabilidade a impactos de mudanças climáticas (1), sendo os países de baixa e baixa-média renda os mais suscetíveis - apesar de historicamente terem contribuído pouco para as emissões globais (7) - exacerbando iniquidades de saúde existentes (8).

As ameaças à saúde provocadas pelas mudanças climáticas são variadas, incluindo ondas de calor, eventos climáticos extre-

mos, desastres ambientais, insegurança da qualidade da água e alimentos, intensificação da transmissão de doenças infecciosas e poluição do ar (8–10). Diversos estudos vêm sendo globalmente desenvolvidos com o objetivo de evidenciar os impactos causados por esses fatores, apontando para piores expressivas do quadro nas últimas décadas e projeções ainda mais preocupantes para as décadas futuras (8).

Segundo estimativas da Organização Mundial da Saúde (OMS), cerca de 2 bilhões de pessoas carecem de acesso a fontes de água potável seguras (11), situação agravada pelo aumento da área terrestre global afetada anualmente por seca extrema, o qual aumentou de 18% entre 1951-60 para 47% entre 2013-22(12). Referente à exposição a ondas de calor, o número de dias de ondas de calor entre 2013–22 aumentou 94% em escala global, quando comparado ao período de 1986-2005 (13,14). Associado a esse contexto, entre 2013-22 a estimativa de mortalidade anual relacionada ao calor cresceu 85% na comparação com 1991-2000 (15) a nível global, enquanto na América Latina essa variação foi ainda mais significativa, com o mesmo parâmetro aumentando em 140% na comparação de 2000-2009 para 2013-2022 (16). No que tange à segurança alimentar, 735 milhões de pessoas passaram fome em 2022 (17), e as mudanças climáticas estão agravando a in-



segurança alimentar ao prejudicar a produtividade agrícola, ao provocar diminuição da biodiversidade e da capacidade laboral dos trabalhadores rurais, ao ameaçar populações dependentes de recursos marinhos, ao romper cadeias de suprimentos e ao reduzir o acesso aos alimentos (18,19). Modificações nos padrões de temperatura e precipitações também favorecem a transmissão de doenças infecciosas transmitidas por vetores, água, alimentos e ar, com dados apontando cenários de aumento na transmissão de Zika vírus, malária, vírus do Nilo Ocidental, dengue, chikungunya e patógenos do gênero *Vibrio* não relacionados à cólera (8). Somado a isso, a OMS também aponta uma relação entre mudanças climáticas e a epidemia atual de doenças não transmissíveis, apontando ondas de calor, poluição do ar e queimadas como fatores preditores de doenças cardiovasculares e problemas respiratórios como asma, doença pulmonar obstrutiva crônica e câncer de pulmão (20). Ademais, os prejuízos também são econômicos, com o déficit decorrente de eventos climáticos extremos na América Latina atingindo o montante de US\$ 15,6 bilhões em 2022; realidade esta impulsionada pelas fracas políticas de adaptação presentes no subcontinente, indicando que o despreparo não é um caso isolado, mas uma tendência regional (16).

Entre os diversos desdobramentos das mudanças climáticas sobre a saúde, a dimen-

são da saúde mental vem ganhando destaque pelos impactos de curto e longo prazo associados às alterações climáticas (21,22). Nesse cenário, cresce também o debate sobre resiliência comunitária e capital social como fatores protetivos frente aos efeitos psicossociais e à adaptação a eventos climáticos extremos (23,24). Contudo, na América Latina, a pesquisa sobre essas interações permanece incipiente, o que limita a compreensão dos impactos e a formulação de políticas baseadas em evidências no contexto regional (16). Diante disso, torna-se urgente aprofundar a investigação sobre como eventos extremos e processos crônicos de degradação ambiental influenciam o bem-estar psicológico, perspectiva que orienta a presente discussão sobre a interface entre mudanças climáticas e saúde mental.

SAÚDE MENTAL E MUDANÇAS CLIMÁTICAS

A saúde mental é uma área especialmente afetada pelas mudanças climáticas (21,25,26). Os impactos causados em tal caracterizam-se por serem amplos, profundos, cumulativos e ainda relativamente pouco elucidados na literatura, provocando taxas aumentadas de suicídio, ansiedade, transtornos de humor, abuso de substâncias, distúrbios do sono, transtorno do estresse agudo e transtorno do estresse pós-traumático

(TEPT) (22). Além desses aspectos, a saúde mental também pode ser afetada indiretamente, por prejuízos provocados na saúde física e no bem-estar comunitário (25). Há, portanto, uma triangulação importante entre mudanças climáticas, sociedade e indivíduo (Figura 1), na qual as alterações do clima determinam não só o adoecimento individual, por meio do impacto direto na saúde física e mental dos indivíduos, mas também um “adoecimento comunitário”, por meio do prejuízo socioeconômico e agravamento de iniquidades sociais pré-existentes que tam-

bém funcionam como fatores de risco para saúde mental do indivíduo. Da mesma forma, o adoecimento individual também gera impacto socioeconômico significativo, gerando custos aos sistemas de saúde e a sociedade de forma geral.

Eventos climáticos podem ser divididos em 3 grupos de acordo com a temporalidade de seus efeitos, o que determina características diferentes de impacto à saúde mental (22). Mudanças climáticas de longa duração - como aumento dos níveis médios de temperatura, dos níveis dos mares e surgimen-

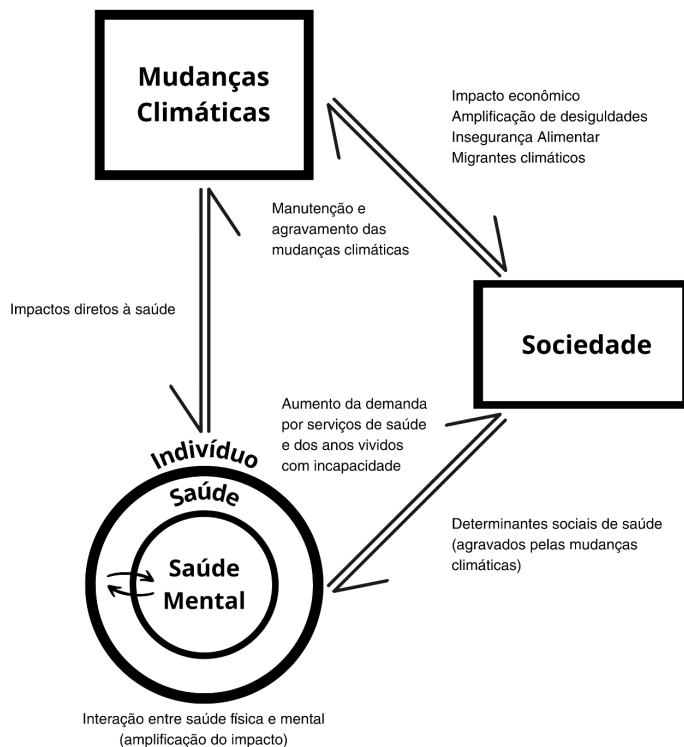


Figura 1 - Dinâmica cíclica entre mudanças climáticas, sociedade e indivíduo.



to de ambientes potencialmente inabitados - têm sido associadas a níveis aumentados de ansiedade e transtornos de humor (especialmente entre jovens e jovens adultos) (27,28); eventos subagudos - como secas e ondas de calor de longa duração - tem sido associados ao aumento nas taxas de suicídio (29,30); e eventos agudos - como furacões, enchentes, queimadas e ondas de calor de curta duração - têm sido mais fortemente relacionados à TEPT(31–34). Grupos em situação de suscetibilidade socioambiental - incluindo aqueles em moradias precárias ou regiões de alta exposição a eventos climáticos adversos-, indígenas, idosos, migrantes climáticos e crianças estão entre as populações mais vulneráveis ao impacto na saúde mental decorrente de mudanças climáticas (35). Entre os potenciais fatores que alteram a saúde mental em relação a mudanças climáticas, podemos citar perdas econômicas, ameaças à saúde física, deslocamento de indivíduos de suas casas devido a danos materiais, conflitos sociais e violência entre grupos (36).

Diante desse cenário, os desastres naturais podem ser compreendidos como a agudização do problema crônico das mudanças climáticas. A crescente frequência e intensidade de eventos climáticos extremos tornaram-se uma realidade palpável para os brasileiros com as recentes inundações de maio de 2024, no Rio Grande do Sul (37,38). Tal como na prática clínica, onde a exacerbação

de uma condição de base frequentemente exige uma mudança de conduta, as inundações no Sul funcionaram como um severo diagnóstico. Elas expuseram uma dupla falha: por um lado, o despreparo infraestrutural e logístico para responder a desastres; por outro, a inerente vulnerabilidade socioeconômica da população frente ao impacto do evento (39). Isso sinaliza a necessidade inadiável de integrar os planos de prevenção, preparo e resposta a desastres às estratégias de desenvolvimento econômico em âmbitos municipal, estadual e nacional (40).

RESILIÊNCIA COMUNITÁRIA E CAPITAL SOCIAL

Nesse contexto de necessária reorientação, a resiliência comunitária e o capital social surgem como conceitos norteadores. Apesar das nuances em sua definição acadêmica, a resiliência comunitária é uma lente indispensável para pensar o desenvolvimento social adaptado ao clima (23). Ela transcende a mera capacidade de recuperação e abrange, de forma mais ampla, o cultivo e a articulação de um conjunto de capacidades adaptativas que mitigam os efeitos de eventos adversos e facilitam a reorganização da comunidade. Embora frequentemente associada a uma dimensão reativa — focada em lidar com as consequências imediatas para retornar ao "status quo" — ou responsiva —



que engloba o aprendizado gerado por um desastre —, seu potencial máximo se revela na abordagem proativa (41). Esta perspectiva trata o preparo como parte integral do desenvolvimento, incentivando intervenções preventivas e um processo dinâmico de avaliação contínua dos recursos materiais e imateriais de uma comunidade, abordando ativamente os problemas basais que os desastres agravam.

Intrinsecamente ligado à resiliência comunitária está o conceito de capital social. Se a resiliência é o objetivo macro, o capital social representa um de seus pilares fundamentais, tratando da "tessitura" das relações que conectam uma comunidade. Ainda que também apresente desafios conceituais, seu escopo é mais focado: refere-se ao grau de conectividade e qualidade dos laços interpessoais em uma comunidade (24). O capital social envolve a articulação das redes sociais, levando em consideração suas normas e valores, de forma a facilitar ações coletivas visando benefício mútuo (42). Dentro desse conceito, confiança, reciprocidade, posse e capacidade de mobilizar recursos materiais e imateriais, interconectividade e engajamento comunitário são pontos essenciais para o desenvolvimento resiliente de uma comunidade (41,43,44).

Na literatura, a falta de padronização na aferição da resiliência comunitária e do capital social decorrente, em parte, da falta de um consenso conceitual, dificulta a investigação

dos mecanismos pelos quais esses atributos impactam os desfechos de saúde mental no contexto pós-desastres ambientais. No âmbito da resiliência comunitária, evidências indicam que o fortalecimento de recursos individuais, interpessoais e coletivos associa-se a melhores desfechos pós-desastre em saúde mental, configurando-se como preditores de adaptação positiva(45). De modo semelhante, fatores de resiliência mostraram-se fortemente associados à redução do sofrimento psicológico (46), enquanto foi identificada uma relação positiva significativa entre resiliência comunitária e resiliência psicológica (47). O capital social cognitivo – que se refere mais fortemente à percepção de vínculos de qualidade, confiança e pertencimento – vem sendo apontado como fator protetor contra TEPT, depressão e ansiedade, além de estar associado à auto-eficácia aumentada (43). Já o capital social estrutural – que se refere à participação e ao engajamento com a comunidade – apresenta resultados inconsistentes, com alguns estudos demonstrando aumento de sintomas ansiosos na população (43,48). Esse padrão sugere que, enquanto o capital social estrutural pode oferecer suporte por meio de vínculos organizacionais (24), o engajamento cívico individual pode gerar maior percepção de perdas coletivas (49) e fadiga emocional (50). Isso reforça não apenas a importância de distinguir as dimensões do capital social, mas também de garantir re-



taguarda de amparo psicológico a indivíduos mais expostos a esse desgaste (51).

Curiosamente, tanto a resiliência comunitária quanto o capital social expõem um paradoxo central da vida moderna: a necessidade de laços coletivos sólidos em uma sociedade cada vez mais pautada pelo individualismo. Nesse cenário, cabe refletir sobre o papel ambivalente da tecnologia. Se por um lado ela pode ser uma poderosa ferramenta para a promoção do capital social, por outro, ela pode reforçar a fragmentação social. As inundações no Rio Grande do Sul ofereceram um exemplo notável desse potencial positivo, em que mídias e redes sociais catalisaram uma mobilização voluntária em escala e velocidade inéditas, demonstrando a capacidade tecnológica de articular a solidariedade. Contudo, essa mesma tecnologia carrega um risco inerente à arquitetura dos algoritmos, projetada para maximizar o engajamento, tendendo à criação de “bolhas sociais”. Com isso, corre-se o risco de se reproduzir e intensificar apenas uma faceta do capital social, fortalecendo apenas os laços entre pessoas com valores e identidades semelhantes, em detrimento da construção de conexões entre grupos diversos, o que é fundamental para a coesão social ampla. Sem essa diversidade, o capital social pode se converter em uma ferramenta perigosa de exclusão, reforçando a fragmentação, a polarização e a manutenção de privilégios de grupo (41,44). O desafio,

portanto, é como podemos usar as tecnologias não apenas para mobilizar os afins, mas para construir as pontes necessárias a uma resiliência que seja verdadeiramente coletiva e inclusiva.

DESAFIOS E PERSPECTIVAS

É fundamental reconhecer que todo evento climático extremo incide sobre um contexto socioeconômico prévio. No que tange à saúde mental, a população brasileira, de forma geral, lida com inúmeros estressores e fatores de risco basais que ameaçam a saúde mental da população (52–54), exacerbados por um histórico de descompasso entre demanda e oferta de assistência básica no contexto da saúde pública (55,56). Esse cenário indica que o despreparo logístico observado é reflexo de uma tendência regional de políticas insuficientes de adaptação. Diante disso, precisa-se primariamente trabalhar na base, fortalecendo as redes de atenção psicossocial e garantindo que o suporte psicológico básico seja acessível e capilarizado no território, preparando a população não apenas para crises, mas para os desafios cotidianos (39,57). Simultaneamente, políticas públicas que fomentem integração comunitária, reforçando o capital social e resiliência local, também devem ser desenvolvidas

Consequentemente, a resposta a eventos climáticos extremos não pode se limitar



a ações reativas pós-desastre. É imperativo adotar uma abordagem proativa no planejamento de resposta a desastres que incorporem o aspecto da saúde mental da população (39,40), priorizando psicoeducação, capacitação de líderes locais e formação de equipes de contingência, ampliando a capacidade de fornecer apoio psicológico com a devida segurança e amparo para aqueles que fornecerão o apoio. Além disso, as estratégias de desenvolvimento econômico em todos os níveis de governo precisam incluir avaliações de vulnerabilidade climática que considerem explicitamente os determinantes sociais da saúde. Isso significa planejar cidades, sistemas de energia e cadeias de produção que não apenas reduzam emissões, mas que também promovam a saúde e o bem-estar das populações mais vulneráveis (16).

Nesse contexto, as universidades desempenham um papel crucial. Além de seu potencial em produzir evidências científicas para embasar políticas públicas que visem prevenção e mitigação do impacto das mudanças climáticas, conforme a experiência do Rio Grande do Sul mostra, essas instituições possuem uma alta capacidade de organização e mobilização de recursos humanos e materiais na resposta a eventos extremos (58,59). A valorização desse espaço comunitário é um ponto-chave para a promoção de resiliência e desenvolvimento de soluções

inovadoras para a realidade da crise climática e enfrentamento de catástrofes.

CONCLUSÕES

As inundações no Rio Grande do Sul em 2024 não foram um evento isolado, mas a agudização de uma crise crônica que expõe a profunda vulnerabilidade social e de saúde do Brasil às mudanças climáticas, exigindo uma reorientação urgente das políticas de saúde pública. A resposta a tais eventos não deve ser apenas reativa, mas pautada na construção contínua de resiliência comunitária e capital social. O fortalecimento das redes de atenção psicossocial, de forma integrada às estratégias de desenvolvimento, é indispensável para garantir a capilarização do suporte. Dessa forma, a adaptação climática eficaz demanda uma abordagem proativa e multidimensional, que priorize a coesão social, a prevenção e a promoção de bem-estar psicológico como pilares centrais do desenvolvimento socioeconômico e do preparo para desastres em um contexto de incerteza climática.

Financiamento

Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS); Edital 06/24 – Outorga: 24/2551-0002112-4.



Conflitos de Interesse

Os autores declaram não haver conflitos de interesse para a redação deste artigo.

REFERÊNCIAS

1. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Climate change 2022 – impacts, adaptation and vulnerability: Working group II contribution to the sixth assessment report of the intergovernmental panel on climate change [Internet]. Cambridge, England: Cambridge University Press; 2023. Available from: <http://dx.doi.org/10.1017/9781009325844>.
2. Costello A, Abbas M, Allen A, Ball S, Bell S, Bellamy R, et al. Managing the health effects of climate change: Lancet and University College London Institute for Global Health Commission. *Lancet*. 2009 May 16;373(9676):1693–733.
3. Climate change and health: preparing for unprecedented challenges [Internet]. [cited 2025 Sep 10]. Available from: <https://www.who.int/news-room/speeches/item/climate-change-and-health-preparing-for-unprecedented-challenges>.
4. World Meteorological Organization [Internet]. 2023 [cited 2025 Sep 10]. Past eight years confirmed to be the eight warmest on record. Available from: <https://wmo.int/news/media-centre/past-eight-years-confirmed-be-eight-warmest-record#:~:text=2015%20to%202022%20are%20the,the%20fifth%20or%20sixth%20warmest>.
5. International Energy Agency [Internet]. Global CO2 emissions rebounded to their highest level in history in 2021. 2022 [cited 2025 Sep 10]. Available from: <https://www.iea.org/news/global-co2-emissions-rebounded-to-their-highest-level-in-history-in-2021>.
6. International Energy Agency [Internet]. Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group. 2023 [cited 2025 Sep 10]. Available from: <https://www.iea.org/news/global-co2-emissions-rose-less-than-initially-feared-in-2022-as-clean-energy-growth-offset-much-of-the-impact-of-greater-coal-and-oil-use>
7. Allafta H, Opp C. Climate change paradox: The least responsible for it encounters the most of its implications. *Climate*. 2024 Mar 6;12(3):38.
8. Romanello M, Napoli C di, Green C, Kennard H, Lampard P, Scamman D, et al. The 2023 report of the Lancet Countdown on health and climate change: the imperative for a health-centred response in a world facing irreversible harms. *Lancet*. 2023 Dec 16;402(10419):2346–94.
9. Campbell-Lendrum D, Neville T, Schweizer C, Neira M. Climate change and health: three grand challenges. *Nat Med*. 2023 Jul;29(7):1631–8.
10. Ebi KL. Climate changes health. *J Infect Dis*. 2024 Apr 12;229(4):926–7.
11. World Health Organization, United Nations Children's Fund, The World Bank. State of the world's drinking water: an urgent call to action to accelerate progress on ensuring safe drinking water for all. Genève, Switzerland: World Health Organization; 2022. 114 p.
12. Beguería S, Vicente-Serrano SM, Reig F, Latorre B. Standardized precipitation evapotranspiration index (SPEI) revisited: parameter fitting, evapotranspiration models, tools, datasets and drought monitoring. *Int J Climatol*. 2014 Aug;34(10):3001–23.
13. Chambers J. Global and cross-country analysis of exposure of vulnerable populations to heatwaves from 1980 to 2018. *Clim Change*. 2020 Nov;163(1):539–58.
14. de Perez EC, van Aalst M, Bischiniotis K, Mason S, Nissan H, Pappenberger F, et al. Global



- predictability of temperature extremes. *Environ Res Lett.* 2018 May 1;13(5):054017.
15. Liu Z, Anderson B, Yan K, Dong W, Liao H, Shi P. Global and regional changes in exposure to extreme heat and the relative contributions of climate and population change. *Sci Rep.* 2017 Mar 7;7:43909.
 16. Hartinger SM, Palmeiro-Silva YK, Llerena-Cayo C, Blanco-Villafuerte L, Escobar LE, Diaz A, et al. The 2023 Latin America report of the Lancet Countdown on health and climate change: the imperative for health-centred climate-resilient development. *Lancet Reg Health Am.* 2024 May;33(100746):100746.
 17. Food and Agriculture Organization, International Fund for Agricultural Development, UNICEF, World Food Programme, WHO. The state of food security and nutrition in the world 2023. Food and Agriculture Organization. Rome;
 18. Dasgupta S, Robinson EJZ. Attributing changes in food insecurity to a changing climate. *Sci Rep.* 2022 Mar 18;12(1):4709.
 19. Comeau S, Cornwall CE, DeCarlo TM, Doo SS, Carpenter RC, McCulloch MT. Resistance to ocean acidification in coral reef taxa is not gained by acclimatization. *Nat Clim Chang.* 2019 Jun;9(6):477–83.
 20. Climate change and noncommunicable diseases: connections [Internet]. [cited 2025 Sep 4]. Available from: <https://www.who.int/news/item/02-11-2023-climate-change-and-noncommunicable-diseases-connections?>
 21. Palinkas LA, Wong M. Global climate change and mental health. *Curr Opin Psychol.* 2020 Apr;32:12–6.
 22. Palinkas LA, O'Donnell ML, Lau W, Wong M. Strategies for delivering mental health services in response to global climate change: A narrative review. *Int J Environ Res Public Health.* 2020 Nov 18;17(22):8562.
 23. Norris FH, Stevens SP, Pfefferbaum B, Wyche KE, Pfefferbaum RL. Community resilience as a metaphor, theory, set of capacities, and strategy for disaster readiness. *Am J Community Psychol.* 2008 Mar;41(1-2):127–50.
 24. Harpham T, Grant E, Thomas E. Measuring social capital within health surveys: key issues. *Health Policy Plan.* 2002 Mar;17(1):106–11.
 25. Berry HL, Bowen K, Kjellstrom T. Climate change and mental health: a causal pathways framework. *Int J Public Health.* 2010 Apr;55(2):123–32.
 26. Doherty TJ, Clayton S. The psychological impacts of global climate change. *Am Psychol.* 2011 May;66(4):265–76.
 27. Albrecht G. Chronic environmental change: Emerging “psychoterratic” syndromes. In: *International and Cultural Psychology.* New York, NY: Springer New York; 2011. p. 43–56.
 28. Clayton S. Climate anxiety: Psychological responses to climate change. *J Anxiety Disord.* 2020 Aug;74(102263):102263.
 29. Hanigan IC, Butler CD, Kokic PN, Hutchinson MF. Suicide and drought in New South Wales, Australia, 1970-2007. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2012 Aug 28;109(35):13950–5.
 30. Vins H, Bell J, Saha S, Hess JJ. The mental health outcomes of drought: A systematic review and causal process diagram. *Int J Environ Res Public Health.* 2015 Oct 22;12(10):13251–75.
 31. Galea S, Brewin CR, Gruber M, Jones RT, King DW, King LA, et al. Exposure to Hurricane Related Stressors and Mental Illness after Hurricane Katrina. *Arch Gen Psychiatry.* 2007;64:1427–34.
 32. Nahar N, Blomstedt Y, Wu B, Kandarina I, Trisnantoro L, Kinsman J. Increasing the provision of mental health care for vulnerable, disaster-affected people in Bangladesh. *BMC Public Health.* 2014 Jul 10;14(1):708.
 33. Fernandez A, Black J, Jones M, Wilson L, Salvador-Carulla L, Astell-Burt T, et al. Flooding



- and mental health: a systematic mapping review. *PLoS One*. 2015 Apr 10;10(4):e0119929.
34. Bryant RA, Waters E, Gibbs L, Gallagher HC, Pattison P, Lusher D, et al. Psychological outcomes following the Victorian Black Saturday bushfires. *Aust N Z J Psychiatry*. 2014 Jul;48(7):634–43.
 35. White BP, Breakey S, Brown MJ, Smith JR, Tarbet A, Nicholas PK, et al. Mental health impacts of climate change among vulnerable populations globally: An integrative review. *Ann Glob Health*. 2023 Oct 6;89(1):66.
 36. Crane K, Li L, Subramanian P, Rovit E, Liu J. Climate change and mental health: A review of empirical evidence, mechanisms and implications. *Atmosphere (Basel)*. 2022 Dec;13(12):2096.
 37. Dantas LG, Ferreira AJF, Pinto Junior JA, Cortes TR, Neves DJD, de Oliveira BFA, et al. Projections of extreme weather events according to climate change scenarios and populations at-risk in Brazil. *Clim Change [Internet]*. 2025 Aug;178(8). Available from: <http://dx.doi.org/10.1007/s10584-025-03989-2>
 38. Marengo JA, Dolif G, Cuartas A, Camarinha P, Gonçalves D, Luiz R, et al. O maior desastre climático do Brasil: chuvas e inundações no estado do Rio Grande do Sul em abril-maio 2024. *Estud Av*. 2024;38(112):203–28.
 39. Scherer JN, Dipp T, Schaefer R, Mosmann CP, Ornell F. Insights on health burden, needs, and prevention strategies after the flood catastrophe in southern Brazil. *J Prev*. 2025 Aug;46(4):639–65.
 40. Prates-Baldez D, Ornell FR, Scherer JN, Diefenthaler SM, Kapczynski F, Balanzá-Martínez V, et al. Climate change and mental health: The urgent warning of Brazil and Spain's 2024 catastrophic floods. *Span J Psychiatry Ment Health [Internet]*. 2024 Dec 17; Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.sjpmh.2024.12.001>
 41. Carmen E, Fazey I, Ross H, Bedinger M, Smith FM, Prager K, et al. Building community resilience in a context of climate change: The role of social capital. *Ambio*. 2022 Jun;51(6):1371–87.
 42. Woolcock M. Social capital and economic development: Toward a theoretical synthesis and policy framework. *Theory Soc*. 1998;27(2):151–208.
 43. Hall CE, Wehling H, Stansfield J, South J, Brooks SK, Greenberg N, et al. Examining the role of community resilience and social capital on mental health in public health emergency and disaster response: a scoping review. *BMC Public Health*. 2023 Dec 12;23(1):2482.
 44. Mayer B. A review of the literature on community resilience and disaster recovery. *Curr Environ Health Rep*. 2019 Sep;6(3):167–73.
 45. Bakic H, Ajdukovic D. Resilience after natural disasters: the process of harnessing resources in communities differentially exposed to a flood. *Eur J Psychotraumatol*. 2021 Mar 18;12(1):1891733.
 46. Greene G, Paranjothy S, Palmer SR. Resilience and vulnerability to the psychological harm from flooding: The role of social cohesion. *Am J Public Health*. 2015 Sep;105(9):1792–5.
 47. Lee J, Blackmon BJ, Cochran DM, Kar B, Rehner TA, Gunnell MS. Community resilience, psychological resilience, and depressive symptoms: An examination of the Mississippi Gulf Coast 10 years after Hurricane Katrina and 5 years after the Deepwater Horizon oil spill. *Disaster Med Public Health Prep*. 2018 Apr;12(2):241–8.
 48. Wind TR, Fordham M, Komproue IH. Social capital and post-disaster mental health. *Glob Health Action*. 2011 Jun 15;4(1):6351.
 49. Amaral DJ, Erikson KT. Everything in its path: Destruction of community in the Buffalo Creek flood. *Econ Geogr*. 1979 Apr;55(2):167.



50. Weil F, Lee MR, Shihadeh ES. The burdens of social capital: How socially-involved people dealt with stress after Hurricane Katrina. *Soc Sci Res.* 2012 Jan;41(1):110–9.
51. Smiley KT, Clay LA, Ross AD, Chen YA. Multi-scalar and multi-dimensional conceptions of social capital and mental health impacts after disaster: the case of Hurricane Harvey. *Disasters.* 2022 Apr;46(2):473–98.
52. Bezerra H de S, Alves RM, de Souza TA, Medeiros A de A, Barbosa IR. Factors associated with mental suffering in the Brazilian population: A multilevel analysis. *Front Psychol.* 2021 Mar 25;12:625191.
53. Razzouk D, Cheli Caparrocce D, Sousa A. Community-based mental health services in Brazil. *Consort Psychiatr.* 2020 Sep 2;1(1):60–70.
54. Mari JJ, Kieling C, Ferri CP, Castaldelli-Maia JM, Rodrigues da Silva N, de Mello MF, Fidalgo TM, Sanchez ZM, Salum G, Almeida-Filho N. The S20 Brazilian Mental Health Report for building a just world and a sustainable planet: Part I. *Braz J Psychiatry.* 2024 Jun;46:e20243706.
55. Henriques Franca M, Bharat C, Novello E, Hwang I, Medina-Mora ME, Benjet C, et al. Towards measuring effective coverage: critical bottlenecks in quality- and user-adjusted coverage for major depressive disorder in São Paulo metropolitan area, Brazil. *Int J Ment Health Syst.* 2023 Jun 16;17(1):19.
56. Trapé TL, Campos RO. The mental health care model in Brazil: analyses of the funding, governance processes, and mechanisms of assessment. *Rev Saude Publica.* 2017 Mar 23;51(0):19.
57. Jatobá A, de Carvalho PVR. A resiliência do Sistema Único de Saúde não está (somente) nas respostas aos desastres. *Rev Saude Publica.* 2024 Jun 24;58(1):22.
58. Biolo A, Hauck S, Umpiere RN, Diefenthaeler SM, Hartmann ML, Desimon RH, et al. Actions and joint efforts of a public school of medicine to promote health and well-being during a climate disaster: A journey toward community resilience. *Trends Psychiatry Psychother* [Internet]. 2024 Sep 3; Available from: <http://dx.doi.org/10.47626/2237-6089-2024-0936>
59. Canuto R. Flooding and climate denialism are harming millions of people in southern Brazil. *BMJ.* 2024 Jul 10;386:q1519.

MECANISMOS BIOLÓGICOS DA EXPOSIÇÃO AO CALOR E IMPACTOS NA SAÚDE HUMANA NO CONTEXTO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Biological Mechanisms of Heat Exposure and Its Impacts on Human Health in the Context of Climate Changes

Paulo Saldiva*¹, Mariana Veras¹ & Micheline Zanotti Coelho¹

PS - ORCID: 0000-0003-2005-8253, e-mail: pepino@usp.br; MV - ORCID: 0000-0002-8363-4329, e-mail: verasine@usp.br e MZC - ORCID: 0000-0002-9732-1278, e-mail: coelhomicheline@gmail.com, Faculdade de Medicina da USP.

Destaques

• O aumento da temperatura ambiental constitui um determinante sistêmico da saúde. • A exposição ao calor desafia a termorregulação e pode ultrapassar os limites da homeostase. • A vulnerabilidade ao calor é biologicamente e socialmente determinada. • O calor deve ser reconhecido como um desafio central para a saúde pública no século XXI.

RESUMO

A elevação da temperatura ambiental, intensificada pelas mudanças climáticas globais e pela urbanização acelerada, constitui

hoje um dos determinantes ambientais mais relevantes da saúde humana. Este trabalho apresenta uma análise abrangente dos mecanismos biológicos, fisiológicos e fisiopatológicos envolvidos na exposição ao calor, articulando evidências da fisiologia da termorregulação, da epidemiologia ambiental e da prática clínica. São discutidos as bases evolutivas da adaptação humana à temperatura, os sistemas integrados de controle térmico e os limites da homeostase frente a exposições térmicas extremas ou persistentes. O manuscrito examina, ainda, relacionadas ao calor, como a exaustão térmica e a insolação, destacando seus mecanismos multissistêmicos, a disfunção endotelial e a

* Correspondência: Faculdade de Medicina da USP, Departamento de Patologia, Av. Dr. Arnaldo 455, CEP 01246-903, São Paulo, SP, Brasil E-mail: pepino@usp.br

Recebido em: 25/12/2026 - Aceito para publicação em: 24/02/2026

Revisores:

Acadêmico Marcelo Marcos Morales e Professora Leila Chimelli



resposta inflamatória sistêmica. Modificadores individuais de risco — incluindo idade, doenças crônicas e uso de medicamentos — são analisados à luz das desigualdades sociais e territoriais que amplificam a vulnerabilidade ao calor. O papel do ambiente urbano e das ilhas de calor é discutido como mediador crítico da exposição térmica, em sinergia com a poluição atmosférica. Por fim, o trabalho aborda os métodos científicos empregados no estudo da relação entre calor e saúde, bem como as implicações clínicas, preventivas e de saúde pública, ressaltando a necessidade de estratégias integradas de adaptação e justiça climática. Conclui-se que o calor deve ser reconhecido como um estressor sistêmico e um desafio central para a medicina e a saúde pública no século XXI.

Palavras-chave: Calor ambiental; Fisiopatologia, Mortalidade; Mudanças climáticas; Saúde urbana; Termorregulação.

ABSTRACT

Rising ambient temperatures, intensified by global climate change and accelerated urbanisation, are among the most significant environmental determinants of human health. This paper provides a comprehensive analysis of the biological, physiological, and pathophysiological mechanisms underlying heat exposure, incorporating evidence from

thermoregulatory physiology, environmental epidemiology, and clinical medicine. The evolutionary bases of human adaptation to temperature are discussed, together with the integrated systems of thermal control and the limits of homeostasis under extreme or sustained heat exposure. The manuscript examines major heat-related clinical syndromes, including heat exhaustion and heat stroke, highlighting their multisystemic nature, endothelial dysfunction and systemic inflammatory responses. Individual risk modifiers — such as age, chronic diseases, and medication use — are analyzed in the context of social and spatial inequalities that amplify vulnerability to heat. The role of the urban environment and urban heat islands is addressed as a critical mediator of thermal exposure, acting synergistically with air pollution. In addition, the scientific methods used to investigate heat–health relationships are reviewed, alongside clinical, preventive and public health implications. The paper concludes that heat should be recognized as a systemic stressor and a central challenge for medicine and public health in the twenty-first century, requiring integrated adaptation strategies and a commitment to climate justice.

Keywords: Climate change; Environmental heat; Mortality; Pathophysiology; Thermoregulation; Urban health.



INTRODUÇÃO GERAL: CLIMA, CALOR E SAÚDE HUMANA

A temperatura ambiental deixou de ser compreendida há muito apenas como um elemento associado ao conforto térmico. No contexto contemporâneo das mudanças climáticas, ela se impõe como um dos determinantes ambientais mais relevantes da saúde humana, capaz de modular processos fisiológicos, desencadear respostas patológicas e influenciar padrões de morbimortalidade em diferentes escalas espaciais e temporais. A elevação da temperatura média global, associada ao aumento da frequência, duração e intensidade de extremos térmicos, constitui hoje um dos eixos centrais de preocupação em saúde pública global (1).

Projeções climáticas indicam que, até o final do século XXI, a temperatura média da superfície terrestre poderá aumentar entre 1,8°C e mais de 4°C, dependendo dos cenários de emissão de gases de efeito estufa (1). Mais relevante do que o valor médio absoluto, contudo, é a alteração dos padrões de variabilidade térmica: ondas de calor mais frequentes, noites progressivamente mais quentes, aumento da amplitude térmica diária e intensificação de fenômenos locais, como as ilhas de calor urbanas. Esses elementos configuram exposições repetidas e cumulativas que desafiam os mecanismos fisiológicos de adaptação do organismo humano (2). Historicamente, a discussão so-

bre adaptação ao calor esteve centrada em aspectos biofisiológicos individuais — aclimação cardiovascular, sudomotora e metabólica. Nos últimos anos, entretanto, essa abordagem mostrou-se insuficiente. Evidências epidemiológicas demonstram que a vulnerabilidade ao calor emerge da interação entre biologia, condições clínicas prévias, organização social, pobreza energética, desenho urbano, acesso a serviços de saúde e capacidade institucional de resposta. Assim, o calor deve ser compreendido não apenas como um agente físico isolado, mas também como um estressor sistêmico, cuja ação se manifesta de forma desigual em populações e territórios(2).

Estudos observacionais conduzidos em diferentes regiões do mundo demonstram associações consistentes entre temperaturas elevadas — mesmo em faixas consideradas moderadas — e o aumento da mortalidade por causas cardiovasculares, respiratórias, renais e neurológicas (3). Paradoxalmente, a magnitude e até a direção desses efeitos variam conforme o contexto geográfico, socioeconômico e cultural, sugerindo a presença de múltiplos modificadores de efeito. Essa heterogeneidade reforça a necessidade de compreender os mecanismos biológicos subjacentes à exposição térmica e suas interações com fatores individuais e ambientais.

Do ponto de vista médico, o calor impõe uma carga fisiológica significativa. A



manutenção da temperatura corporal central em uma faixa estreita é condição essencial para a integridade das funções celulares, da atividade enzimática e da estabilidade das membranas. Pequenas elevações sustentadas da temperatura corporal podem alterar a permeabilidade celular, perturbar o equilíbrio hidroeletrólítico, comprometer a função endotelial e ativar cascatas inflamatórias sistêmicas (4). Quando essas alterações ocorrem em indivíduos com reserva fisiológica limitada — como idosos, portadores de doenças crônicas ou pessoas expostas a condições ambientais adversas — o risco de descompensação clínica aumenta substancialmente.

Além disso, o calor raramente atua isoladamente. Em ambientes urbanos, ele se associa à poluição atmosférica, à radiação solar intensa, à baixa ventilação e a condições habitacionais precárias, o que compõe um cenário de estresse ambiental múltiplo. Nesse contexto, torna-se mais apropriado falar em “ambiente atmosférico” integrado, no qual variáveis meteorológicas e contaminantes químicos interagem de forma sinérgica para produzir efeitos adversos à saúde.

Este ensaio tem como objetivo oferecer uma síntese abrangente e integrada dos mecanismos biológicos da exposição ao calor, situando-os em uma perspectiva evolutiva, fisiológica e patofisiológica, e articulando-os com evidências epidemiológicas e implicações clínicas e sanitárias. O foco recai delibe-

radamente sobre a termorregulação humana e seus limites, bem como sobre os principais modificadores individuais de risco. Não se pretende esgotar o vasto campo dos impactos das mudanças climáticas sobre a saúde, mas fornecer um arcabouço conceitual robusto para compreender por que o calor se tornou, no século XXI, um dos desafios médicos e de saúde pública mais importantes.

BASES EVOLUTIVAS E ANTROPOLÓGICAS DA TERMORREGULAÇÃO HUMANA

A capacidade de regular a temperatura corporal em diversos ambientes térmicos constitui uma das conquistas adaptativas centrais da história evolutiva do *Homo sapiens*. Diferentemente de muitos mamíferos especializados em nichos climáticos relativamente estreitos, os humanos lograram ocupar praticamente toda a superfície terrestre, desde regiões árticas com temperaturas inferiores a -60°C até desertos quentes onde a temperatura ambiente pode ultrapassar 45°C . Essa expansão geográfica só foi possível graças à combinação singular de plasticidade fisiológica, adaptação morfológica, inovação comportamental e desenvolvimento tecnológico (5).

Evidências paleoantropológicas indicam que o *Homo sapiens* emergiu há aproximadamente 300 mil anos em regiões da África caracterizadas por clima quente e relativamente seco, em latitudes próximas de 10



(6). Nesse contexto ambiental, a dissipação eficiente de calor tornou-se uma pressão seletiva determinante. A redução progressiva da pilosidade corporal, associada ao desenvolvimento de um sistema sudomotor altamente eficiente, representou um marco adaptativo decisivo, permitindo a manutenção da temperatura corporal por longos períodos de atividade física sob intensa radiação solar (3,7) Essa característica, aliada à postura bípede, reduziu a área corporal diretamente exposta ao sol do meio-dia e favoreceu a convecção térmica.

A adaptação térmica humana, entretanto, não se deu apenas no plano fisiológico. Mudanças na forma corporal desempenharam um papel fundamental. Populações historicamente expostas a climas quentes tendem a apresentar maior relação superfície/massa corporal, com tronco mais esguio e membros alongados, o que facilita a dissipação de calor. Em contraste, populações adaptadas a climas frios exibem corpos mais compactos, com menor superfície relativa, membros mais curtos e maior proporção de tecido adiposo subcutâneo, que atua como isolante térmico (8). Esses padrões, descritos classicamente pelas regras de Bergmann e Allen, ilustram como a morfologia corporal humana responde a gradientes térmicos ao longo de escalas evolutivas.

A composição corporal também se mostrou relevante. Em populações de pasto-

res africanos, por exemplo, observa-se maior proporção de massa muscular, o que favorece tanto a dissipação de calor durante atividades diurnas quanto a produção metabólica de calor durante noites frias no deserto. Já em populações árticas, a maior proporção de tecido adiposo não apenas reduz a perda de calor, mas também fornece reserva energética em ambientes de escassez alimentar (8). Esses ajustes refletem a interação contínua entre a genética, a epigenética e o ambiente.

Outro exemplo notável de adaptação climática refere-se à morfologia nasal. Estudos recentes demonstraram que a largura das narinas e a configuração das cavidades nasais se correlacionam com a temperatura e a umidade absolutas do ambiente (9-12). A função primordial do nariz — aquecer e umidificar o ar inspirado antes que ele alcance as vias aéreas inferiores — torna-se particularmente crítica em ambientes frios e secos, nos quais a proteção da mucosa respiratória e a eficiência da troca gasosa dependem do condicionamento adequado do ar. Assim, características anatômicas outrora interpretadas como meras variações estéticas revelam-se como respostas adaptativas a pressões ambientais específicas.

A pele, enquanto interface primária entre o organismo e o ambiente, ocupa posição central nesse processo adaptativo. A evolução do sistema sudomotor humano, com elevada densidade de glândulas écrinas distribuídas



por praticamente toda a superfície corporal, conferiu uma capacidade de resfriamento evaporativo sem paralelo entre os primatas (7). Contudo, essa adaptação impôs novos desafios. A perda do “escudo” representado pelos pelos corporais aumentou a exposição à radiação ultravioleta, exigindo adaptações adicionais, como o aumento da produção de melanina. Polimorfismos em genes relacionados ao receptor de melanocortina favoreceram maior síntese de eumelanina em populações expostas a radiação solar intensa, protegendo contra a degradação do folato e preservando processos fundamentais, como a divisão celular e a embriogênese (10).

Por outro lado, em regiões de menor incidência solar, a redução da pigmentação cutânea facilitou a síntese cutânea de vitamina D, essencial para o metabolismo ósseo e para a homeostase do cálcio. Esse delicado equilíbrio entre a proteção contra radiação excessiva e a necessidade de síntese vitamínica ilustra como a termorregulação e a adaptação térmica humana estão profundamente entrelaçadas com outros sistemas fisiológicos.

O sistema cardiovascular também foi moldado por pressões térmicas ao longo da evolução. Respostas vasomotoras rápidas e eficientes — vasodilatação em ambientes quentes e vasoconstrição em ambientes frios — permitiram ajustar a transferência de calor entre o núcleo corporal e a periferia. Em

populações árticas, por exemplo, observa-se o fenômeno de vasodilatação paradoxal após exposição ao frio intenso, mecanismo que protege as extremidades contra isquemia prolongada e lesões, como o congelamento (11). Essas respostas, embora transitórias, refletem adaptações refinadas do controle autonômico vascular.

Importa destacar que, ao longo de milhares de anos, essas adaptações ocorreram em ritmo compatível com a seleção natural. O cenário contemporâneo, contudo, apresenta uma ruptura histórica. Migrações humanas induzidas por conflitos, desigualdades econômicas e mudanças ambientais ocorrem hoje em escalas temporais de décadas ou mesmo de anos, não de milênios (12). Indivíduos e populações são subitamente expostos a regimes térmicos radicalmente distintos daqueles aos quais estavam adaptados, frequentemente sem acesso a infraestrutura, habitação adequada ou recursos tecnológicos que possam compensar essa transição.

Além disso, as mudanças climáticas atuais estão alterando os regimes térmicos regionais em uma velocidade sem precedentes. O aquecimento global não apenas intensifica o calor médio, mas também modifica padrões sazonais, aumenta a frequência de extremos e redefine os limites de habitabilidade em várias regiões do planeta (1). Dessa forma, a termorregulação humana, outrora sustentada por adaptações evolutivas graduais, passa



a depender cada vez mais de estratégias comportamentais, sociais e tecnológicas para evitar danos à saúde.

Em síntese, a história evolutiva da espécie humana revela uma notável capacidade de adaptação térmica. Contudo, essa capacidade não é ilimitada nem universal. Ela foi construída ao longo de milhares de anos, em interação com ambientes relativamente estáveis quando comparados à rapidez das transformações atuais. Compreender essas bases evolutivas é essencial para reconhecer os limites biológicos da adaptação humana ao calor e para fundamentar estratégias contemporâneas de proteção da saúde diante das mudanças climáticas.

FISIOLOGIA INTEGRADA DA TERMORREGULAÇÃO HUMANA

A termorregulação humana constitui um dos exemplos mais sofisticados de integração fisiológica do organismo. Diferentemente de sistemas regulatórios locais, o controle da temperatura corporal envolve a coordenação precisa entre sensores periféricos e centrais, centros integradores no sistema nervoso central e múltiplos órgãos efetores, incluindo pele, sistema cardiovascular, músculos esqueléticos, tecido adiposo, rins e glândulas endócrinas. Essa organização permite manter a temperatura corporal central (*core temperature*, T_{core}) em uma faixa es-

treita, entre 35°C e 37°C, compatível com a atividade metabólica e a integridade celular (13).

Do ponto de vista conceitual, os seres humanos são classificados como homeotérmicos, por manterem a T_{core} relativamente constante, e endotérmicos, por serem capazes de produzir calor por meio da queima de energia quando expostos a ambientes frios. Essa dupla característica implica a existência de um sistema regulatório comparável, em termos funcionais, a um sistema de controle com sensores, centro de processamento e efetores (14). A eficiência desse sistema é tal que, em condições fisiológicas, pequenas variações ambientais são compensadas sem que o indivíduo sequer perceba alterações significativas no conforto térmico.

Sensores térmicos periféricos e centrais

O primeiro componente da termorregulação é o sistema sensorial térmico. Receptores de temperatura estão distribuídos na pele, nos tecidos profundos e em estruturas centrais, incluindo a medula espinhal e o próprio hipotálamo. Esses receptores são, em sua maioria, terminações nervosas livres, capazes de detectar variações térmicas tanto absolutas quanto relativas (13-15).

Do ponto de vista funcional, há predominância numérica de receptores de frio em relação aos de calor na pele. Essa assimetria reflete a maior importância adaptativa de



detectar rapidamente o frio ambiental, condição que, historicamente, esteve associada a risco elevado de hipotermia e morte. Por outro lado, sinais relacionados ao calor tendem a originar-se com maior intensidade de receptores centrais e profundos, o que está em consonância com o fato de que elevações da Tcore representam ameaça imediata à integridade de órgãos vitais (16).

As informações sensoriais são conduzidas principalmente por fibras A δ e C, com velocidades de condução distintas, o que permite tanto respostas rápidas quanto ajustes mais graduais. Os axônios dos neurônios de primeira ordem entram na medula espinhal pelas raízes dorsais, percorrem o trato de Lissauer e fazem sinapse no corno posterior. A partir daí, neurônios de segunda ordem cruzam para o lado contralateral e ascendem pelo trato espinotalâmico lateral até os núcleos talâmicos, projetando-se posteriormente para áreas somatossensoriais corticais (17,18).

Esse trajeto clássico, entretanto, não deve ser interpretado como uma via puramente passiva. Há intensa modulação ao longo do percurso, com influências de outras modalidades sensoriais, do estado emocional e de informações provenientes do córtex cerebral. Essa integração explica, em parte, por que a percepção subjetiva de calor pode variar amplamente entre indivíduos expostos a condições térmicas semelhantes.

Integração central: o papel do hipotálamo

O hipotálamo constitui o principal centro integrador da termorregulação. Neurônios localizados especialmente na região pré-óptica do hipotálamo anterior atuam como verdadeiros termostatos biológicos, comparando a informação aferente a um ponto de ajuste (*set point*) dinâmico, que pode ser modulado por fatores endócrinos, inflamatórios e comportamentais (18).

Quando a Tcore supera o ponto de ajuste, o hipotálamo ativa mecanismos de dissipação de calor, como vasodilatação cutânea e sudorese. Em contraste, quando a temperatura corporal diminui, predominam respostas de conservação e produção de calor, incluindo vasoconstrição periférica, tremor muscular e ativação da termogênese (18).

É importante ressaltar que o *set point* térmico não é fixo. Durante estados inflamatórios e infecciosos, por exemplo, citocinas pirógenas induzem elevação do ponto de ajuste, resultando em febre. Nesse cenário, o organismo passa a interpretar a temperatura corporal previamente normal como “baixa”, desencadeando calafrios e vasoconstrição até que a nova meta térmica seja atingida (13). Esse exemplo ilustra como a termorregulação se integra a respostas imunes e metabólicas mais amplas.



Respostas autonômicas e endócrinas

Uma vez processada a informação térmica, o hipotálamo coordena respostas por meio do sistema nervoso autônomo e dos eixos endócrinos. Em situações de calor, há predomínio de estímulos parassimpáticos, resultando em redução da resistência vascular periférica, aumento do fluxo sanguíneo cutâneo e ativação das glândulas sudoríparas ecrinas (19,20). Paralelamente, observa-se modulação da secreção de hormônios tireoideanos e corticosteroides, com impacto direto na taxa metabólica basal.

Essas respostas têm custos fisiológicos significativos. A redistribuição do fluxo sanguíneo para a pele ocorre à custa de uma redução relativa da perfusão de órgãos centrais, como os rins e o trato gastrointestinal, e, em situações extremas, até o cérebro. Quando associada à perda volêmica por sudorese intensa, essa redistribuição pode comprometer a manutenção da pressão arterial e da perfusão tecidual, particularmente em indivíduos com reserva cardiovascular limitada (20,21).

Em ambientes frios, a ativação simpática promove vasoconstrição periférica, aumento da frequência cardíaca e elevação da taxa metabólica. Embora essas respostas sejam eficazes para preservar a T_{core}, elas aumentam o trabalho cardíaco e a demanda de oxigênio do miocárdio, o que ajuda a explicar a associação entre temperaturas baixas e

aumento de eventos cardiovasculares agudos em populações suscetíveis (22).

Músculos esqueléticos e termogênese

Os músculos esqueléticos desempenham um papel central na produção de calor. O tremor muscular representa um mecanismo clássico de termogênese, caracterizado por contrações rápidas e involuntárias que elevam significativamente o consumo energético. Embora eficaz a curto prazo, o tremor é metabolicamente custoso e pouco sustentável por períodos prolongados (14).

Além do tremor, os mecanismos de termogênese não tremulante assumem importância crescente. O tecido adiposo marrom, rico em mitocôndrias e dotado de proteínas desacopladoras, permite a dissipação de energia sob a forma de calor, sem produção concomitante de ATP. Embora mais abundante em neonatos, evidências contemporâneas demonstram que adultos também mantêm depósitos funcionais de tecido adiposo marrom, passíveis de ativação em resposta ao frio crônico (23).

Do ponto de vista evolutivo, essa capacidade reforça a ideia de que os humanos dispõem de maior repertório fisiológico para lidar com o frio do que com o calor extremo, especialmente em ambientes úmidos, nos quais a evaporação do suor se torna ineficiente (24).



Integração com respostas comportamentais

Por fim, é fundamental reconhecer que a termorregulação humana transcende o domínio estritamente fisiológico. O córtex cerebral exerce influência decisiva sobre o sistema termorregulatório, permitindo respostas comportamentais complexas que frequentemente antecedem os ajustes autonômicos. A busca por sombra, a modificação da vestimenta, a redução da atividade física, o aumento da ingestão hídrica e o uso de tecnologias de climatização são exemplos de estratégias que reduzem a carga térmica antes que limites fisiológicos sejam atingidos (25).

Essa dimensão comportamental é, ao mesmo tempo, uma fortaleza e uma fonte de vulnerabilidade. Em contextos de pobreza, exclusão social ou precariedade habitacional, a capacidade de implementar respostas comportamentais adequadas é severamente limitada, transferindo o ônus da adaptação quase exclusivamente aos mecanismos fisiológicos, que podem já estar comprometidos (2).

Em síntese, a termorregulação humana emerge como um sistema altamente integrado, no qual sensores, centros neurais, efetores periféricos e comportamento interagem continuamente para preservar a homeostase térmica. A compreensão detalhada dessa fisiologia é condição necessária para entender por que a exposição ao calor, em determinados contextos, ultrapassa a capacidade adap-

tativa do organismo e se traduz em doença e morte.

FISIOPATOLOGIA SISTÊMICA DA EXPOSIÇÃO AO CALOR

A exposição ao calor, sobretudo quando intensa, prolongada ou repetida, transcende os limites da adaptação fisiológica e passa a configurar um estado de estresse sistêmico, com repercussões multiorgânicas. Diferentemente do frio, cuja fisiopatologia está fortemente associada a respostas vasoconstritoras e ao aumento do trabalho cardiovascular, o calor impõe ao organismo o desafio simultâneo de dissipar energia térmica, preservar a perfusão de órgãos vitais e manter o equilíbrio hidroeletrólítico. Quando esses objetivos entram em conflito, instala-se um cenário propício à descompensação clínica.

Sistema cardiovascular: redistribuição de fluxo e instabilidade hemodinâmica

O sistema cardiovascular ocupa posição central na fisiopatologia do estresse térmico. Em condições de calor, a principal resposta adaptativa é a vasodilatação cutânea, que pode elevar o fluxo sanguíneo da pele em até 60 vezes em relação aos níveis basais. Essa redistribuição visa aumentar a transferência de calor do núcleo corporal para o ambiente por convecção e radiação (4).



Entretanto, o aumento do fluxo cutâneo ocorre à custa da redução relativa da perfusão em outros territórios vasculares. Para manter a pressão arterial sistêmica, o coração precisa aumentar o débito cardíaco, elevando a frequência cardíaca e o consumo miocárdico de oxigênio. Em indivíduos jovens e saudáveis, esse ajuste costuma ser bem tolerado. Já em idosos e em portadores de cardiopatias estruturais, insuficiência cardíaca ou doença arterial coronariana, a capacidade de compensação é limitada, aumentando o risco de isquemia miocárdica, arritmias e morte súbita (26).

A situação se agrava quando a exposição ao calor se associa à depleção volêmica decorrente de sudorese intensa. A redução do volume plasmático compromete o retorno venoso e o enchimento ventricular, exacerbando a queda do débito cardíaco. Estudos observacionais demonstram aumento consistente da mortalidade cardiovascular durante ondas de calor, particularmente em populações com elevada prevalência de hipertensão, insuficiência cardíaca e uso de diuréticos (26,27).

Além disso, a ativação parassimpática predominante em ambientes quentes pode reduzir a automaticidade do nó sinoatrial, criando condições para o surgimento de focos ectópicos e arritmias. Distúrbios eletrolíticos associados — especialmente hiponatremia e hipocalemia — contribuem adi-

cionalmente para a instabilidade elétrica do miocárdio (26,27).

Rim e equilíbrio hidroeletrólítico

O rim é, simultaneamente, vítima e mediador da fisiopatologia do calor. A perda hídrica por sudorese representa um dos principais desafios ao equilíbrio interno durante a exposição térmica. Quando a reposição de líquidos é inadequada, instala-se hipovolemia relativa, com ativação de mecanismos neuro-hormonais destinados à conservação de sódio e água, incluindo o sistema renina-angiotensina-aldosterona e a secreção de hormônio antidiurético (28,29). Em situações extremas, a combinação de hipovolemia, vasodilatação sistêmica e redistribuição de fluxo pode levar à redução da perfusão renal, comprometendo a taxa de filtração glomerular. Esse mecanismo explica a associação entre ondas de calor e aumento da incidência de lesão renal aguda, especialmente em idosos, trabalhadores expostos ao calor ocupacional e indivíduos com doença renal crônica prévia (29,30).

A insolação (*heat stroke*) representa o ápice desse processo. Nessa condição, a hipertermia severa induz dano celular direto e inflamação sistêmica, favorecendo a rhabdomiólise e a liberação de mioglobina, que exerce efeito nefrotóxico direto sobre os túbulos renais. A obstrução tubular e a vasoconstrição intrarrenal resultante podem



culminar em insuficiência renal aguda grave (30,31).

Distúrbios eletrolíticos desempenham papel adicional. O suor humano contém concentrações variáveis de sódio, potássio, cloreto e magnésio. Em exposições prolongadas, sobretudo quando a reposição hídrica ocorre sem reposição eletrolítica adequada, podem surgir quadros de hiponatremia dilucional ou depleção salina, com manifestações clínicas que variam de fadiga e confusão mental a convulsões e coma (31).

Sistema nervoso central e inflamação sistêmica

O sistema nervoso central é particularmente sensível à elevação da temperatura corporal. A hipertermia compromete a integridade da barreira hematoencefálica, altera a neurotransmissão e pode levar a edema cerebral. Na insolação clássica, a disfunção neurológica — que inclui delírium, convulsões e coma — constitui critério diagnóstico central e marcador de gravidade (31).

Além do efeito térmico direto, o calor extremo desencadeia uma resposta inflamatória sistêmica que apresenta semelhanças com a sepse. A elevação da Tcore promove a liberação de citocinas pró-inflamatórias, a ativação endotelial e o aumento da expressão de moléculas de adesão celular, como ICAM-1 e o fator de von Willebrand (32,33). Esse ambiente inflamatório favorece disfunção

microvascular, formação de microtrombos e, em casos graves, coagulação intravascular disseminada (32).

O endotélio vascular emerge, assim, como alvo central da injúria térmica. A perda da função endotelial compromete a autorregulação do fluxo sanguíneo e intensifica o dano em órgãos altamente dependentes de perfusão estável, como cérebro, rins e coração. Esse mecanismo ajuda a explicar por que a mortalidade por insolação permanece elevada mesmo em ambientes com acesso a cuidados intensivos modernos.

Interação entre calor, metabolismo e resposta imune

A hipertermia também interfere profundamente no metabolismo celular. O aumento da temperatura corporal acelera as reações bioquímicas até certo ponto, mas, quando excessivo, leva à desnaturação proteica, à disfunção mitocondrial e ao estresse oxidativo. A produção elevada de espécies reativas de oxigênio agrava o dano celular e perpetua a resposta inflamatória (32,34).

No sistema imune, o calor exerce efeitos paradoxais. Elevações moderadas da temperatura corporal podem potencializar respostas imunes, fenômeno explorado terapeuticamente em contextos específicos. Em contraste, a hipertermia extrema deprime a função imune, reduz a atividade de células apresentadoras de antígeno e compromete a



resposta adaptativa, aumentando a suscetibilidade a infecções secundárias após episódios de insolação.

Limites da adaptação fisiológica

Em conjunto, esses processos ilustram que a fisiopatologia do calor não decorre de um único mecanismo, mas da falência progressiva da integração fisiológica. O organismo é forçado a priorizar simultaneamente a dissipação de calor, a manutenção da perfusão e o equilíbrio interno, objetivos que se tornam mutuamente excludentes em condições extremas ou em indivíduos vulneráveis.

Essa constatação é central para a compreensão do impacto sanitário das mudanças climáticas. À medida que eventos de calor extremo se tornam mais frequentes e prolongados, aumenta a probabilidade de ultrapassar os limites adaptativos da fisiologia humana, transformando um estressor ambiental em um fator direto de adoecimento e morte.

SÍNDROMES CLÍNICAS RELACIONADAS AO CALOR

As síndromes clínicas relacionados ao calor representam o espectro mais evidente e dramático da interação entre o estresse térmico e a fisiologia humana. Elas constituem manifestações clínicas progressivas de falência adaptativa, nas quais os mecanismos de termorregulação deixam de ser suficientes

para manter a homeostase. Embora didaticamente classificadas em categorias distintas, essas síndromes compartilham mecanismos fisiopatológicos comuns e podem evoluir de forma contínua, especialmente quando o reconhecimento e a intervenção são tardios.

Exaustão pelo calor: a fronteira da adaptação

A exaustão pelo calor é considerada a forma mais frequente e, em princípio, reversível de doença relacionada ao calor. Caracteriza-se por incapacidade do organismo de sustentar respostas compensatórias adequadas diante de uma carga térmica elevada, geralmente associada a esforço físico, desidratação e exposição prolongada a ambientes quentes (35).

Do ponto de vista clínico, a exaustão pelo calor manifesta-se por fadiga intensa, fraqueza muscular, tontura, cefaleia, náuseas, sudorese profusa e, frequentemente, hipotensão ortostática. A temperatura corporal central pode estar elevada, mas usualmente permanece abaixo de 40°C, e o estado mental tende a ser preservado ou apenas levemente comprometido (36). Esses elementos diferenciam a exaustão pelo calor da insolação propriamente dita.

Fisiopatologicamente, a exaustão pelo calor reflete a combinação de hipovolemia relativa, redistribuição do fluxo sanguíneo e distúrbios eletrolíticos iniciais. A sudore-



se intensa, se não compensada por reposição hídrica adequada, reduz o volume plasmático e compromete o retorno venoso. Em resposta, o organismo ativa mecanismos neuro-hormonais que, embora úteis a curto prazo, aumentam a carga cardiovascular e podem precipitar sintomas em indivíduos com reserva limitada (27).

A exaustão pelo calor deve ser interpretada como um sinal de alerta. Sem intervenção — repouso, resfriamento e reposição hídrica —, ela pode evoluir rapidamente para formas mais graves de doença térmica. Em contextos de ondas de calor, a exaustão pelo calor frequentemente constitui o estágio inicial de um continuum clínico que culmina na insolação.

Insolação (*heat stroke*): falência sistêmica induzida pelo calor

A insolação é a forma mais grave e potencialmente fatal das doenças relacionadas ao calor. Define-se classicamente pela elevação da temperatura corporal central acima de 40°C, associada à disfunção neurológica aguda, que pode incluir delírium, convulsões, coma ou alterações comportamentais graves (37). Diferentemente da exaustão pelo calor, a insolação configura uma emergência médica absoluta.

Existem duas formas clínicas principais de insolação: a clássica e a por esforço. A insolação clássica ocorre tipicamente durante

ondas de calor, afetando sobretudo idosos, crianças pequenas, pessoas com doenças crônicas e indivíduos socialmente vulneráveis. Já a insolação por esforço é observada em indivíduos jovens e previamente saudáveis, submetidos a atividade física intensa em ambientes quentes, como atletas, militares e trabalhadores expostos (31).

Disfunção multiorgânica na insolação

A insolação deve ser compreendida como uma síndrome de disfunção multiorgânica. O sistema nervoso central é frequentemente o primeiro a manifestar sinais de falência, mas o comprometimento renal, hepático, cardiovascular e hematológico ocorre rapidamente e, frequentemente, simultaneamente.

No rim, a combinação de hipovolemia, vasodilatação sistêmica, rabdomiólise e toxicidade tubular direta leva a lesão renal aguda, frequentemente oligúrica. No fígado, a hipóxia relativa e o estresse oxidativo podem levar à necrose hepatocelular, com elevação acentuada das transaminases. No sistema cardiovascular, a instabilidade hemodinâmica, associada a arritmias e disfunção miocárdica transitória, contribui para o elevado risco de morte (31).

A mortalidade por insolação permanece significativa, mesmo em ambientes hospitalares de alta complexidade, variando conforme a idade, as comorbidades, a rapidez do



resfriamento e a extensão da disfunção orgânica (37). Esse fato reforça a ideia de que a insolação não é simplesmente “febre extrema”, mas sim uma síndrome inflamatória e trombótica sistêmica induzida pelo calor.

Calor e suscetibilidade imunológica

Um aspecto frequentemente subestimado das síndromes relacionadas ao calor é seu impacto sobre o sistema imune. A hipertermia severa compromete tanto a imunidade inata quanto a adaptativa, reduzindo a capacidade de resposta aos patógenos e favorecendo infecções secundárias no período pós-agudo (32). Em idosos e imunocomprometidos, esse efeito pode contribuir para a mortalidade tardia após episódios de calor extremo, mesmo quando a fase aguda parece superada.

Síndromes do calor como marcador de vulnerabilidade social

Embora descritas em termos clínicos, as síndromes relacionadas ao calor também são expressões de vulnerabilidade social. A incidência e a gravidade dessas condições são desproporcionalmente maiores em populações com acesso limitado à água potável, à refrigeração, a moradias adequadas e a serviços de saúde. Assim, a insolação e a exaustão pelo calor devem ser interpretadas não apenas como entidades médicas, mas também como indicadores sentinela de desigualdade ambiental e social (1).

Essa leitura é particularmente relevante no contexto das mudanças climáticas, em que o aumento da frequência de ondas de calor tende a amplificar desigualdades pré-existentes. A medicina, portanto, é chamada a reconhecer o calor extremo como um determinante social da saúde, cuja prevenção exige intervenções que transcendem o âmbito estritamente clínico.

MODIFICADORES INDIVIDUAIS DO RISCO ASSOCIADO AO CALOR

A exposição ao calor não produz efeitos homogêneos na população. A magnitude do risco e a probabilidade de desfechos adversos dependem de um conjunto de modificadores individuais, que interferem na eficiência dos mecanismos de termorregulação e na capacidade de resposta ao estresse térmico. Entre esses modificadores, destacam-se a idade, o curso de vida, a presença de doenças crônicas e o uso de medicamentos. Esses fatores, ao interagirem com condições ambientais e sociais, definem perfis de vulnerabilidade específicos e explicam a distribuição desigual dos impactos do calor sobre a saúde (33-35).

Idade e curso de vida

A idade é um dos determinantes mais consistentes de suscetibilidade ao calor. A eficiência da termorregulação não é constante ao longo da vida; ela se desenvolve pro-



gressivamente na infância, atinge seu ápice na vida adulta jovem e declina com o envelhecimento (1, 35, 36).

Neonatos e crianças

Nos primeiros meses de vida, o controle térmico é imaturo. Neonatos apresentam relação superfície/massa elevada, menor capacidade de sudorese e mecanismos autonômicos ainda em desenvolvimento. A termogênese depende, em grande parte, do tecido adiposo marrom, cuja ativação é essencial para a adaptação ao ambiente extrauterino. Pequenas variações ambientais podem, portanto, provocar alterações significativas na temperatura corporal central (17, 23,24,).

Em crianças maiores, embora o sistema termorregulatório esteja mais desenvolvido, a capacidade de dissipar calor por sudorese ainda é inferior à dos adultos. Além disso, fatores comportamentais — como menor percepção de sede e dependência de cuidadores para modulação ambiental — aumentam a vulnerabilidade durante ondas de calor. Esses aspectos explicam a maior incidência de desidratação, hipertermia e internações pediátricas em períodos de calor extremo.

Idosos

O envelhecimento associa-se a uma redução progressiva da reserva fisiológica e a alterações específicas nos mecanismos de termorregulação. A sensibilidade dos ter-

moreceptores cutâneos diminui, a resposta vasodilatadora é atenuada e a capacidade sudomotora se reduz. Como consequência, o idoso apresenta menor eficiência tanto na dissipação quanto na conservação de calor (17, 23, 24).

Além disso, o envelhecimento é frequentemente acompanhado por alterações cardiovasculares estruturais — como rigidez arterial e hipertrofia ventricular — que limitam a capacidade de aumentar o débito cardíaco em resposta à vasodilatação cutânea induzida pelo calor. Esses fatores explicam por que a mortalidade associada a ondas de calor é desproporcionalmente elevada em populações idosas, sobretudo naquelas com múltiplas comorbidades e baixa mobilidade.

É importante ressaltar que o envelhecimento, por si só, não implica necessariamente alta vulnerabilidade. Evidências sugerem que idosos fisicamente ativos, com bom controle de doenças crônicas, apresentam maior resiliência ao estresse térmico. Assim, o risco é amplificado, sobretudo, pela coexistência de fragilidade, multimorbidade e isolamento social.

Doenças crônicas não transmissíveis

As doenças crônicas não transmissíveis constituem importantes modificadores do risco associado ao calor, pois interferem diretamente nos sistemas fisiológicos responsáveis pela adaptação térmica.



Doenças cardiovasculares

Hipertensão arterial, doença arterial coronariana e insuficiência cardíaca comprometem a capacidade do sistema cardiovascular de responder às demandas impostas pelo calor. A rigidez vascular limita a vasodilatação cutânea; a disfunção miocárdica reduz a capacidade de aumentar o débito cardíaco; e a ativação crônica de sistemas neuro-hormonais pode exacerbar a instabilidade hemodinâmica durante exposições térmicas.

Esses mecanismos ajudam a explicar o aumento consistente de hospitalizações e mortes cardiovasculares durante ondas de calor, particularmente em regiões com alta prevalência de hipertensão e insuficiência cardíaca.

Diabetes mellitus

O diabetes mellitus afeta a termorregulação por múltiplas vias. A neuropatia autonômica diabética compromete a comunicação entre os termorreceptores cutâneos e os centros integradores, reduzindo a resposta sudomotora e a vasodilatação periférica. Além disso, alterações microvasculares prejudicam a redistribuição do fluxo sanguíneo necessária para dissipar calor (33).

Do ponto de vista metabólico, episódios de calor extremo podem desestabilizar o controle glicêmico, favorecendo tanto hiperglicemia quanto hipoglicemia, especialmente em pacientes em uso de insulina ou sul-

fonilureias. A combinação de desidratação, alterações hormonais e ajustes inadequados da terapia antidiabética aumenta o risco de eventos adversos durante ondas de calor.

Obesidade

A obesidade exerce um efeito paradoxal sobre a termorregulação. O tecido adiposo subcutâneo atua como isolante térmico, dificultando a dissipação de calor. Além disso, indivíduos obesos apresentam maior produção metabólica de calor durante o esforço físico e frequentemente menor capacidade cardiorrespiratória, o que limita a compensação hemodinâmica necessária à termólise (23).

Esses fatores tornam a obesidade um importante modificador de risco em ambientes quentes, particularmente quando associada a sedentarismo e outras comorbidades metabólicas.

Doença renal crônica

A doença renal crônica reduz a capacidade de adaptação às variações térmicas, por comprometer o equilíbrio hidroeletrólítico e a resposta renal à hipovolemia. Pacientes com função renal reduzida são menos capazes de ajustar a excreção de água e eletrólitos durante períodos de sudorese intensa, aumentando o risco de desidratação, distúrbios eletrólíticos e progressão da insuficiência renal durante ondas de calor (29).



Medicamentos e interações farmacológicas

O uso de medicamentos constitui um modificador do risco associado ao calor frequentemente negligenciado. Diversas classes farmacológicas interferem, direta ou indiretamente, nos mecanismos de termorregulação e na resposta ao estresse térmico.

Diuréticos, amplamente utilizados no tratamento da hipertensão e da insuficiência cardíaca, aumentam a perda hídrica e de eletrólitos, predispondo à hipovolemia e à hiponatremia em ambientes quentes. Betabloqueadores reduzem a capacidade de aumentar a frequência cardíaca e o débito cardíaco, limitando a compensação hemodinâmica necessária à dissipação de calor.

Fármacos com ação anticolinérgica — incluindo antidepressivos tricíclicos, antipsicóticos e antiparkinsonianos — inibem a sudorese, comprometendo um dos principais mecanismos de resfriamento corporal. Sedativos e álcool, por sua vez, alteram a percepção térmica e o comportamento, reduzindo a capacidade do indivíduo de reconhecer sinais precoces de estresse térmico e adotar medidas protetivas.

Essas interações farmacológicas são particularmente relevantes em idosos, que frequentemente utilizam múltiplos medicamentos. A polifarmácia, nesse contexto, amplifica o risco de eventos adversos durante ondas de calor e deve ser considerada em es-

tratégias clínicas e de saúde pública voltadas à prevenção.

Vulnerabilidade individual como construção biológica e social

Em síntese, os modificadores individuais do risco associado ao calor não atuam isoladamente. Idade avançada, doenças crônicas e uso de medicamentos frequentemente coexistem e se acumulam, criando perfis de vulnerabilidade complexos. Esses perfis, por sua vez, interagem com determinantes sociais — como pobreza, isolamento, qualidade da moradia e acesso a serviços de saúde — para definir o risco real enfrentado por cada indivíduo.

Essa constatação reforça a necessidade de uma abordagem integrada, que reconheça o calor como um estressor biológico cujo impacto é amplificado por condições clínicas e sociais pré-existentes. A identificação desses modificadores é essencial não apenas para o manejo clínico individual, mas também para a construção de políticas públicas de adaptação às mudanças climáticas orientadas pela equidade.

CALOR, URBANIZAÇÃO E AMBIENTE CONSTRUÍDO

A urbanização acelerada constitui um dos principais moduladores contemporâneos da exposição humana ao calor. Atualmente,



mais da metade da população mundial vive em áreas urbanas, e projeções indicam que essa proporção poderá ultrapassar dois terços até meados do século XXI. Esse processo, ao transformar profundamente a superfície terrestre, altera os fluxos de energia, a circulação atmosférica local e os padrões de exposição térmica, criando ambientes em que o calor deixa de ser um fenômeno exclusivamente climático para se tornar um produto da organização social e espacial das cidades (19).

Ilhas de calor urbanas: mecanismos físicos e implicações biológicas

O fenômeno das ilhas de calor urbanas refere-se ao aumento sistemático da temperatura em áreas urbanizadas em comparação com regiões rurais ou periurbanas adjacentes. Esse aumento resulta da substituição de superfícies naturais por materiais impermeáveis — como asfalto e concreto —, que possuem alta capacidade de absorção e armazenamento de calor, além de baixa refletância e reduzida evapotranspiração (19).

Do ponto de vista biológico, a persistência de temperaturas elevadas durante a noite compromete os mecanismos de restauração homeostática. Estudos epidemiológicos indicam que noites quentes estão mais fortemente associadas ao aumento da mortalidade do que picos diurnos isolados, particularmente em idosos e pessoas com doenças crônicas. A incapacidade de reduzir a Tcore

durante o sono agrava o estresse cardiovascular e metabólico, favorecendo desfechos adversos.

Sinergia entre calor e poluição atmosférica

Nas cidades, o calor raramente atua isoladamente. Ele interage de maneira complexa com a poluição atmosférica, formando um conjunto de exposições simultâneas frequentemente descritas como variáveis atmosféricas integradas. Temperaturas elevadas influenciam as reações fotoquímicas na atmosfera, favorecendo a formação de ozônio troposférico e alterando a dinâmica de partículas finas (1,2).

A exposição concomitante ao calor e à poluição exerce efeitos sinérgicos sobre a saúde. O calor aumenta a ventilação pulmonar e a permeabilidade das vias aéreas, potencializando a absorção de poluentes. Paralelamente, a inflamação sistêmica induzida pela hipertermia pode amplificar a resposta inflamatória desencadeada por contaminantes atmosféricos, resultando em maior risco de exacerbações respiratórias e de eventos cardiovasculares.

Do ponto de vista clínico e epidemiológico, essa sinergia ajuda a explicar por que grandes centros urbanos apresentam cargas desproporcionais de morbimortalidade durante ondas de calor, mesmo quando os níveis absolutos de temperatura não diferem dramaticamente dos de regiões menos ur-



banizadas. O calor urbano, nesse contexto, atua como um multiplicador de riscos ambientais preexistentes.

Desigualdade socioespacial e exposição diferencial ao calor

A exposição ao calor urbano é profundamente desigual. Dentro de uma mesma cidade, diferenças marcantes de temperatura podem ser observadas entre bairros, refletindo padrões históricos de ocupação do solo, renda, densidade populacional e acesso a infraestrutura verde. Áreas mais pobres tendem a concentrar habitações precárias, com baixa ventilação, materiais construtivos inadequados e escassez de áreas arborizadas, criando microambientes de calor intenso.

Essas desigualdades térmicas têm implicações diretas para a saúde. Populações residentes em áreas mais quentes e socialmente vulneráveis apresentam maior incidência de doenças relacionadas ao calor e maior mortalidade durante eventos extremos. Além disso, a chamada pobreza energética — incapacidade de acessar sistemas de refrigeração por restrições econômicas — limita a adoção de respostas comportamentais protetoras, transferindo o ônus da adaptação quase exclusivamente aos mecanismos fisiológicos já comprometidos.

Essa dimensão socioespacial do calor urbano reforça a ideia de que a vulnerabilidade térmica não é apenas biológica, mas

também construída socialmente. A cidade, nesse sentido, atua como mediadora entre o clima global e o corpo humano, amplificando ou atenuando os efeitos da elevação da temperatura conforme sua forma, organização e governança.

Ambiente construído, comportamento e saúde

O ambiente construído influencia não apenas a exposição térmica direta, mas também os padrões de comportamento que modulam o risco à saúde. Altas temperaturas desencorajam a atividade física ao ar livre, reduzem a mobilidade urbana e alteram as rotinas diárias, com potenciais efeitos indiretos sobre a saúde cardiovascular, mental e metabólica.

Evidências sugerem, ainda, associações entre o calor e alterações do humor, aumento da agressividade e maior incidência de comportamentos violentos. Embora os mecanismos neurobiológicos subjacentes ainda estejam em investigação, esses achados apontam para uma dimensão psicossocial da exposição térmica, particularmente relevante em contextos urbanos densos.

A interação entre o ambiente construído, o calor e o comportamento reforçam a necessidade de abordagens integradas de planejamento urbano e de saúde pública. Intervenções como a ampliação de áreas verdes, o uso de materiais refletivos, a melhoria da ven-



tilação urbana e a criação de espaços de refúgio térmico podem reduzir significativamente a carga de calor e seus impactos sobre a saúde, especialmente para populações vulneráveis.

Cidades como determinantes térmicos da saúde

Em síntese, a urbanização redefine a relação entre os seres humanos e o calor. As cidades não apenas concentram populações expostas, mas também moldam a intensidade, a duração e a distribuição espacial do estresse térmico. Nesse contexto, o calor urbano emerge como um determinante ambiental da saúde, cuja magnitude resulta da interação entre processos climáticos globais e decisões locais de planejamento, de uso do solo e de política habitacional.

Reconhecer essa mediação urbana é essencial para compreender por que as mudanças climáticas produzem impactos desiguais na saúde humana. Mais do que adaptar indivíduos, torna-se imperativo adaptar cidades, transformando o ambiente construído em aliado — e não antagonista — da fisiologia humana.

MÉTODOS CIENTÍFICOS PARA O ESTUDO DA RELAÇÃO ENTRE CALOR E SAÚDE HUMANA

A investigação científica dos efeitos do calor sobre a saúde humana exige abor-

tagens metodológicas capazes de lidar com exposições ambientais complexas, efeitos não lineares, defasagens temporais e múltiplos fatores de confusão. Diferentemente de ensaios clínicos controlados, os estudos em saúde ambiental operam, em grande medida, no domínio da observação, recorrendo a desenhos epidemiológicos e modelos estatísticos avançados para inferir associações e estimar riscos em populações humanas.

Epidemiologia ambiental: fundamentos e desafios

A epidemiologia ambiental tem como objetivo central identificar e quantificar as associações entre exposições ambientais e desfechos em saúde. No contexto do calor, essas exposições incluem não apenas a temperatura do ar, mas também sua variabilidade, duração, interação com umidade, poluição atmosférica e características do ambiente construído.

Os principais desenhos epidemiológicos utilizados incluem estudos ecológicos, transversais, de coorte e caso-controle. Para a análise de efeitos agudos do calor — como mortalidade diária ou internações hospitalares —, os estudos ecológicos de séries temporais tornaram-se o padrão metodológico. Nesses estudos, a unidade de análise é o tempo (dias ou semanas), e a associação entre variações diárias de temperatura e desfechos de saúde é examinada em populações definidas (37-39).



Embora estudos ecológicos sejam frequentemente criticados por correrem o risco de falácia ecológica, são particularmente adequados quando a exposição não pode ser mensurada individualmente, como ocorre com variáveis meteorológicas. Quando bem desenhados e ajustados para fatores de confusão conhecidos, esses estudos oferecem evidências robustas e replicáveis sobre os efeitos do calor em nível populacional.

Controle de fatores de confusão e variáveis modificadoras

Um dos principais desafios metodológicos nos estudos sobre calor e saúde reside no controle de fatores de confusão. A temperatura apresenta forte correlação com a sazonalidade, as tendências temporais de longo prazo, os dias da semana e os níveis de poluição atmosférica. Ignorar esses elementos pode levar a estimativas enviesadas do efeito do calor (37-39).

Para enfrentar esse desafio, modelos estatísticos modernos incorporam funções suaves para controlar tendências e sazonalidade, bem como variáveis indicadoras de efeitos de calendário. A inclusão de poluentes atmosféricos — como material particulado fino e ozônio — é fundamental para dissociar os efeitos independentes e sinérgicos do calor e da poluição, especialmente em ambientes urbanos.

Além disso, a identificação de modificadores de efeito — como idade, sexo, nível socioeconômico e características urbanas — permite compreender a heterogeneidade dos impactos do calor e orientar intervenções mais precisas. Estudos estratificados e modelos hierárquicos têm sido amplamente utilizados para explorar essas diferenças (39).

Defasagem temporal e efeitos cumulativos

Os efeitos do calor sobre a saúde raramente se manifestam de forma instantânea. Em muitos casos, há defasagens temporais entre a exposição térmica e o desfecho clínico, que podem variar de algumas horas a vários dias. Capturar adequadamente essas defasagens é essencial para estimar o risco real associado ao calor (37).

Inicialmente, essas defasagens eram modeladas linearmente, assumindo que o efeito do calor se distribuía uniformemente ao longo do tempo. No entanto, evidências empíricas demonstraram que os efeitos são frequentemente não lineares e concentrados em períodos específicos após a exposição. Para lidar com essa complexidade, foram desenvolvidos os Modelos de Defasagem Não Linear Distribuída (Distributed Lag Non-Linear Models – DLNM), que permitem representar simultaneamente relações não lineares de exposição–resposta e padrões complexos de defasagem.



A aplicação desses modelos revolucionou a epidemiologia do clima, possibilitando estimativas mais precisas do impacto de ondas de calor e da carga atribuível de mortalidade associada a diferentes perfis térmicos.

Índices de conforto térmico e exposição integrada

A temperatura do ar, isoladamente, não representa adequadamente a carga térmica imposta ao organismo humano. A sensação térmica e o estresse fisiológico resultam da interação entre temperatura, umidade, velocidade do vento, radiação solar e metabolismo individual. Para capturar essa complexidade, diversos índices de conforto térmico foram desenvolvidos.

Entre os mais utilizados estão o Índice de Calor, a Temperatura Aparente e o Índice de Estresse Térmico Universal (Universal Thermal Climate Index – UTCI). Esses indicadores combinam múltiplas variáveis meteorológicas em uma única métrica fisiologicamente significativa, permitindo avaliações mais realistas da exposição humana ao calor.

Estudos recentes demonstram que índices compostos apresentam maior poder preditivo para desfechos de saúde do que a temperatura isolada, especialmente em populações vulneráveis e em ambientes urbanos complexos.

Novas fronteiras metodológicas: dados espaciais e sensoriamento remoto

O avanço das tecnologias de sensoriamento remoto e modelagem espacial ampliou significativamente as possibilidades de estudo da relação entre calor e saúde. Dados de satélite permitem estimar a temperatura da superfície, a cobertura vegetal, a umidade do solo e outros parâmetros ambientais em alta resolução espacial, inclusive em regiões com escassez de estações meteorológicas.

A integração desses dados com informações de saúde georreferenciadas possibilita análises espaciais refinadas, capazes de identificar microáreas de risco térmico e populações particularmente expostas. Essas abordagens são especialmente relevantes em países de renda média e baixa, onde a infraestrutura de monitoramento ambiental é limitada.

Limites e implicações para políticas públicas

Apesar dos avanços metodológicos, é importante reconhecer os limites inerentes aos estudos observacionais. A complexidade dos sistemas climáticos e sociais implica incertezas que não podem ser completamente eliminadas. No entanto, a consistência dos achados em diferentes contextos geográficos e metodológicos confere elevada plausibilidade causal às associações observadas entre calor e desfechos adversos em saúde.



Do ponto de vista da saúde pública, a robustez dessas evidências é suficiente para justificar ações preventivas. A epidemiologia do calor não deve ser interpretada apenas como exercício acadêmico, mas como ferramenta essencial para orientar políticas de adaptação às mudanças climáticas, o planejamento urbano e a proteção de populações vulneráveis.

IMPLICAÇÕES CLÍNICAS, PREVENTIVAS E DE SAÚDE PÚBLICA

A consolidação das evidências sobre os mecanismos biológicos e epidemiológicos da exposição ao calor impõe uma reflexão que ultrapassa o domínio da descrição científica. O calor extremo — e, de forma crescente, o calor moderado, porém persistente — deve ser reconhecido como um fator de risco clínico e populacional, exigindo respostas integradas nos níveis da prática médica, da vigilância em saúde e das políticas públicas. Nesse contexto, a medicina é convocada a reposicionar-se diante de um determinante ambiental cuja relevância tende a crescer nas próximas décadas.

Implicações para a prática clínica

Do ponto de vista clínico, a exposição ao calor deve ser incorporada de maneira sistemática à anamnese e à avaliação de risco, particularmente em períodos de temperatu-

ras elevadas. A identificação precoce de sinais de estresse térmico — fadiga desproporcional, tontura, hipotensão, confusão mental, alterações hidroeletrolíticas — é fundamental para prevenir a progressão para quadros mais graves.

Em pacientes com doenças cardiovasculares, renais, metabólicas ou neurológicas, o calor atua com frequência como fator descompensador. A prática clínica deve, portanto, considerar ajustes temporários de condutas terapêuticas durante ondas de calor, incluindo a reavaliação do uso de diuréticos, a monitorização mais frequente da função renal e a orientação específica quanto à hidratação e à redução do esforço físico.

A insolação (*heat stroke*) deve ser reconhecida como uma emergência médica com fisiopatologia própria, distinta de estados febris infecciosos. O manejo clínico deve priorizar o resfriamento rápido e efetivo, preferencialmente por métodos físicos, associado a suporte intensivo de órgãos-alvo. A literatura demonstra que o tempo até o início do resfriamento é um dos principais determinantes de prognóstico, superando, em muitos casos, o próprio valor absoluto da temperatura corporal inicial.

Além disso, a abordagem clínica do calor deve incluir uma dimensão educativa. A orientação de pacientes vulneráveis quanto aos riscos da exposição térmica, si-



nais de alerta e medidas preventivas simples — como hidratação adequada, permanência em ambientes ventilados e redução de atividades extenuantes — constitui uma intervenção de baixo custo e alto impacto potencial.

Vigilância em saúde e sistemas de alerta precoce

No plano coletivo, a incorporação do calor extremo aos sistemas de vigilância em saúde constitui uma estratégia fundamental de adaptação às mudanças climáticas. Sistemas de alerta precoce baseados em previsões meteorológicas, combinadas com dados históricos de morbimortalidade, permitem antecipar períodos de risco elevado e mobilizar recursos assistenciais.

Experiências internacionais demonstram que programas estruturados de alerta para ondas de calor podem reduzir significativamente a mortalidade associada, sobretudo quando integrados a estratégias de comunicação eficazes e ações intersetoriais. Esses sistemas incluem desde a emissão de alertas à população até a ativação de protocolos específicos em serviços de saúde, abrigos climáticos e instituições de longa permanência para idosos.

A vigilância epidemiológica também desempenha um papel central na avaliação do impacto real dessas intervenções. A análise contínua de dados de mortalidade e inter-

nações hospitalares durante eventos de calor permite identificar grupos de maior risco, ajustar os limiares de alerta e aprimorar a eficácia das medidas adotadas.

Prevenção primária e adaptação em saúde pública

A prevenção dos efeitos adversos do calor sobre a saúde exige uma abordagem que vá além da resposta a emergências. Trata-se de um desafio estrutural, que demanda políticas públicas orientadas para a redução da vulnerabilidade térmica da população.

No âmbito da saúde pública, isso inclui o fortalecimento da atenção primária como espaço privilegiado para a identificação de indivíduos vulneráveis e a disseminação de informações preventivas. Profissionais de saúde da família, agentes comunitários e equipes multiprofissionais desempenham papel estratégico na adaptação local às mudanças climáticas, especialmente em territórios socialmente vulneráveis.

Intervenções urbanas também constituem ferramentas poderosas de prevenção. A ampliação de áreas verdes, a melhoria do conforto térmico das habitações, o uso de materiais refletivos e o redesenho de espaços públicos podem reduzir significativamente a exposição ao calor em escala populacional. Embora essas ações extrapolem o setor da saúde, seus benefícios sanitários são amplamente documentados.



Calor, equidade e justiça climática

Um aspecto central das implicações da exposição ao calor na saúde pública é sua relação com a equidade. O impacto do calor não se distribui de forma aleatória: ele recai de forma desproporcional sobre idosos, pobres, trabalhadores expostos, moradores de áreas urbanas degradadas e populações com acesso limitado a recursos adaptativos.

Reconhecer o calor como um determinante social da saúde implica incorporar princípios de justiça climática às políticas de adaptação. Isso significa priorizar investimentos e intervenções em territórios e grupos mais vulneráveis, reduzindo as desigualdades pré-existentes, que tendem a ser exacerbadas pelas mudanças climáticas.

Do ponto de vista ético, a medicina e a saúde pública são chamadas a desempenhar papel ativo nesse debate, articulando evidências científicas com a defesa de políticas que promovam dignidade, proteção e equidade em um cenário ambiental em rápida transformação.

Integração entre ciência, clínica e políticas públicas

Em síntese, as implicações clínicas e de saúde pública da exposição ao calor ilustram a necessidade de uma abordagem integrada, que conecte mecanismos biológicos, evidências epidemiológicas e ações concretas. O calor não deve ser tratado apenas como uma

variável ambiental abstrata, mas como um agente patogênico contextual, cuja ação depende da interação entre fisiologia humana, ambiente construído e organização social.

A capacidade de responder adequadamente a esse desafio será um dos principais indicadores da resiliência dos sistemas de saúde no século XXI. Preparar profissionais, instituições e cidades para lidar com o calor extremo é, portanto, uma tarefa urgente e inadiável.

CONSIDERAÇÕES FINAIS: LIMITES ADAPTATIVOS HUMANOS E DESAFIOS FUTUROS

A análise integrada dos mecanismos biológicos da exposição ao calor, de seus determinantes ambientais e de suas consequências clínicas e populacionais conduz a uma constatação inequívoca: a relação entre o ser humano e a temperatura ambiental entrou, no século XXI, em uma fase inédita de tensão. Pela primeira vez na história evolutiva da espécie, as mudanças no regime térmico global ocorrem em uma velocidade que ultrapassa a capacidade de adaptação fisiológica e biocultural construída ao longo de milênios.

A fisiologia humana diante de um experimento não planejado

A fisiologia humana é resultado de um longo processo evolutivo marcado pela



plasticidade adaptativa. Como discutido ao longo deste manuscrito, o ser humano desenvolveu mecanismos sofisticados de termorregulação, capazes de enfrentar uma ampla gama de condições climáticas. Contudo, essa capacidade não é ilimitada. Ela depende de margens fisiológicas estreitas, de integração eficiente entre os sistemas orgânicos e, de maneira crucial, de suporte comportamental, tecnológico e social.

As evidências acumuladas indicam que essas margens estão sendo progressivamente tensionadas. Ondas de calor mais frequentes, noites persistentemente quentes, aumento da variabilidade térmica e intensificação das ilhas de calor urbanas impõem exposições repetidas e cumulativas, frequentemente sem tempo suficiente para recuperação fisiológica. Nesse contexto, o organismo humano é submetido a um experimento natural involuntário, cujos desfechos ainda não são plenamente conhecidos, mas cujos sinais de alerta já se manifestam na forma de aumento de morbimortalidade, sobretudo entre os mais vulneráveis (2).

Calor como estressor sistêmico e integrador

Um dos principais avanços conceituais da literatura recente é o reconhecimento do calor como um estressor sistêmico, capaz de desorganizar simultaneamente múltiplos eixos fisiológicos. Diferentemente de agentes

patogênicos clássicos, o calor não atua por um único mecanismo causal, mas por uma cascata de efeitos interligados que envolvem redistribuição hemodinâmica, desequilíbrio hidroeletrólítico, inflamação sistêmica, disfunção endotelial e comprometimento metabólico.

Essa natureza sistêmica explica por que os efeitos do calor se manifestam de forma tão diversa — desde exacerbações de doenças cardiovasculares e respiratórias até alterações neurológicas, renais e comportamentais. Ela também ajuda a compreender por que intervenções exclusivamente clínicas, embora necessárias, são insuficientes para enfrentar o problema em sua totalidade.

Vulnerabilidade, desigualdade e ética em saúde

Outro eixo central que emerge deste trabalho é a profunda assimetria dos impactos do calor sobre a saúde. A exposição térmica não é apenas uma função do clima, mas também da posição social, do território, da idade, do estado de saúde e do acesso a recursos adaptativos. Assim, o calor opera como um amplificador de desigualdades pré-existentes, revelando e aprofundando fragilidades estruturais das sociedades contemporâneas.

Sob essa perspectiva, a exposição ao calor extremo deve ser compreendida como uma questão ética e política, bem como biomédica. A noção de justiça climática ganha



relevância concreta ao evidenciar que aqueles que menos contribuíram para as mudanças climáticas globais são frequentemente os mais expostos a seus efeitos adversos à saúde. A medicina, enquanto prática socialmente situada, não pode se furtar a esse debate (2)

Limites da adaptação fisiológica e o papel da cultura e da tecnologia

Embora a aclimação ao calor seja possível até certo ponto, as evidências disponíveis sugerem que ela é insuficiente para compensar aumentos sustentados e extremos da temperatura ambiental, especialmente em ambientes urbanos densos e socialmente desiguais. A adaptação humana, portanto, não pode ser pensada apenas em termos fisiológicos.

A história da espécie demonstra que a sobrevivência em ambientes adversos sempre dependeu da combinação entre biologia, cultura e tecnologia. No cenário atual, isso se traduz na necessidade de cidades mais adaptadas, habitações termicamente adequadas, acesso equitativo à refrigeração, sistemas de alerta eficazes e serviços de saúde preparados para lidar com eventos extremos. Sem esse suporte externo, a fisiologia humana, por mais engenhosa que seja, encontra seus limites.

Incertezas científicas e direções futuras

Apesar do avanço significativo do conhecimento nas últimas décadas, persistem

importantes incertezas. Ainda não compreendemos plenamente os efeitos de exposições crônicas a temperaturas moderadamente elevadas ao longo de décadas, nem as interações de longo prazo entre calor, poluição, envelhecimento populacional e multimorbidade. Tampouco estão completamente elucidados os impactos do calor sobre a saúde mental, o desempenho cognitivo e os padrões de comportamento social em escala populacional.

Essas lacunas apontam para a necessidade de pesquisas interdisciplinares, que integrem fisiologia, epidemiologia, ciências ambientais, urbanismo e ciências sociais. O desafio do calor, no contexto das mudanças climáticas, não se resolve dentro de fronteiras disciplinares tradicionais.

CONCLUSÕES

Em conclusão, a exposição ao calor emerge como um dos desafios médicos e sanitários mais relevantes do nosso tempo. Ela sintetiza, de forma exemplar, a interdependência entre processos biológicos, ambientais e sociais. Compreender seus mecanismos não é apenas um exercício acadêmico, mas também um passo essencial para proteger a saúde humana em um planeta em transformação.

A questão que se impõe não é apenas saber se o ser humano é capaz de se adaptar fisiologicamente a um mundo mais quente,



mas em que condições sociais, políticas e éticas essa adaptação ocorrerá. A resposta a essa pergunta definirá não apenas os padrões futuros de adoecimento e mortalidade, mas também o grau de civilidade e solidariedade das sociedades contemporâneas diante de um desafio comum.

REFERÊNCIAS

1. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Climate Change 2018: Global Warming of 1.5°C. Geneva: IPCC, 2018.
2. Watts, N. et al. The 2018 report of the Lancet Countdown on health and climate change: shaping the health of nations for centuries to come. *The Lancet*, v. 392, n. 10163, p. 2479–2514, 2018.
3. Heng, Y. et al. Temperature variability and mortality: a multi-country study. *Environmental Health Perspectives*, v. 125, n. 7, 2017.
4. Hall, J. E. Guyton and Hall Textbook of Medical Physiology. 13. ed. London: Elsevier Saunders, 2015.
5. Kjellstrom, T.; Lemke, B. Heat stress: the impact of climate change on workers. *American Journal of Industrial Medicine*, v. 53, p. 1031–1039, 2010.
6. Wyndham, C. H.; Morrison, J. F.; Williams, C. G. Heat reactions of Bantu and Caucasians. *Journal of Applied Physiology*, v. 25, p. 571–576, 1968.
7. Liu, C.; MA, Z. Temperature–health relationships: moving beyond averages. *The Lancet Planetary Health*, v. 3, n. 5, p. e190–e191, 2019.
8. Fan, S. et al. Human adaptation to climate: biological and cultural perspectives. *Evolutionary Anthropology*, v. 25, p. 179–190, 2016.
9. Mcbrearty, S.; Brooks, A. S. The revolution that wasn't: a new interpretation of the origin of modern human behavior. *Journal of Human Evolution*, v. 39, p. 453–563, 2000.
10. Potts, R.; Faith, J. T. Alternating high and low climate variability: the context of natural selection and speciation in Plio-Pleistocene hominin evolution. *Journal of Human Evolution*, v. 87, p. 5–20, 2015.
11. Mcelroy, A.; Townsend, P. *Medical Anthropology in Ecological Perspective*. 6. ed. New York: Routledge, 2018.
12. Zaidi, A. A. et al. Investigating the case of human nose shape and climate adaptation. *PLoS Genetics*, v. 13, n. 3, e1006616, 2017.
13. Tansey, E. A.; Johnson, C. D. Recent advances in thermoregulation. *Advances in Physiology Education*, v. 39, p. 139–148, 2015.
14. Morrison, S. F. Central control of body temperature. *F1000Research*, v. 5, p. 880, 2016.
15. Kumar, V.; ABBAS, A. K.; ASTER, J. C. *Robbins Basic Pathology*. 10. ed. Philadelphia: Elsevier, 2018.
16. Sanin, L. H. et al. Cardiovascular responses to thermal stress. *Physiology & Behavior*, v. 163, p. 89–96, 2016.
17. Marieb, E. N.; Hoehn, K. *Human Anatomy & Physiology*. 11. ed. Boston: Pearson, 2018.
18. Zhao, Z. D. et al. A hypothalamic circuit that controls body temperature. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 114, n. 8, p. 2042–2047, 2017.
19. Jendritzky, G.; Nübler, W. A model analysing the urban thermal environment in physiologically significant terms. *Archives for Meteorology, Geophysics, and Bioclimatology*, v. 29, p. 313–326, 1981.
20. Bates, G. P.; Miller, V. S. Sweat rate and sodium loss during work in the heat. *Journal of Occupational Medicine and Toxicology*, v. 3, p. 4, 2008.
21. Giorgini, P. et al. Climate change and human health: cardiovascular effects. *European Heart Journal*, v. 38, p. 2412–2421, 2017.



22. Kenney, W. L.; Craighead, D. H.; Alexander, L. M. Heat waves, aging, and human cardiovascular health. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, v. 46, n. 10, p. 1891–1899, 2014.
23. Fenzi, A.; Kiefer, F. Brown adipose tissue and thermogenesis. *Endocrine Reviews*, v. 35, p. 537–568, 2014.
24. Jendritzky, G.; De Dear, R. Adaptation and thermal environment. In: *Biometeorology for Adaptation to Climate Variability and Change*. Dordrecht: Springer, 2009. p. 9–32.
25. Mccafferty, D. J. et al. Behavioural thermoregulation in humans. *Journal of Thermal Biology*, v. 68, p. 151–158, 2017.
26. Balmain, B. N. et al. Heat stress and cardiovascular disease. *Heart*, v. 103, p. 172–178, 2017.
27. Liu, J. et al. Heat exposure and cardiovascular mortality. *Environmental Research*, v. 147, p. 356–364, 2016.
28. Lorenzo, A.; Liaño, F. Altas temperaturas y nefrología. *Nefrología*, v. 37, n. 5, p. 492–500, 2017.
29. Lameire, N.; Van Biesen, W.; Vanholder, R. Acute renal failure. *The Lancet*, v. 365, p. 417–430, 2005.
30. Tan, W. et al. Rhabdomyolysis and myoglobinuric acute renal failure associated with heat stroke. *Southern Medical Journal*, v. 88, p. 1065–1068, 1995.
31. Bouchama, A.; Knochel, J. P. Heat stroke. *The New England Journal of Medicine*, v. 346, p. 1978–1988, 2002.
32. Hammami, M. M. et al. Cytokines in heatstroke. *Critical Care Medicine*, v. 25, p. 1314–1319, 1997.
33. Petrofsky, J. S. et al. Impaired thermoregulation in diabetes. *Medical Science Monitor*, v. 11, p. RA138–RA145, 2005.
34. Coumou, D.; Robinson, A. Historic and future increase in extreme heat events. *Environmental Research Letters*, v. 8, 2013.
35. Heaviside, C. et al. Health impacts of heat waves. *Environmental International*, v. 109, p. 173–184, 2017.
36. WHO. *Heat and Health*. Geneva: World Health Organization, 2018.
37. Gasparini, A.; Armstrong, B.; Kenward, M. Distributed lag non-linear models. *Statistics in Medicine*, v. 29, p. 2224–2234, 2010.
38. Coelho, M. S. Z. S. et al. Predicting respiratory hospital admissions from environmental variables. *Journal of Environmental and Public Health*, 2010.
39. Woodward, M. *Epidemiology: Study Design and Data Analysis*. 3. ed. Boca Raton: CRC Press, 2014.



SESSÃO DA SAUDADE

ACADÊMICO OMAR DA ROSA SANTOS

RIO DE JANEIRO, 12 DE MAR. DE 2026

<https://www.youtube.com/watch?v=T65zLIUXdak>



1. **Vivendo a Academia - Acad. José Galvão Alves**
<https://www.doi.org/10.52130/27639878-AANM2026v197n1p170-170>
2. **Poema - Acad. Mauricio Younes-Ibrahim**
<https://www.doi.org/10.52130/27639878-AANM2026v197n1p171-173>
3. **Simplicidade, Veracidade e Mansidão - Acad. Aníbal Gil Lopes**
<https://www.doi.org/10.52130/27639878-AANM2026v197n1p174-175>
4. **Momentos... - Acad. Carlos Alberto Basílio de Oliveira**
<https://www.doi.org/10.52130/27639878-AANM2026v197n1p176-179>
5. **Omar e Otília - Acad. Pietro Novellino**
<https://www.doi.org/10.52130/27639878-AANM2026v197n1p180-180>
6. **Supreendentemente... - Acad. Francisco Sampaio**
<https://www.doi.org/10.52130/27639878-AANM2026v197n1p181-182>
7. **Sejam Sempre Bem-vindos - Acad. Eliete Bouskela**
<https://www.doi.org/10.52130/27639878-AANM2026v197n1p183-184>
8. **Coletânea ou Protegônemos - Acad. Miguel Carlos Riella**
<https://www.doi.org/10.52130/27639878-AANM2026v197n1p185-187>
9. **Vidas Paralelas - Acad. Gerson Canedo Magalhães**
<https://www.doi.org/10.52130/27639878-AANM2026v197n1p188-189>
10. **No Coração Dos Vivos... - Acad. Cláudio Tadeu Daniel-Ribeiro**
<https://www.doi.org/10.52130/27639878-AANM2026v197n1p190-191>
11. **Uma Enciclopédia...- Acad. Carlos Eduardo Brandão**
<https://www.doi.org/10.52130/27639878-AANM2026v197n1p192-193>
12. **Rosaer... - Acad. Henrique Murad**
<https://www.doi.org/10.52130/27639878-AANM2026v197n1p194-194>
13. **Verso de Camões ? - Acad. Rossano Fiorelli**
<https://www.doi.org/10.52130/27639878-AANM2026v197n1p195-195>
14. **Meu Pai - Acad. Omar Lupi da Rosa Santos**
<https://www.doi.org/10.52130/27639878-AANM2026v197n1p196-197>



SESSÃO DA SAUDADE - PROF. OMAR DA ROSA SANTOS**“VIVENDO A ACADEMIA...”***Acad. José Galvão Alves*

Eu diria que um dos mais importantes Acadêmicos desta casa, sem sombra de dúvida, foi o professor Omar da Rosa Santos, que cumpriu à risca a primeira necessidade desta casa: que ela seja frequentada, protegida e amada. Se pensarmos rapidamente, entre alguns, certamente o Professor Omar foi um destaque nesses quesitos.

Quando chegamos nesta casa, entramos pela secretaria na maioria das vezes e lembra-

mos sempre que ali estava sempre o nosso querido Omar, esperando como se fosse o dono da festa — e ele era o dono da festa, porque vivia a Academia não só quando estava presente, mas quando estava em sua residência, quando estava na Escola de Medicina e Cirurgia Unirio ou estava em qualquer outro local... ele estava sempre representando e vivendo a Academia.

Então essa é uma homenagem gloriosa.

**SESSÃO DA SAUDADE - PROF. OMAR DA ROSA SANTOS****“POEMA”***Acad. Mauricio Younes-Ibrahim*

Agradeço à diretoria e aos familiares pela oportunidade de conceder-me a palavra nesta Sessão da Saudade do nosso querido Acadêmico Omar da Rosa Santos. Minha estreita ligação afetiva e a tão rica biografia do nosso homenageado poderiam me levar a discorrer durante horas sobre inúmeras lembranças dos nossos 43 anos de convivência. Portanto, confesso que foi um desafio preparar esta manifestação. Como eu poderia honrar a memória do Prof. Omar em 10 minutos?

Certo de que as múltiplas dezenas de adjetivos, todos superlativos, que poderiam ser adequadamente empregados já se encontram nas mentes de todos aqueles que com Prof. Omar conviveram, resta-me empregar a síntese em forma de um substantivo: Prof. Omar era um poema. Poema é um substantivo masculino, que define composição literária de variados estilos. Na essência, a expressão de palavras e de sentimentos de um poema atravessam o tempo e o poema permanece, mesmo quando as referências físicas do poeta “perecem”, tornando-se, o poema, obra imortal. Acadêmico Omar, um poema

de formato singular, no verso, na métrica, na estrofe, na rima e no ritmo.

Poema transmite sentimentos, narrativas, dramas, humanismo, episódios épicos e até ciência. A compreensão não é sempre imediata e requer um tempo próprio para que sua plenitude seja alcançada.

Citando Cecília Meirelles

“... E tudo que era efêmero se desfez. E ficaste só tu, que é eterno”

O poema resiste à passagem do tempo, perpetua emoções e as reflexões humanas através de gerações pela percepção dos leitores e pela metamorfose das releituras. Prof. Omar foi imortalizado não apenas pelos múltiplos sodalícios que o receberam, mas, sobretudo, pelos sentimentos nobres que semeou nos corações dos seus familiares, dos seus amigos, dos seus discípulos e dos seus admiradores.

A polissemia dos versos de um poema promove simbiose com a natureza. O Acadêmico Omar se destacou pela sensibilidade,



em especial sua empatia incomum e sua singular afinidade pela natureza humana, que fizeram com que o poema desse lugar ao poeta. Um poeta que se manifestou de diferentes formas artísticas gráficas e literárias.

Foi recebido nessa casa em 1989, para ocupar a cadeira número 17, sucedendo o Acadêmico Fioravanti di Piero. Uma conquista compartilhada com todos, inclusive com os seus jovens discípulos. Empregava a gentileza no cultivo regular das amizades, como na dedicatória na foto de sua posse oferecida para mim, seu ex-aluno. Prof. Omar mantinha uma surpreendente disponibilidade. Nos muitos cargos que ocupou, como exemplo diretor da Escola Médica, o mestre não deixava de interagir escrevendo mensagens frequentes aos amigos e ex-alunos.

Ainda que o seu tempo fosse curto e a distância longa, não desperdiçava oportunidades de manifestar seu apreço, sempre com originalidade e neologismos carinhosos, como fez nas correspondências trocadas comigo durante meu doutoramento em Paris. Sempre presente e solidário, visitou-me no *Collège de France*, em Paris. Passeamos por vários sítios históricos e juntos assistimos a um espetáculo no Opéra. Como de costume, o mestre se mantinha sempre registrando, guardando e compartilhando as fotografias dos bons momentos desfrutados.

No ano 2000, aqui, neste mesmo auditório, se deu a abertura do II Congresso Latino Americano de Insuficiência Renal Aguda, presidido por mim, no qual o Prof. foi Presidente de Honra. Teve o seu aniversário de 60 anos celebrado na Ilha Fiscal, junto com a festa desse Congresso.

Em 2003, empenhou seu apoio à diretoria, quando presidi a SONERJ (Sociedade de Nefrologia do Rio de Janeiro), assim como em todos os outros eventos que promovemos.

No meu Concurso de Livre-docência, em 2004, compôs a banca examinadora com Prof. Mario Barreto Correia Lima, Prof. Nestor Schor, Prof. Gherard Malnic e Prof. Anibal Gil Lopes.

Participamos juntos da Comissão Organizadora do Congresso Mundial de Nefrologia no Rio de Janeiro, em 2007, sob a Presidência do Acadêmico Nestor Schor.

Em 2012. O Prof. recebeu reconhecimento com a Emerência na UNIRIO e fez uma caricatura com os personagens titulados pela Escola de Medicina e Cirurgia, agrupados pelas respectivas titulações. Entre os livre-docentes, parece ter profetizado que o Acadêmico Omar Lupi e eu estaríamos lado a lado na ANM.



Gostava de se reunir com os amigos em torno de uma mesa, seja com Fernando Pessoa (figurado) ou com Martins Prata, em Portugal; seja com nefrologistas, em momento de descontração após os festejos do Dia Mundial do Rim; Seja nos jantares com os queridos confrades da ANM.

Em 2018, sua inspiração e incentivo me trouxeram à ANM, quando tive a honra de ser recebido com o discurso do Prof. Omar, na solenidade de minha posse como Membro Titular. Momentos inesquecíveis.

O poema também foi poeta. Escreveu duas dezenas de livros e os distribuía generosamente. O último em homenagem à sua amada esposa, Dona Otília, com quem celebrou 60 anos de casamento, no ano passado. Sempre gentil, propôs até o título para escrevermos um livro “*Cordis Frater*” (ou irmãos de coração) sobre a nossa amizade fraterna. Dentre outras obras, escreveu uma verdadeira oração: Penitência de Asclépio.

Seus 70 anos foram muito comemorados pela sua querida família.

Guardamos muitas fotos registrando as várias edições do Dia Mundial do Rim aqui na ANM, uma iniciativa que Prof. Omar teve com o Acadêmico Miguel Riella, desde 2006. Na edição do ano passado foi homenageado

com a inauguração de um busto seu, oferecido pelos discípulos e amigos. Recentemente, a ANM o homenageou com um suplemento dos Anais da ANM onde constam artigos sobre o querido Professor.

Dentre os muitos livros que o Prof. Omar me presenteou, um tem significado singular. Trata-se do livro texto de Nefrologia de Jean Hamburger, que pertenceu ao Prof. Anibal Nogueira, no qual o Acadêmico Omar estudou lendo os dois volumes em 30 dias, para realizar o seu concurso de Livre-docência, em 1971. Foi o primeiro Livre-docente do Brasil. Presenteou-me esta obra com uma bela dedicatória. Tive o prazer de ter seu neto João Pedro como aluno de medicina na UERJ e a ele eu repasso agora este livro, como uma singela lembrança do seu querido avô.

Partindo para a eternidade, nas palavras de Drummond... “E como ficou chato ser moderno, agora serei eterno....”

Neste dia Mundial do Rim, imaginamos que a poesia do Acadêmico Omar da Rosa Santos fosse composta com as mesmas palavras de despedida que Sócrates proferiu aos seus discípulos:

“Eis a hora de partirmos.

Eu para a morte, vocês para a vida.

Quem de nós segue o melhor rumo?

Isso é segredo. Exceto para Deus.”

**SESSÃO DA SAUDADE - PROF. OMAR DA ROSA SANTOS****“SIMPLICIDADE, VERACIDADE E MANSIDÃO”***Acad. Aníbal Gil Lopes*

Muitas vezes ouvi dizer que querer bem ao Professor Omar, o Acadêmico Omar da Rosa Santos, era uma unanimidade na ANM, e ousou afirmar, sem hesitação, que tal unanimidade não se construiu por interesse ou conveniência, mas por virtude. Havia nele algo que naturalmente atraía, unia e elevava. Não era apenas o médico respeitado, o acadêmico brilhante ou o mestre admirado; era, sobretudo, uma pessoa excepcionalmente boa.

Falo hoje não apenas como confrade, mas como um amigo muito próximo, que nutria por ele imenso carinho, alguém que foi por ele acolhido nesta Casa com generosidade franca e discreta. Ao recordá-lo, três traços de sua personalidade se impõem à memória com nitidez meridiana: a simplicidade, a veracidade e a mansidão.

A simplicidade de Omar não era despojamento superficial, mas ausência real de vaidade. Em um ambiente no qual títulos e conquistas poderiam facilmente converter-se em ornamentos de orgulho, ele mantinha-se apegado ao essencial.

Não havia nele prepotência, nem neces-

sidade de autoafirmação. Sua autoridade não era imposta, mas emanava naturalmente do seu vasto saber e da sua coerência de vida.

Ele nos ensinou, sem discursos sobre humildade, que a grandeza verdadeira não precisa anunciar-se.

A veracidade era outra de suas marcas indelévels. Reto e direto em suas considerações, dizia o que precisava ser dito com clareza, com coragem e, ao mesmo tempo, com respeito e delicadeza. Não conheceu a sombra da falsidade, nem o jogo ambíguo das conveniências. Sua palavra era íntegra, unindo a precisão de sua mente à retidão de seu caráter.

Quando Omar falava, sabíamos que não ouvíamos apenas sua opinião, mas sua consciência.

E havia ainda a mansidão, talvez a mais rara das virtudes nos tempos atuais. Mansidão não como medo ou fraqueza, mas como o ápice do autodomínio; aquela força serena que os gregos chamavam de praotês (πραότης)



O pessoa mansa não é a incapaz de agir, mas aquela que tem tanto poder sobre si mesma que sua força atua sob o comando absoluto da sabedoria, pronta para amparar, jamais para ferir.

Quantos aqui não experimentaram sua atenção paciente, seu conselho ponderado, seu gesto discreto de apoio? Em meio às pressões institucionais e às responsabilidades públicas, jamais perdeu a delicadeza do trato humano.

Costuma-se dizer que há dois tipos de pessoas que procuram pertencer às grandes instituições: aquelas que desejam que a grandeza institucional as engrandeça, e aquelas que desejam engrandecer a instituição. É a distância moral entre os que vêm para tomar prestígio e os que vêm para doar serviço. Omar pertenceu, de forma inequívoca, ao segundo grupo.

Ele não buscou na ANM um pedestal, mas um campo de semeadura.

Engrandeceu esta Casa não apenas por suas contribuições científicas e acadêmicas, mas por sua presença cotidiana, contínua e fiel, nas atitudes pequenas e corriqueiras que constroem o que é verdadeiramente nobre: na palavra de incentivo ao colega, na atenção ao jovem estudante, na participação responsável

nas decisões coletivas, na defesa firme de nossos valores.

Seu legado não se mede apenas por publicações, títulos ou honrarias, mas pela marca humana que cravou em cada um de nós.

Instituições se tornam verdadeiramente grandes quando são habitadas por pessoas como Omar: que as servem com lealdade, que as honram com caráter, que as elevam pelo exemplo.

Hoje, ao partilharmos nossa saudade e nosso bem-querer, sentimos o peso da sua ausência. Mas sentimos também a gratidão profunda por termos convivido com alguém que soube unir a mais alta excelência intelectual à mais profunda nobreza de espírito.

Que a memória do Acadêmico Omar da Rosa Santos permaneça entre nós como um chamado silencioso à simplicidade, à veracidade e à mansidão.

Que sua vida continue a inspirar esta Academia a ser não apenas grande em prestígio, mas inigualável em humanidade.

E que possamos, cada um à sua maneira, honrar sua memória não apenas com palavras, mas dando continuidade ao bem que ele tão discretamente plantou.



SESSÃO DA SAUDADE - PROF. OMAR DA ROSA SANTOS

“MOMENTOS...”

Acad. Carlos Alberto Basílio de Oliveira

Trago à família Rosa-Santos o maior pesar pela perda do saudoso convívio com o patriarca – Omar da Rosa Santos, que a todos mostrou o melhor caminho e ofereceu permanente proteção. Faço isso em nome da Direção e dos professores da Escola de Medicina e Cirurgia do Rio de Janeiro (EMCRJ) e também do Hospital Universitário Gaffrêe e Guinle (HUGG), seus médicos, corpo de enfermagem e funcionários técnico-administrativos.

Omar, como era mais conhecido, tornou-se bem abrangente em suas múltiplas atividades. Embora fosse ligado a universidades, inúmeros hospitais, várias academias de medicina, instituições socioculturais e religiosas, mantinha profundo sentimento cristão, de ajuda e de plena solidariedade. Essa foi uma face importante do caráter de homem e médico, dedicado integralmente à medicina com grande grau de humanismo e pertencimento.

Foi um acontecimento ocorrido quando ainda estava em início de carreira que muito marcou, de maneira indelével sua

vida na medicina. Fez-se presente de forma voluntária, no atendimento às vítimas do incêndio do circo, em Niterói, na década de 1960. Momento de solidariedade... daí o desdobramento natural que se prolongou com o Hospital Antônio Pedro, a Universidade Federal Fluminense e posteriormente com a Academia Fluminense de Medicina, atualmente Academia de Medicina do Rio de Janeiro (Acamerj). Pensou mesmo, segundo relato pessoal, que de tantas atribuições médicas na cidade de Araribóia, chegou a procurar imóvel para residir em Niterói, mas depois desistiu.

Omar, no seio da família, junto de seus pais, além da oportunidade de frequentar o ensino religioso dos padres maristas, no Colégio São José na Tijuca, sempre se voltou para a fé cristã... momento de religiosidade. Esse sentimento o acompanhou durante toda a vida. Quando professor e Diretor da Escola de Medicina, todos os concursos, promoções, aniversários e as próprias atividades acadêmicas; as datas comemorativas da instituição não só eram lembradas com a participação de convidados de expressão



nacional, mas não deixavam de ter comparecimento à missa solene na Capela de Nossa Senhora da Conceição do Brasil, no conjunto arquitetônico do HUGG.

Era Omar, despido de qualquer ostentação de grandeza, usava roupas simples e sandálias. Capaz de se misturar com as sociedades mais carentes... momento de humildade. Quando se referia a mim, dizia que éramos os únicos na Academia, vindos das cinco bocas, local bucólico, situado em Olaria, bairro carente de maiores atrativos, próximo de uma clínica com setor de nefrologia por ele implantada. Nas comemorações de seu time de coração – o Botafogo, ia ao Hospital com a camisa e boné do glorioso. Capaz de citar a escalação completa do time, campeão em 1948, no Rio de Janeiro.

Em certa ocasião, em período que desenvolvia uma tese sobre edema cerebral e líquido, costumava trazer os encéfalos dos casos de pacientes do Hospital Antônio Pedro, em uma caixa de isopor com gelo para análise no Laboratório de Patologia do HUGG. Numa dessas viagens, ainda de barca, de roupa branca e isopor pendurado no ombro, foi observado por uma criança, que depois de conseguir alguns trocados com a mãe, dirigiu-se ao Omar, pensando tratar de um vendedor de picolé muito frequente nas barcas Rio-Niterói.

Formado pela EMCRJ, em 1964, dela nunca se afastou. Foi desde auxiliar de ensino a professor titular, cumprindo as etapas de professor assistente e adjunto, ao mesmo tempo que fez docência livre em clínica médica, em 1970, ao lado de seus colegas Carlos Alberto Morais de Sá e, do hoje acadêmico, José Carlos do Vale, que permanece como sobrevivente de um período em que a docência era muito mais valorizada... momento de júbilo. As disputas eternizadas por concursos para catedrático, com provas e exames que se tornaram memoráveis, em época que não volta mais. Ao atingir o clímax da carreira o professor sentia-se capaz de formar uma escola, que em diversas ocasiões, permitiram avanços extraordinários no ensino médico nacional. Foi um modelo de ensino que deu certo.

Em 1965, houve concurso público, de títulos e provas, para a cadeira de clínica médica da EMCRJ: dois candidatos se apresentaram: Vasco Azambuja e Jacques Houli. O segundo saiu vencedor. Com isso ganhou uma enfermaria de Clínica-Médica (8ª enfermaria) no HUGG e teve que constituir um novo grupo de assistentes, para não só dar aulas, mas para atendimento dos casos de ambulatório. Jacques Houli, em 1966, transformou o ensino médico na nossa escola. Fez de Mário Barreto Correa Lima, seu chefe de clínicas e Omar passou a ser auxiliar de ensino, ao lado de 30 outros médicos,



com representação de quase todas as especialidades que abrangiam a clínica médica. Basta citar, Waldemar Kichinevski, que assistente do Departamento de Radiologia, pelas afinidades com o Prof. Titular, prestava toda atenção à Clínica Médica, posteriormente também acadêmico desta casa.

Omar da Rosa Santos como auxiliar de ensino na 8ª enfermaria do HUGG, foi meu primeiro professor de Clínica Médica. Constitui-se no primeiro médico com que me deparei ao chegar ao HUGG, quando adentrei a porta de entrada da referida enfermaria. Como não podia deixar de ser, estava de plantão. Omar, talvez seja, o médico, que mais plantão tenha tirado, que eu conheço. Tinha atividade médica, inclusive aos domingos. Ainda, assim, com todas as atribuições, teve a coragem de assumir a Presidência da Comissão, de âmbito da Reitoria, na qual sofri denúncia anônima, com acusação no Ministério Público, por acumulação de cargos. Omar com toda a experiência na questão, pois várias vezes, também acusado, tomou frente da questão e mostrou as falsidades e calúnias perpetuadas no processo. Esta situação foi de protesto por ter indicado em concurso público melhor candidato, em vaga prometida para a filha de um professor. O período ocorreu em fase de turbulência da Reitoria da Unirio.

Quando da vacância da vaga de Titular da 7ª enfermaria, por tempo de serviço, do Prof. Anibal Nogueira Junior, membro titular de nossa Academia, o Professor Omar da Rosa Santos, foi indicado seu substituto em concurso, em nível departamental, com provas de títulos. Posteriormente, prestou prova em concurso para clínica médica, junto novamente com Moraes de Sá, para duas vagas abertas, em período no qual Francisco Fialho era Diretor da EMCRJ. Fizeram parte da banca vários imortais dessa casa, inclusive o saudoso acadêmico José Rodrigues Coura, como presidente.

Depois disso foi diretor da EMCRJ (1988-1992), decano pró-tempore e candidato a Reitor da Unirio. Levou à frente, todos os compromissos da Escola, primando pela justiça acadêmica e pela moral administrativa. Fez vários concursos de transferência de alunos, com prova escrita eliminatória... momento de luta. Esse período compreendeu a chegada de Osmar Teixeira Costa à Reitoria da Unirio e Pietro Novellino como Vice-Reitor, que se tornariam, ambos, membros titulares dessa casa.

O período compreendido entre 1970 e o final do século passado, constitui-se em plena atividade acadêmica, com reflexos sobre a formação dos médicos, sendo dos mais proveitosos para alunos e professores.



Foram feitos vários concursos com muito trabalhos publicados e diversas teses elaboradas. A atividade dos alunos refletia-se na alta frequência e permanência nas enfermarias e referidos ambulatoriais... momento de conquista.

Nas sessões anátomo-clínicas, fonte inesgotáveis de informações e discussões acaloradas, ocorriam enfrentamentos de posições diagnósticas dentre os membros do corpo clínico de diversas enfermarias. Nesse período contando sessões do Clube de Reumatologia, da hepatologia, e aquelas sobre lesões ósseas e discussões radiológicas, somam-se mais de 800 participações juntas com o Laboratório de Anatomia Patológica. Quem viveu não esquece desse tempo, extremamente virtuoso para o curso de medicina e consequente formação acadêmica.

Quantos alunos, residentes e recém-formados agradecem à atuação do mestre Omar, nas aulas curriculares nos cursos de pós-graduação. Ele formou várias pérolas acadêmicas para substituí-lo nos muitos lugares que ocupou. Teve sucesso em todos, tanto professores, quanto médicos, que passaram a reconhecer sua atitude, sempre despidida de qualquer outro interesse. Na Academia Nacional de Medicina foi singular, seu busto em bronze dignifica sua estirpe... momento de reconhecimento.

Cumpriu seu papel de pai, médico, professor e acadêmico. O HUGG e a EM-CRJ agradecem sua atuação como homem e mestre, que se pautou pela fidelidade, honestidade e humanidade. Honrou a família, seus mestres e amigos. Aumentou o brilho das instituições; edificou sua obra, deixou um passado irretocável. É exemplo que fica para as gerações que seguem. Postura de líder.

Neste momento, trago abraço forte à família, na representação maior de sua mulher, Dona Otília; aos filhos Omar Lupi, Otília Helena e Olímpia Maria, os netos, genros e nora e a toda comunidade médica das duas instituições – a Escola de Medicina e Cirurgia e o Hospital Gaffrée e Guinle permanecem em honras ao amigo Omar da Rosa Santos... momento pleno do dever cumprido.

*Valeu a pena.
Muito Obrigado.*

**SESSÃO DA SAUDADE - PROF. OMAR DA ROSA SANTOS****“OMAR E OTÍLIA”***Acad. Pietro Novellino*

Tomo a liberdade de dizer que a saudade é o único paraíso do qual não podemos ser removidos e, portanto, neste momento, estou invadido de imensa saudade.

Ao querido amigo, eminente mestre, professor - como já foi dito - de carreira luminosa, lembrada pelo acadêmico Basílio. Eu relembro, minha cara Otília, quando ia à sua casa e você nos recebia, junto com suas belas filhas, proporcionando-nos grande alegria e, por que não dizer, também com quitutes maravilhosos. Além disso, lembro, meu caro Omar Lupi, que em frente à casa de Omar e Otília morava o professor José Maria Barcellos, que também fazia parte desta Casa. Eu, então, aproveitava para cumprimentá-lo.

Além de todos os títulos que foram anunciados pelo Acadêmico Carlos Alberto Basílio de Oliveira, suas palavras me comoveram ao lembrar a história do nosso Omar da Rosa Santos.

Tomo a liberdade de recordar, mais uma vez, o seu brilhante concurso para Professor Titular, que contou com concorrência

de alto nível, no qual ele, evidentemente, conquistou a cadeira de Clínica Médica.

Ressalto também que Omar da Rosa Santos não foi apenas um ícone da nefrologia, mas, por que não dizer, também da literatura brasileira, publicando livros de imensa importância para o nosso país.

Sem me alongar, digo que a minha querida Otília, a quem chamo de minha “paisara”, por ser descendente de italiano, recebe uma saudação especial, assim como Omar Lupi e Andreia, que, quando íamos à sua casa, nos brindavam não só com uma recepção amigável, mas também gastronômica.

Portanto, sem me alongar, agradeço a honra de ter proferido estas palavras e devo dizer que Omar Lupi não é apenas imortal da nossa Academia, mas também imortal na medicina do nosso país.

Muito obrigado,



SESSÃO DA SAUDADE - PROF. OMAR DA ROSA SANTOS

“SURPREENDENTEMENTE...”

Acad. Francisco Sampaio

Querida Otília, Andréia, querido Omar Lupi, desde os bancos da UERJ, netos de Omar...

Não posso deixar de falar dois minutos sobre esse querido amigo. Conheci o Professor Omar da Rosa Santos no Hospital do Andaraí, há mais de trinta e cinco anos, quando fui fazer uma palestra em um Simpósio de Urologia. Ele muito me impressionou: era um médico que não parava de perguntar e que conhecia profundamente o assunto que estava sendo discutido. Aproximamo-nos, desde então.

Quando me candidatei à Academia Nacional de Medicina, em 1998, Omar me adotou como um verdadeiro irmão mais velho. A partir daí, passou a me acompanhar durante toda a minha trajetória na Academia como um grande conselheiro, especialmente durante as minhas gestões na Presidência. Era sempre muito atento ao Dia Mundial do Rim e constantemente me lembrava: “Presidente, precisamos logo reservar o mês de março para o Dia Mundial do Rim”. E assim fazíamos, sempre no início do ano.

Omar me aconselhou inúmeras vezes. Era um apaziguador, um conselheiro que sempre buscava conciliar. Nunca o vi falar mal de ninguém, nunca o vi praticar maledicência ou criar intrigas. Trabalhou de forma incansável pela Academia Nacional de Medicina durante toda a sua vida Acadêmica. Além disso, era um publicador e historiador compulsivo. Tenho todos os seus livros e, sempre que preciso consultar algo sobre a história da Academia, encontro ali algum texto ou fotografia.

Ele frequentemente me trazia documentos históricos da instituição, dos quais me vali inúmeras vezes, inclusive para compreender a história dos painéis do nosso Salão Nobre. Foi o Omar quem me mostrou como tudo aconteceu, como um presidente enfrentou resistências para viabilizar os painéis. Se hoje os temos, é fruto dessa determinação - algo que ele fez questão de me ensinar.

Gostaria também de fazer um registro especial ao Acadêmico Rossano Fiorelli, que prestou uma belíssima homenagem ao nosso



Omar, ainda em vida, com o busto que foi recentemente compartilhado em imagem por Omar Lupi. Aquela fotografia, com Omar apontando para o próprio busto, é, a meu ver, excepcional - um retrato muito representativo de quem ele era.

Para não me alongar mais, lembro aos senhores de uma frase que jamais esquece-

rei. Sempre que eu dava uma aula, fazia um discurso ou presidia uma Sessão Solene, ao final, Omar se aproximava de mim e dizia: “Querido Presidente, surpreendentemente, Vossa Excelência se saiu muito bem hoje. Parabéns.”

Esse era o Omar...

**SESSÃO DA SAUDADE - PROF. OMAR DA ROSA SANTOS****“SEJAM SEMPRE BEM-VINDOS”***Acad. Eliete Bouskela*

Boa tarde a todos. Eu gostaria de iniciar saudando a família do saudoso Acadêmico Omar da Rosa Santos: dona Otília, seus filhos Omar Lupi, Otília Helena e Olímpia Maria. É um grande prazer estar aqui na Academia juntamente com Andréia Mateus, Marcos Pitombo e Carlos Coelho, marido de Olímpia, que não está presente

Conheci o Omar durante a minha campanha. Foi uma experiência interessante, porque minha impressão inicial foi a de uma pessoa extremamente reservada, já que falou muito pouco durante a visita acadêmica e, talvez por isso, não tenhamos interagido muito naquele momento. Posteriormente, tive o enorme prazer de receber o Omar Lupi em meu laboratório, onde trabalhamos juntos por cerca de dois anos. A partir daí, acabei me aproximando mais da família. Lembro-me bem de uma situação curiosa: há uma anedota na ANM, segundo a qual, “candidatos vão até a batizado de boneca”, e o primeiro “batizado” a que fui, não foi exatamente um batizado, mas o aniversário de João Pedro, para o qual Omar me convidou. Naturalmente, como candidata, eu fui...

mais tarde, eu reencontraria o João Pedro já na universidade.

Em relação ao Omar, à medida que passei a conhecê-lo melhor, tive a certeza de que se tratava de uma pessoa extremamente honesta, direta, leal e, sobretudo, coerente. Tenho muito prazer em estar aqui hoje falando sobre ele e tenho certeza de que sua presença permanecerá nesta Academia. Ele era, sem dúvida, um dos acadêmicos mais assíduos que tínhamos... era muito difícil vir à Academia e não o encontrar. Ele nos faz muita falta. Tenho a convicção de que será sempre um dos nossos encantados favoritos. Já sinto muita saudade do Omar.

Recordo-me que, quando assumi a Presidência, ele me disse: “surpreendentemente, Vossa Excelência está se saindo muito bem...”, para nós que o conhecíamos, isso era um elogio sincero e uma de suas brincadeiras preferidas.

Muito obrigada.



Venham sempre a esta Casa! Espero que a família do Acadêmico Omar continue frequentando a Academia e que seus netos, além de João Pedro, que já segue a carreira

médica, também se sintam sempre muito bem-vindos aqui. É um prazer receber a família de vocês. Um prazer real!

**SESSÃO DA SAUDADE - PROF. OMAR DA ROSA SANTOS****“COLETÂNEA OU *PROTEGÔNEMOS*”***Acad. Miguel Carlos Riella*

A perda de um amigo sempre gera uma tristeza profunda, e não poderia ser diferente quando Omar partiu... Leva-nos sempre a rememorar passagens, momentos que compartilhamos. Eu guardo, particularmente, na saudosa memória, sua recepção, quando da minha posse na Academia Nacional de Medicina, em 2007. Sua cultura e erudição, sobretudo da língua portuguesa, eram conhecidas de todos nós. A sua oração de boas vindas começa com o sub-título: *Protegônemos!* E nela encontro a frase... *“tenho hoje a honra de agregar a recepção de Miguel Carlos Riella, pura gentileza da simpatia, pois a estima ocupa no coração humano espaço mais que aquele dedicado à justiça”*. Lindo!

Eu poderia continuar a enumerar as qualidades do Omar como amigo, confrade, professor, médico e em tantas outras condições, mas me ocorre que nesta Sessão da Saudade, de apenas 60 minutos, a maioria de nós acadêmicos gostaria de se pronunciar e enaltecer a figura do Omar. Lembrei-me, então, que no dia de comunicação aos acadêmicos do seu falecimento, muitos se ma-

nifestaram e algumas das falas me tocaram muito, porque sem dúvida saíram do fundo do coração de cada um desses acadêmicos. Resolvi coletar e citar algumas das manifestações que não poderiam ficar perdidas em um grupo de mensagens entre os acadêmicos. Passo então a citá-las, um pouco adaptadas pelo exíguo tempo :

1. *Grande como o Mar, singelo como a Rosa, abençoado por todos os Santos... Acad. Mauricio Younes*

2. *Todos nós temos uma história com o Omar e as tantas mensagens de pesar entremeadas com um evidente carinho atestam a alegria do convívio que, além da sua família, ele emprestou a todos nós. Ele permanecerá como um exemplo na coletividade de nossos encontros... Acad. José Suassuna*

3. *Meu sentimento é de tristeza profunda ao saber do falecimento do querido e admirado Prof. Omar, um mestre cuja sabedoria, generosidade e paixão pelo conhecimento transformaram gerações. Um exemplo de comprometimento com a ciência, o ensino e a formação*



humana, deixando marcas indelévels em todos que tiveram o privilégio de aprender ao seu lado. Mais do que um professor, foi um exemplo de ética, curiosidade intelectual e amor pela educação. Seu legado ultrapassa as salas de aula — está presente em cada aluno inspirado, em cada pesquisa iniciada, em cada mente despertada pelo brilho do saber que ele cultivava com tanto zelo. A ausência física entristece, mas a presença simbólica de sua obra e seus ensinamentos permanecerá viva em cada um de nós. Que o tempo se encarregue de manter o brilho do mestre, do amigo e do ser humano admirável que foi... Acad. Rosano Fiorelli

4. A perda de um pai é adimensional; abre um silêncio que nenhuma palavra preenche. É difícil imaginar a nossa Academia Nacional de Medicina sem a presença física do Acadêmico Omar da Rosa Santos, cuja assiduidade, erudição e dedicação marcaram gerações... Acad. Jerson Lima

5. Admirava o Omar pelo que ele sempre representou desde que o conheci: amor inconteste à Medicina e a Academia, a cultura clássica que cultivava, o jeito peculiar de escrever, o humor contido e fino, enfim, as peculiaridades que fazem de um acadêmico um ser original, como ele era... Acad. Paulo Buss

6. A natureza o saudava em flores raras, assim como o homem com sua música etérea e

o céu o acolhia com lágrimas delicadas. Omar atravessou todas as esferas do Paraíso de Dante, chegou ao Empíreo e sua enorme rosa formada pelas almas de todos os bons e justos. Então, viu Deus. Está bem nosso mais atento descansador de pálpebras!... Acad. Walter Zin

7. Como lembra Fernando Pessoa, a morte é a curva da estrada. Morrer é só não ser visto. Seu legado de amor à vida, à família, aos amigos que conquistou durante toda a sua jornada estarão para sempre entre nós... Acad. Natalino Salgado

8. Deixa muito mais do que lembranças acadêmicas e muitos livros escritos com carinho e muitas vezes ironia e humor. Estará sempre em nosso coração. O ser humano gostoso que era, fazendo bem para muitos de nós também... Acad. Rubens Belfort

9. Como disse Bandeira num poema a Mário de Andrade, o seu pai não morreu, Omar Lupi, ausentou-se. Omar sempre foi muito bom comigo, desde o dia em que ingressei na Academia. Quando eu tinha alguma dúvida sobre uma expressão em latim, eu telefonava para ele e a resposta esclarecedora vinha na mesma hora. Na última sessão em que participei, ele sentou-se ao meu lado e me presenteou com um livro de poesias dedicadas à esposa e sua mãe. Sentirei a sua falta nas coisas que ele fazia. Também, não ouvirei mais cer-



tas expressões do português que só ele utilizava e que eu encontro apenas no dicionário. Terei saudade. Direi: Faz tempo que ele não escreve. Irei ao Rio para a sessão das quintas-feiras e ele não estará mais na Academia. Imaginarei: Está em casa lendo algo de bom de Machado. Omar não morreu: ausentou-se... eu então saberei que Omar partiu.

“Para outra vida? A vida é uma só. A dele continua na linda vida que viveu”. Por isso não sinto agora a sua falta... Acad. Gilberto Schwartzmann.

**SESSÃO DA SAUDADE - PROF. OMAR DA ROSA SANTOS****“VIDAS PARALELAS”***Acad. Gerson Canedo Magalhães*

A minha vida e a de Omar tiveram, em algumas etapas, um certo grau de paralelismo. Omar morava no Grajaú, numa época em que o bairro ainda não tinha prédios, apenas casas, em um ambiente tranquilo e sereno. Ele morava na Rua Botucatu e, como gostava muito dos termos tupi-guarani, dizia que Botucatu significava “bom clima”. Eu brincava com ele, dizendo que, então, ele morava em “Buenos Aires”. Depois, ele frequentou o colégio das freiras, onde fez o jardim de infância — assim como eu. Em seguida, foi para o Externato São José, onde eu já estava um ano antes. Seguimos caminhos semelhantes até a faculdade de Medicina, ingressando em instituições federais: ele na Unirio e eu na Praia Vermelha. A vida seguiu, ele se tornou um dos grandes nefrologistas do Rio de Janeiro, e eu, trocando o “F” pelo “U”, segui na Neurologia. Anos depois, quando me candidatei a esta Casa, procurei o Omar, e ele me disse algo que nunca mais esqueci: “Conte comigo”. A partir daí, passei a conviver com ele em diversas situações.

Omar foi um dos acadêmicos mais assíduos desta Casa. Com sua ética e honesti-

dade, honrou rigorosamente o compromisso que assumiu com a Academia. Participou de diversas diretorias e elaborou inúmeros relatos sobre candidatos, especialmente na área de clínica médica, deixando uma contribuição inesquecível.

Em um tempo em que tanto se fala em corrupção e falta de valores, Omar era o exemplo da honestidade. Não posso deixar de destacar também sua cultura. Era um homem profundamente culto, com grande apreço pela língua portuguesa e sólida formação em latim, adquirida ainda no Colégio São José, que exerceu ao longo de toda a vida.

Algum tempo antes de seu falecimento, estive com ele. Sentou-se ao meu lado e comentou que já não conseguia mais ler, pois as letras se embaralhavam. Sugeriu que fizesse uma tomografia. Ali já se anunciava o início de um processo difícil. Depois disso, viajei e não o vi mais. Ao retornar à Academia, recebi a triste notícia de sua partida.

Omar, no entanto, deixou uma grande herança, representada, inclusive, por um dos



maiores dermatologistas deste país, aqui presente.

Eu não poderia deixar de falar nesta sessão... e encerro dizendo:

*Saudade,
meu amigo Omar,
muita saudade.*



SESSÃO DA SAUDADE - PROF. OMAR DA ROSA SANTOS

“NO CORAÇÃO DOS VIVOS...”

Acad. Cláudio Tadeu Daniel-Ribeiro

Chamar os amigos de “irmão” tornou-se um hábito comum, sobretudo entre os jovens. Mas não é por esta razão que vejo Omar como um irmão e, sim, porque sempre o vi como “um irmão mais velho”... deses com as quais compartilhamos afeição, mas a quem dedicamos respeito e de quem ouvimos conselhos.

Omar foi meu tutor no internato na 8ª enfermaria do HCGG da Escola de Medicina e Cirurgia do Rio de Janeiro. Deu-me lições e dicas e celebrou comigo diagnósticos acertados, tratamentos que funcionaram e altas rápidas... consolou-me na perda de minha primeira paciente falecida.

Conheci nessa época, de nome, a lendária Otília Lupi da Rosa Santos e depois cada um dos filhos, a médica Otília Helena, o jovem Omar, que se tornaria nosso confrade querido, e a Procuradora Olímpia Maria.

Omar me recebeu na Academia Fluminense de Medicina em 2002, hoje Acamerj e minha primeira Academia, assim como a de Omar, Novellino e LC Póvoa.

Foi Omar quem me avisou do falecimento de Gerson Cotta-Pereira pelo telefone. Eu estava em Paris tomando posse na ANM da França, o que aconteceu antes de eu entrar nesta egrégia casa. Isso provocou Novellino, que me incitou a me candidatar à ANM.

Omar acompanhou minha candidatura e foi, com Francisco Sampaio, meu padrinho. Tive a oportunidade de repetir a ambos, por várias vezes, que se tivesse que escolher de novo dois padrinhos para uma nova candidatura, seriam eles mais uma vez. Omar nunca teve e-mail e eu li para ele cada uma das 17 cartas que enviei aos confrades e às confrades. Omar ouvia atento e conferia comigo se pontuações e crases estavam no lugar certo. Fiz todas as correspondências em uma só página e a última previ fazer em duas. Ele ouviu cuidadosamente os textos que inseri sobre uma africana genial e um arqueiro japonês que dizia que era preciso apear do cavalo para acertar a flecha no alvo. Omar disse delicado... esse japonês precisa entrar, mesmo? e liquidou a segunda página quando perguntou se o trecho sobre a africana não estava um pouco longo... suprimi ambos.



Recebi com aflição a notícia da doença do Omar e acompanhei, com ele, com apreensão e silenciosa tristeza, sua lenta progressão.

Com quatro outros editores, dediquei a ele o livro que fizemos para celebrar os 50 anos da Acamerj e com José Galvão Alves e Arno von Ristow, editores dos Anais da ANM, um número especial ao fim do ano de 2025 contendo o VIII Relíquias da ANM, também dedicado a ele.

Diante de tantos confrades, amigos e admiradores de Omar, ousou concluir essa pequena saudação, que faço do fundo do meu coração - ainda dolorido pelo seu arrancamento de nosso convívio - com os versos de Jean Cocteau “O verdadeiro mausoléu dos mortos é o coração dos vivos”...

é o seu lugar, Omar... fica com Deus.
Cláudio Tadeu Daniel Ribeiro, Acad. Titular
ANM, Rio de Janeiro. 2 de março de 2026



SESSÃO DA SAUDADE - PROF. OMAR DA ROSA SANTOS

“UMA ENCICLOPÉDIA...”

Acad. Carlos Eduardo Brandão

Eu gostaria de falar um pouco sobre o quão importante foi o convívio que tive com o Professor Omar ao longo desses últimos cinquenta anos.

Meu pai era médico da Força Aérea Brasileira e, muito antes de eu ingressar na faculdade de Medicina, já me falava de um colega nefrologista que havia estagiado com ele no Hospital Central da Aeronáutica. Ele era chefe da clínica médica e sempre destacava a importância do Omar, assim como de outro colega aqui presente, Henrique Murad, que trabalhavam com ele.

Tive o privilégio de ser aluno do professor Omar na Escola de Medicina e Cirurgia, no período de 1974 a 1979. Em determinado momento da minha formação, passei a me interessar muito pela nefrologia, muito em função da influência do Professor Omar. Cheguei a fazer estágio com ele no Hospital do Andaraí, na unidade de nefrologia. Durante o meu internato, que realizava na Santa Casa de Misericórdia, o Professor Figueiredo Mendes me incentivou também a estagiar com ele no Hospital do Andaraí. Assim, eu

permanecia de segunda a sexta na Santa Casa e, aos sábados e domingos, ia para a unidade de diálise do Andaraí.

Eu dizia a ele que não sabia operar as máquinas de diálise, e ele respondia que não havia problema. Então, todos os fins de semana, ele saía de sua casa, na Rua Botucatu, para me ajudar a passar os cateteres de diálise peritoneal e até mesmo a colocar as máquinas para funcionar. Prestei prova de residência médica e fui aprovado na Santa Casa, no serviço do professor Figueiredo. Naquela época, também era possível fazer residência pelo antigo INAMPS, e fui trabalhar no Hospital do Andaraí, onde permaneci por mais dois anos, atuando com ele na clínica médica e na nefrologia.

Tive ainda o privilégio de ser avaliado pelo Professor Omar em três momentos marcantes da minha carreira: no ingresso no magistério superior, em 1987, como professor auxiliar de ensino da Escola de Medicina e Cirurgia; na livre-docência de Clínica Médica, em 1991; e, de forma ainda mais significativa, no concurso para professor titular



da Escola de Medicina e Cirurgia, em 2015. Naquele mesmo ano, ele também integrou a comissão que me recebeu nesta Casa, em 27 de agosto de 2015. Além de ser essa figura ímpar da medicina, gostaria de destacar também a sua dimensão cultural do Professor Omar. Ele era uma verdadeira enciclopédia, um homem de vasta cultura, com profundo conhecimento de latim...

Para mim, também é muito valiosa a amizade com seus familiares, especialmente com Omar Lupi, meu colega do Hospital Gaffrée e Guinle e da Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, e também no Hospital Universitário Clementino Fraga Fi-

lho. Tive ainda o privilégio de receber Andréia em meu serviço de doenças do fígado, onde trabalhou conosco por dois anos como dermatologista associada à unidade.

Convivi também com Otília, Olímpia e Marcos Pitombo, sempre em um ambiente muito agradável. Não poderia deixar de recordar algo muito característico dele. Ele costumava me dizer, como foi mencionado por Sampaio, Eliete e Galvão:

“Brandão, surpreendentemente, você se saiu muito bem.”

Muito obrigado.

**SESSÃO DA SAUDADE - PROF. OMAR DA ROSA SANTOS****“ROSAER...”***Acad. Henrique Murad*

Minha vida profissional sempre esteve perto da do Professor Omar da Rosa Santos, um grande e dileto amigo. Nosso primeiro contato foi na Maternidade Clara Basbaum, quando eu estava no quarto ano da Faculdade de Medicina e Omar era recém formado. Ele me ensinou a fazer partos e acho que me ensinou muito bem...

Posteriormente, servimos juntos na Aeronáutica, como médicos militares temporários, os R2. Passamos três meses na base aérea do Galeão numa adaptação à vida militar. O grande problema do Omar, nessa época, era marchar na cadência esquerda-direita-esquerda-direita. O comandante da Base resolveu esse problema nos colocando para treinar marcha dentro de um hangar fechado para não dar mau exemplo aos soldados...

Depois fomos para o Hospital Central da Aeronáutica, eu na Cirurgia Geral e Omar na clínica médica e tivemos oportunidade de ver vários pacientes junto. Todos os manuais na Aeronáutica terminavam em Aer (RISAER, RUMAER, etc) e Omar dizia que se continuasse na Aeronáutica, iria mudar seu sobrenome para Rosaer. Ainda

nos encontramos algumas vezes no Hospital do Andaraí onde ele estava na nefrologia e eu dava alguns plantões na emergência. Lembro-me, nessa época, de ir várias vezes a sua casa para ajudá-lo na sua tese de livre docência. Daí por diante nossas vidas correram caminhos paralelos ele na Uni-Rio e eu na UFRJ e volta e meia nos encontrávamos.

Quando concorri para a Academia Nacional de Medicina, Omar foi um ardoroso defensor de minha candidatura e pude retribuir esse favor sendo um ardoroso defensor da candidatura de seu filho Omar Lupi. Ele era um acadêmico exemplar, sempre presente e que procurava acima de tudo o engrandecimento da Academia Nacional de Medicina, sem busca por glórias pessoais. Foi muito merecido ter seu busto eternizado na Academia e certamente o Omar, encantado, estará sempre presente em nossas reuniões. Fomos amigos por mais de sessenta anos, fiquei triste por sua doença e realmente muitíssimo triste quando soube de seu falecimento. Certamente ele estará em um mundo melhor que o nosso, mas aqui ele fará muita falta.

Obrigado

**SESSÃO DA SAUDADE - PROF. OMAR DA ROSA SANTOS****“VERSO DE CAMÕES ?”***Acad. Rossano Fiorelli*

Eu também não poderia deixar de falar algumas palavras sobre o Acadêmico e meu Professor Omar. Tive o privilégio de ser seu aluno na 7ª Enfermaria do Hospital Universitário Gaffré e Guinle, isso há 40 anos e, desde então, nos relacionamos.

O professor Omar sempre me impressionou com aquele bigode imenso que tinha, muito maior do que usava agora há pouco. E numa das vezes que tive o privilégio de ter um pouco mais de proximidade e tempo com ele, num dia após uma sessão clínica, conversamos um bom tempo e ele me sabatinou sobre a felicidade... e, por horas conversamos sobre o tema. Ele, então, me declamou um verso, dizendo ser de Camões, relatando que foi vencedor de um concurso de estrofes à época. Me lembro até hoje desse verso e gostaria de passar para os senhores:

"Felicidade é uma casinha na beira do rio, uma sardinha na brasa, um cobertor para o frio e um amor dentro de casa".

Esse encontro, eu me lembro até hoje, tem 40 anos. Depois, procurei em todos os livros esse verso de autoria de Camões e nunca encontrei...

Então, acho que aquele verso foi do próprio Professor Omar, um dos homens mais eruditos que já conheci.

Realmente sentiremos saudade dele, de sua companhia, de suas palavras, de sua amizade, porque o Professor Omar é uma pessoa muito especial.

Muito obrigado.



SESSÃO DA SAUDADE - PROF. OMAR DA ROSA SANTOS

“MEU PAI”

Acad. Omar Lupi da Rosa Santos

Meu pai, parte da chamada “geração silenciosa”, nascida antes de 1946, foi formado para o valorizar o dever e a disciplina. Eu já sou um representante da geração X (1965/1980), desenvolvi um espírito mais independente, pragmático e orientado ao resultado.

Hoje mais maduro, entendo um pouco a abordagem do meu pai. Cobrar resultados, estimular a iniciativa e a tomada de decisões por conta própria foram sua forma de nos ensinar. Mas, sendo agora pai e professor de muitos alunos, também aprendi por outros meios que o estímulo e o carinho também podem ser transformadores. Nem sempre nossa relação foi fácil ou simples, mas, apesar disso, percebo que suas lições me são muito úteis todos os dias; apenas elas não são lições absorvíveis por todas as pessoas.

Essas diferenças de visão do mundo se refletiram em uma relação as vezes conflituosa, marcada por diferenças de valores e comportamentos. Ele, de formação muito rígida, encontrava dificuldades para lidar com as minhas escolhas pessoais, especialmente as relacionadas à abordagem na carreira médi-

ca e a escolha da minha especialidade. Nessa época, eram bem claras para mim as nossas diferenças.

Apesar dos conflitos, anos depois, nós nos reaproximamos. Lembro de que em um momento de reconciliação, dei um abraço apertado no meu pai. Eu considero este ato como uma vitória pessoal, simbolizando o perdão e a superação das adversidades.

Nossa história ilustra como, mesmo em meio a conflitos familiares, é possível encontrar o caminho da reconciliação e da cura emocional. A nossa história demonstra a importância do perdão e da compreensão mútua na construção de relações familiares saudáveis.

Mais ainda, A frase "viver é saber conviver" sugere que a arte de viver, ou a vida em si, se encontra na capacidade de interagir e relacionar-se com os outros de forma harmoniosa e respeitosa. Saber conviver implica compreender as nuances da convivência, como a importância da empatia, da comunicação e da tolerância.



Além disso, a frase também nos lembra que a vida não se limita à nossa própria existência individual, mas sim à nossa capacidade de estar em conexão com o mundo e com as pessoas que nos cercam.

Sim, por anos enxergamos mais as nossas diferenças, presos em nossas próprias

visões do mundo, mas nos últimos 20 anos soubemos superar esse ciclo vicioso e passamos a enxergar mais as nossas semelhanças, que são muitas. Sua jornada foi linda. Os últimos tempos não foram fáceis para ele nem para nós, mas estivemos vigilantes para que ocorresse da maneira mais suave possível. Afinal, ele sempre mereceu!

INSTRUÇÕES PARA OS AUTORES

Normas de Publicação

Os artigos submetidos para publicação deverão ser enviados para:

Editor-Chefe

Acadêmico José Galvão-Alves

Coeditores

Acadêmico Arno von Ristow

Acadêmico Cláudio Tadeu Daniel-Ribeiro

E-mail: anais@anm.org.br

Cada artigo deverá ser acompanhado de carta de submissão, **assinada por todos os autores**, indicando a intenção de publicá-lo nos Anais da Academia Nacional de Medicina. Esta carta deve informar que:

1. o artigo não foi publicado previamente e não foi submetido para publicação em outra revista;
2. que todos os autores contribuíram de forma significativa para a informação ou material submetido para publicação;
3. que os autores não possuem interesse financeiro direto ou indireto, associado com a publicação do artigo;
4. que a fonte de recursos extra-institucional, especialmente aquelas fornecidas por companhias comerciais, estão indicadas. Uma vez aceitos para publicação, os artigos passarão a ser propriedade desta revista e não poderão ser reproduzidos ou reimpressos total ou parcialmente sem a devida autorização por escrito da redação.

Conflito de interesses: Qualquer conflito de interesses, principalmente acordo financeiro com companhias cujos produtos são citados no trabalho, devem ser claramente revelados quando o trabalho for submetido para revisão. Se aceito, esta informação será publicada no artigo final.

Os requisitos para autoria dos artigos e as regras gerais de preparação dos manuscritos submetidos aos Anais da ANM são de acordo com o Uniform Requirements for Manuscripts Submitted to Biomedical Journals (International Committee of Medical Journal Editors. Uniform Requirements for Manuscripts Submitted to Biomedical Journals. *Ann Intern Med*, 126: 36-47, 1997). Uma versão

eletrônica destes requisitos está disponível no site: www.icmje.org

Revisão por Pares: Todos os manuscritos enviados aos Anais da ANM são submetidos a revisão editorial. Normalmente, cada manuscrito é submetido de forma anônima pelo Editor a 3 Revisores (pelo menos 2). Se o Editor receber revisões conflitantes, o artigo é sempre enviado a 1 ou 2 Revisores adicionais, antes da decisão final do Editor. Se for julgado necessário pelo Editor ou pelos Revisores, estudos estatísticos incluídos no manuscrito serão analisados por um estatístico.

Os Anais da Academia Nacional de Medicina aceitam a submissão de artigos originais especiais (História da Medicina, p. ex.).

Artigos de revisão, avaliações críticas e ordenadas da literatura em relação a temas de importância clínica, com ênfase em fatores como causas e prevenção de doenças, seu diagnóstico, tratamento e prognóstico, são, em geral escritos, mediante convite, por profissionais de reconhecida experiência em assuntos de interesse especial para os leitores. Meta-análises estão incluídas nessa categoria. Autores não-convidados podem também submeter previamente ao conselho editorial uma proposta de artigo de revisão, com um roteiro.

Os artigos deverão estar escritos em português, de acordo com a ortografia oficial.

Os trabalhos deverão ser digitados em espaço duplo, com margens de 3 cm e com tamanho de letra legível (No. 14, de preferência). Abreviaturas deverão ser evitadas, entretanto, as oficiais poderão ser utilizadas, porém a primeira menção deverá ser completa, seguida da abreviatura. Gírias e expressões pouco comuns não deverão ser usadas. Drogas deverão ser mencionadas pelo nome químico.

Todos os tipos de artigos encaminhados deverão apresentar na, Folha de Rosto, o título do artigo, um título curto de até 50 letras, nome dos autores, local de realização do trabalho e até 6 palavras chave (key words). Um dos autores deve ser designado como Autor-Correspondente e deve ser fornecido o seu endereço completo para correspondência, telefone e e-mail.

Se o trabalho for financiado por instituição de pesquisa ou comercial, o nome da instituição deve ser mencionado.

Tipos de Colaboração

Artigos Originais: Devem ser apresentados nesta sequência: Folha de Rosto, Resumo + Palavras-chave, Introdução, Material e Métodos, Resultados, Discussão, Conclusões, Referências, Endereço para correspondência, Tabelas e Legendas. Cada seção deve ser iniciada em uma página. As páginas devem ser numeradas de modo consecutivo. Os artigos originais devem apresentar contribuições autênticas ou abordagens novas. Os autores devem ser no máximo 6 (seis). Os artigos com mais de 6 autores devem ser acompanhados de uma carta explicitando a participação de cada autor no trabalho.

Artigos de Revisão e de Atualização: Somente serão aceitos para publicação quando solicitados pelo Corpo Editorial. Artigos de Revisão representam artigos que analisam criticamente os trabalhos mais recentes e de maior importância sobre determinado tópico. **Artigos de Atualização** representam a experiência e o ponto de vista do autor, reconhecido através de publicações internacionais, como expert em determinado tema. Devem ter **Resumo e Palavras-chave**.

Ilustrações

O número máximo será de 10 (dez) por manuscrito. Todas as figuras devem ser numeradas na ordem de aparecimento no texto. Todas as explicações devem ser apresentadas nas legendas. Figuras reproduzidas de outras fontes já publicadas devem indicar essa condição na legenda, assim como devem ser acompanhadas por uma carta de permissão do detentor dos direitos. Fotos não devem permitir a identificação do paciente; tarjas cobrindo os olhos podem não constituir proteção adequada. Caso exista a possibilidade de identificação, é obrigatória a inclusão de documento escrito fornecendo consentimento livre e esclarecido para a publicação.

Microfotografias devem apresentar escalas internas e setas que contrastem com o fundo. As ilustrações são aceitas em cores para publicação no site. Contudo, todas as figuras serão vertidas para tons de cinza na versão impressa. Caso os autores julguem essencial que uma determinada imagem seja colorida mesmo na versão impressa, solicita-se um contato especial com os editores. Todas as figuras, bem como todas as imagens geradas em computador, como

gráficos, devem ser anexadas sob a forma de arquivos nos formatos jpg ou tif, com resolução mínima de 300 dpi para possibilitar uma impressão nítida.

Tabelas

Deverão ser numeradas em algarismos arábicos e constar isoladamente em páginas separadas. Cada tabela deverá ter uma legenda. As tabelas deverão ser mencionadas no texto através de algarismos arábicos, e numeradas consecutivamente.

Referências Bibliográficas

Deverão ser numeradas de modo consecutivo, na ordem em que são inicialmente mencionadas no texto. Identificar as referências no texto através de números arábicos entre parênteses. Não deverá ser incluído material não publicado e comunicações pessoais na lista de referências; se for absolutamente necessário, mencione estas citações no corpo do texto. As citações pessoais devem ser restringidas ao mínimo. Para as abreviaturas dos nomes das revistas, refira-se a "List of Journals Indexed in Index Medicus" (www.nlm.nih.gov). Nas referências deverão constar os nomes de todos os autores. Quando existirem mais de 6 autores, liste os 6 primeiros, seguido de *et al.* Deverão constar a página inicial e a página final de cada artigo e capítulo de livro.

Utilizar o estilo de apresentação de acordo com os exemplos a seguir:

Artigos de Periódicos e Revistas:

Paterson RF, Lifshitz DA, Kuo RL, Siqueira Jr TM, Lingeman JE: Shock wave lithotripsy monotherapy for renal calculi. *Int Braz J Urol.* 2002; 28:291-301.
Holm NR, Horn T, Smedts F, Nordling J, de la Rossette J: Does ultrastructural morphology of human detrusor smooth muscle cell characterize acute urinary retention? *J Urol.* 2002; 167:1705-9.

Livros:

Sabiston DC: *Textbook of Surgery*. Philadelphia, WB Saunders. 1986; vol. 1, p. 25.

Capítulos de Livros:

Penn I: Neoplasias in the Allograft Recipient. In: Milford EL (ed.), *Renal Transplantation*. New York, Churchill Livingstone. 1989; pp. 181-95. A revista se reserva o direito de não aceitar os originais que não estiverem dentro das normas, assim como propor modificações, de acordo com a análise dos Revisores e do Corpo Editorial.

Í N D I C E **Seminários e Matérias on-line**



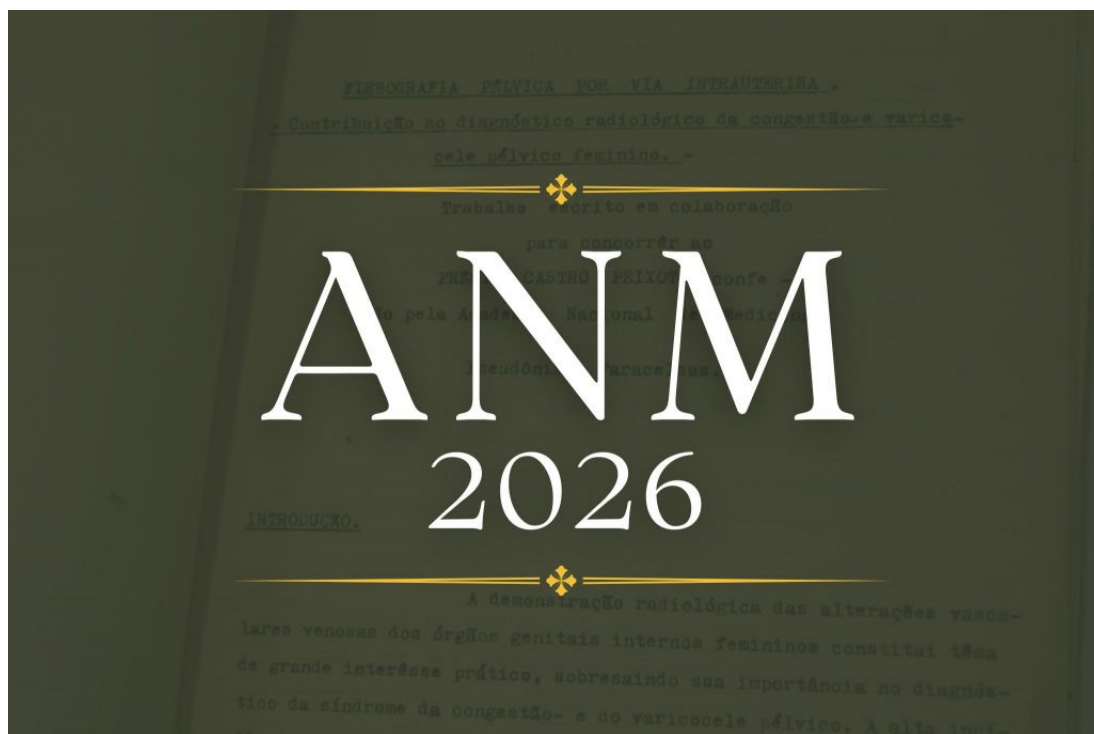
VOLUME 197 (1) - MESES: JANEIRO / FEVEREIRO / MARÇO 2026

03/03/2026 - ACADEMIA NACIONAL DE MEDICINA RETOMA ATIVIDADES EM 2026 COM PROGRAMAÇÃO CIENTÍFICA VOLTADA A TEMAS ESTRATÉGICOS DA SAÚDE	I
03/03/2026 - SOLENIDADE DE POSSE MARCA INÍCIO DA GESTÃO DE ANTONIO EGIDIO NARDI NA PRESIDÊNCIA DA ACADEMIA NACIONAL DE MEDICINA	IV
05/03/2026 - ANM ABRE ANO ACADÊMICO COM DEBATE SOBRE AVANÇOS NA VISUALIZAÇÃO DE SISTEMAS BIOLÓGICOS	X
10/03/2026 - ACADEMIA NACIONAL DE MEDICINA PRORROGA INSCRIÇÕES PARA OS PRÊMIOS ANM 2026 ATÉ 15 DE MAIO	XVII
12/03/2026 - ACADEMIA NACIONAL DE MEDICINA REALIZA SESSÃO COM HOMENAGENS, LANÇAMENTO DE LIVRO E DEBATES SOBRE AVANÇOS EM TRANSPLANTES	XX
19/03/2026 - ACADEMIA NACIONAL DE MEDICINA DEBATE SAÚDE DA MULHER E CESARIANA MODERNA EM SESSÃO ESPECIAL	XXV
26/03/2026 - ACADEMIA NACIONAL DE MEDICINA EMPOSSA NOVOS JOVENS LÍDERES MÉDICOS E APROFUNDA DEBATE SOBRE O ENSINO MÉDICO NO PAÍS	XXXI



ACADEMIA NACIONAL DE MEDICINA RETOMA ATIVIDADES EM 2026 COM PROGRAMAÇÃO CIENTÍFICA VOLTADA A TEMAS ESTRATÉGICOS DA SAÚDE

03 DE MARÇO DE 2026





ACADEMIA NACIONAL DE MEDICINA RETOMA ATIVIDADES EM 2026 COM PROGRAMAÇÃO CIENTÍFICA VOLTADA A TEMAS ESTRATÉGICOS DA SAÚDE

A Academia Nacional de Medicina inicia, neste mês, o calendário oficial de atividades científicas do ano, reafirmando seu compromisso histórico com o debate qualificado, a produção de conhecimento e a contribuição ativa para os grandes temas da saúde no país.

A programação tem início no dia 5 de março (quinta-feira), com a sessão “Avanços na Visualização de Sistemas Biológicos”, organizada pelo Acadêmico Wanderley de Souza. O encontro propõe uma reflexão sobre as novas tecnologias e metodologias aplicadas à investigação dos sistemas biológicos, evidenciando o impacto dessas ferramentas no avanço da pesquisa biomédica.

No dia 12 de março (quinta-feira), a Academia realiza sessão especial sobre o “Dia Mundial do Rim”, sob a organização dos Acadêmicos Rui Maciel, Miguel Carlos Riella, Natalino Salgado, Mauricio Younes Ibrahim e José Suassuna. A atividade reforça o compromisso da Instituição com o debate sobre prevenção, diagnóstico e tratamento das doenças renais, além de ampliar a discussão sobre políticas públicas voltadas à saúde renal.

Já em 19 de março (quinta-feira), será promovida a sessão em celebração ao “Dia da Mulher e à Cesariana Moderna”, organizada pelos Acadêmicos Carlos Giesta, Jorge de Rezende Filho, Maurício Magalhães, Marcelo Zugaib, Henrique Salvador e Waldemar Naves do Amaral. A sessão propõe uma abordagem histórica e científica sobre a evolução da cesariana, aliada a reflexões contemporâneas acerca da saúde da mulher e dos avanços na assistência obstétrica.

Continuidade das pautas institucionais

À frente da Academia no biênio 2026–2027, o Presidente, Acadêmico Antonio Egidio Nardi, destacou a importância de dar continuidade aos temas estruturantes debatidos na gestão anterior.

Perguntado sobre a manutenção das pautas conduzidas durante o biênio 2024–2025, o Acadêmico assegurou que elas permanecerão no centro das discussões da Casa:

“As pautas debatidas durante o biênio 2024–2025 serão mantidas, princi-



palmente no que diz respeito ao ensino da medicina, que exige constante atenção da Academia.”

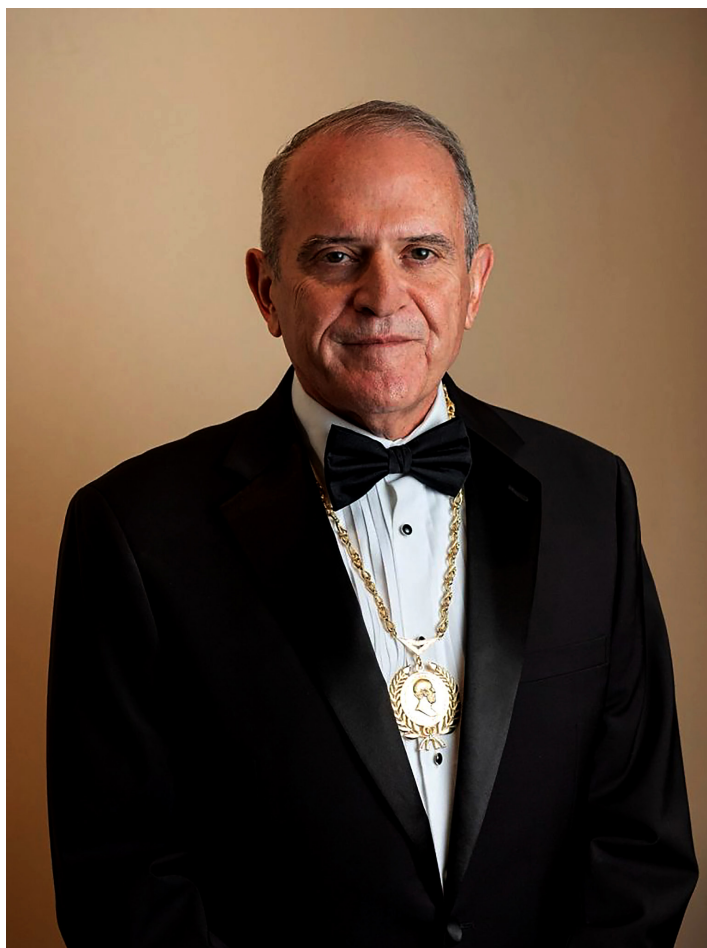
Com uma agenda que articula ciência básica, especialidades clínicas e temas

estratégicos para a formação médica, a Academia reafirma, neste início de ano, seu papel como fórum permanente de excelência, reflexão crítica e contribuição institucional para o desenvolvimento da medicina brasileira.



**SOLEINIDADE DE POSSE MARCA INÍCIO DA GESTÃO DE
ANTONIO EGIDIO NARDI
NA PRESIDÊNCIA DA ACADEMIA NACIONAL DE MEDICINA**

03 DE MARÇO DE 2026



PRESIDENTE ELEITO, ANTONIO EGIDIO NARDI



SOLENIIDADE DE POSSE MARCA INÍCIO DA GESTÃO DE ANTONIO EGIDIO NARDI NA PRESIDÊNCIA DA ACADEMIA NACIONAL DE MEDICINA



Professora Maria do Carmo Friche Passos

A Academia Nacional de Medicina realizou, na noite desta terça-feira (03), a Sessão Solene de posse de sua nova diretoria para o biênio 2026–2027, em cerimônia realizada na sede da instituição, no Rio de Janeiro. O evento reuniu acadêmicos, autoridades, representantes de instituições científicas e convidados, marcando o início da gestão do Acadêmico Antonio Egidio Nardi na presidência da entidade.

A mesa de honra foi presidida pela então Presidente da ANM no biênio 2024–2025, Acadêmica Eliete Bouskela, e con-

tou com a presença do presidente eleito, Antonio Egidio Nardi, além do vice-presidente do Superior Tribunal de Justiça, ministro Luís Felipe Salomão, e representantes de diferentes áreas do meio científico e institucional.

Acadêmica Eliete Bouskela se despede da presidência

Em seu discurso de despedida, a Acadêmica fez um balanço de sua gestão e destacou o papel histórico da instituição. “Ser presidente da Academia Nacional de Medicina é uma honra, um privilégio e um



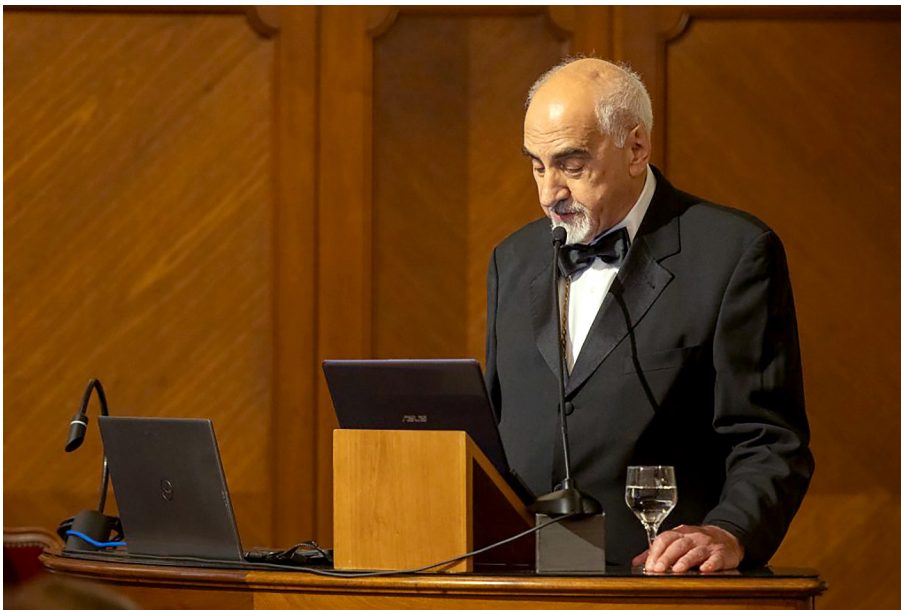
enorme desafio”, afirmou, agradecendo o apoio de acadêmicos, familiares e colaboradores ao longo de seu mandato.

Ela também ressaltou a importância da continuidade institucional e da preservação dos valores da Academia, que se aproxima de seu bicentenário. “A Academia Nacional de Medicina, ao completar os seus duzentos anos de existência, é uma história viva, atualizando o passado e legitimando o presente”, declarou. Ao saudar seu sucessor, acrescentou: “Com enorme satisfação cumprimento o nosso novo presidente, médico, cientista e meu amigo, Antonio Egidio Nardi, sua família e sua diretoria.”

Nardi assume a presidência e empossa a nova diretoria

Após o pronunciamento, foi realizada a passagem oficial do cargo, quando a Acadêmica Eliete Bouskela transmitiu a presidência ao Professor Antonio Egidio Nardi, que assumiu a condução da Academia para o biênio 2026–2027.

Entre os temas abordados, o presidente destacou a importância da qualidade na formação médica e a defesa do Sistema Único de Saúde (SUS) como uma conquista social fundamental. “Defender o SUS significa contribuir para seu aperfeiçoamento, sempre com base em evidências científicas e compromisso com a equida-



de”, disse. O Acadêmico também alertou para os riscos da expansão acelerada de escolas médicas sem garantia de qualidade na formação profissional.

Orador da Academia ressalta história e espírito institucional

Durante a cerimônia, o orador da Academia, Professor José de Jesus Camargo, também se pronunciou, refletindo sobre a trajetória histórica da instituição e o significado de pertencer à ANM. Ao iniciar sua fala, destacou o momento simbólico vivido pela entidade, que se aproxima de dois séculos de existência.

“Agradeço o privilégio de estar aqui nesse momento tão importante na vida dessa instituição que se aproxima, animada e faceira, da comemoração de dois séculos de existência”, afirmou. Ele ressaltou ainda que a força da Academia se constrói a partir da dedicação de seus integrantes ao longo das gerações. “A riqueza de uma instituição com uma longa trajetória foi identificada pela soma das entregas pessoais de cada um dos acadêmicos, determinados a amá-la e a protegê-la.”



Ministro da Saúde envia mensagem e destaca papel da Academia

A cerimônia também contou com uma mensagem em vídeo do Ministro da Saúde, Alexandre Padilha, que saudou a nova diretoria e parabenizou a ex-Presidente Eliete Bouskela pelo trabalho realizado. Em sua fala, o ministro destacou a importância da Academia Nacional de Medicina no debate científico e na formulação de políticas públicas.

Padilha ressaltou ainda os desafios contemporâneos do sistema de saúde brasileiro, incluindo o envelhecimento populacional, o

aumento das doenças crônicas e os impactos das mudanças climáticas na saúde. Segundo ele, a atuação de instituições científicas é fundamental para enfrentar essas transformações. O ministro também destacou o papel da Academia na defesa da medicina baseada em evidências e no combate à desinformação científica.

Academia projeta futuro próximo ao bicentenário

Ao encerrar seu discurso, o Acadêmico Antonio Egidio Nardi destacou que a proximidade do bicentenário da Academia Nacional de Medicina, em 2029, representa uma



oportunidade de reflexão sobre a trajetória da instituição e seus desafios futuros.

Para ele, a Academia deve seguir atuando como referência intelectual e científica no

país. “A Academia deve permanecer como um farol intelectual em tempos de incerteza, guiada pela ciência, pela ética e pelo humanismo”, concluiu.

VÍDEO:

SESSÃO SOLENE DE POSSE DA NOVA DIRETORIA DA ANM BIÊNIO 2026 - 2027

RIO DE JANEIRO, 5 DE MAR. DE 2026

<https://www.youtube.com/watch?v=6STcFOBDHhE>





ANM ABRE ANO ACADÊMICO COM DEBATE SOBRE AVANÇOS NA VISUALIZAÇÃO DE SISTEMAS BIOLÓGICOS

05 DE MARÇO DE 2026





ANM ABRE ANO ACADÊMICO COM DEBATE SOBRE AVANÇOS NA VISUALIZAÇÃO DE SISTEMAS BIOLÓGICOS



Bancada acadêmica da sessão “Avanços na Visualização de Sistemas Biológicos”

Nesta quinta-feira (5), na Academia Nacional de Medicina, a primeira sessão ordinária do 197º ano acadêmico foi marcada por um simpósio dedicado aos avanços na visualização de sistemas biológicos. O encontro reuniu especialistas em bioimagem, microscopia e biologia estrutural para discutir como novas tecnologias estão ampliando a compreensão de processos celulares, doenças e possíveis terapias.

A sessão foi aberta pelo presidente da ANM, Acadêmico Antonio Egidio Nardi, que deu início às atividades científicas do ano. Em seguida, foi apresentado o tema do en-

contro, destacando a proposta da instituição de promover, ao longo de 2026, uma série de sessões organizadas pela Secção de Ciências Aplicadas voltadas a metodologias científicas relevantes para diferentes áreas da medicina.

Na introdução geral ao tema, o Acadêmico Wanderley de Souza ressaltou que a iniciativa busca aproximar o conhecimento científico básico de suas aplicações na prática médica. “A microscopia óptica vive hoje uma verdadeira revolução. Técnicas modernas permitem visualizar estruturas em escala nanométrica, algo impensável há poucas décadas”, afirmou.



Presidente Acadêmico Antonio Egidio Nardi e Acadêmico Wanderley de Souza

A primeira apresentação foi conduzida pelo professor Manuel Costa, do Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Ele explicou os princípios da microscopia confocal, uma técnica que permite observar células e tecidos com maior nitidez. Segundo o pesquisador, a evolução da microscopia sempre esteve ligada a dois desafios principais: melhorar a resolução das imagens e aumentar o contraste entre as estruturas observadas. Nesse contexto, o uso da fluorescência tornou-se fundamental, pois permite marcar moléculas específicas e acompanhá-las com grande precisão.

O microscópio confocal, patenteado em 1957 pelo cientista Marvin Minsky, representou um avanço importante para a análise de tecidos biológicos mais espessos. A técnica utiliza um sistema de varredura ponto a ponto e um pequeno diafragma, chamado pinhole, que bloqueia a luz fora de foco. “Isso possibilita observar estruturas tridimensionais com muito mais clareza”, explicou Costa, comparando a formação da imagem ao pontilhismo artístico, em que a figura final surge da soma de inúmeros pontos.



*Professor Manuel Costa, do Instituto de Ciências Biomédicas da
Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)*

Durante a apresentação, o pesquisador também mostrou exemplos de estudos realizados em seu laboratório sobre diferenciação muscular, utilizando culturas celulares e modelos experimentais como o peixe-zebra. Os embriões transparentes desse organismo permitem acompanhar processos biológicos em tempo real. “Esses modelos ajudam a entender como proteínas se organizam durante o desenvolvimento dos tecidos”, destacou.

Na sequência, o Acadêmico Jerson Lima abordou como técnicas modernas de bioimagem e biologia estrutural têm contribuído para compreender doenças relacionadas ao mau dobramento de proteínas, como Alzheimer e Parkinson. Ele explicou que avanços recentes em métodos como criomicroscopia eletrônica e ferramentas baseadas em inteligência artificial estão transformando o estudo das proteínas. “Compreender a estrutura dessas



moléculas é fundamental para entender as doenças e desenvolver novas estratégias de tratamento”, afirmou.

O Acadêmico também apresentou estudos de seu grupo sobre a proteína p53, conhecida como “guardião do genoma”. Quando sofre mutações, ela aparece em cerca de metade dos tumores humanos e pode formar agregados semelhantes aos observados em doenças neurodegenerativas. “Esses agregados alteram profundamente o funcionamento celular e podem contribuir para o desenvolvimento do câncer”, explicou.

Encerrando as apresentações, o professor Antonio Carlos Campos de Carvalho mostrou pesquisas que combinam diferentes técnicas de imagem, como ressonância magnética, PET e bioluminescência, para acompanhar processos biológicos em modelos animais. Um dos estudos analisou a evolução da doença de Chagas e os efeitos de terapias experimentais com células-tronco. “Cada método de imagem tem vantagens e limitações. Quando combinados, eles permitem compreender fenômenos biológicos complexos de forma muito mais completa”, destacou.



Acadêmico Jerson Lima



Professor Antonio Carlos Campos de Carvalho (UFRJ)

Durante o debate final, os participantes discutiram também aplicações clínicas dessas tecnologias, como o uso de métodos de imagem para estudar doenças priônicas e tumores neuroendócrinos. Outro tema abordado foi o avanço da medicina de precisão, que utiliza análises genéticas e moleculares para orientar tratamentos personalizados.

Ao encerrar a sessão, o Presidente Nardi agradeceu aos palestrantes e destacou a importância da integração entre ciência básica e prática clínica. Segundo ele, os avanços na visualização de estruturas microscópicas estão abrindo novos caminhos para a compreensão das doenças e para o desenvolvimento de terapias mais eficazes.



VÍDEO:

1º PARTE

SESSÃO AVANÇOS NA VISUALIZAÇÃO DE SISTEMAS BIOLÓGICOS

RIO DE JANEIRO, 07 de AGOSTO de 2025

<https://www.youtube.com/watch?v=LDZtA0Mrq4U>



2º PARTE

SESSÃO AVANÇOS NA VISUALIZAÇÃO DE SISTEMAS BIOLÓGICOS

RIO DE JANEIRO, 07 de AGOSTO de 2025

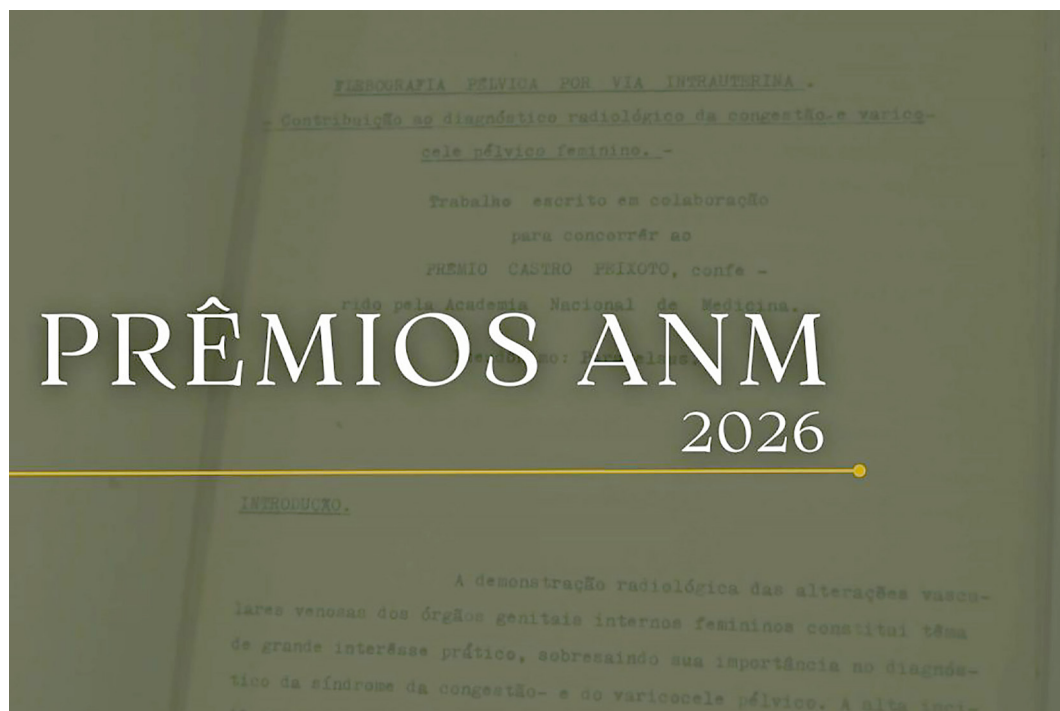
<https://www.youtube.com/watch?v=Ipu4mvS1SAQ>





**ACADEMIA NACIONAL DE MEDICINA PRORROGA
INSCRIÇÕES PARA OS PRÊMIOS ANM 2026
ATÉ 15 DE MAIO**

10 DE MARÇO DE 2026





ACADEMIA NACIONAL DE MEDICINA PRORROGA INSCRIÇÕES PARA OS PRÊMIOS ANM 2026 ATÉ 15 DE MAIO

As inscrições para os Prêmios ANM 2026 da Academia Nacional de Medicina foram prorrogadas até o dia 15 de maio de 2026. A iniciativa reconhece trabalhos científicos de destaque em diversas áreas da medicina.

Ao todo, cinco prêmios serão concedidos:

Prêmio Academia Nacional de Medicina – principal distinção da instituição, voltada, em 2026, à área de Ciências Aplicadas à Medicina. O vencedor receberá diploma, medalha e será convidado a apresentar seu trabalho em sessão científica da ANM.

Prêmio Presidente Antonio José Pereira da Silva Araújo – destinado a trabalhos na área de Medicina Clínica.

Prêmio Presidente Augusto Paulino Soares de Souza Netto – voltado à área de Cirurgia.

Prêmio Presidente Octaviano Maria da Rosa – também voltado à área de Ciências Aplicadas à Medicina.

Prêmio Miguel Couto – concedido ao melhor trabalho de Patologia Humana ou Experimental.

Cada premiado receberá diploma e a oportunidade de apresentar seu trabalho em sessão pública da Academia.

Requisitos e formato dos trabalhos

Os trabalhos devem ser originais, redigidos em português e conter até 10.000 palavras, organizados com os seguintes capítulos obrigatórios: Introdução (com revisão bibliográfica e justificativa), Materiais e Métodos (ou Pacientes e Métodos), Resultados, Discussão, Conclusão e Referências Bibliográficas.

Também devem incluir informações sobre aprovação em Comitês de Ética em Pesquisa e, quando aplicável, em Comissões de Ética em Experimentação Animal.

O primeiro autor deve ser médico com CRM válido, brasileiro nato ou naturalizado, e o trabalho deve ter sido elaborado no Brasil ou no exterior. São aceitos coautores não médicos e estrangeiros.



Inscrição e Envio

O trabalho deve ser encaminhado em arquivo anexo por e-mail para premio@anm.org.br, identificado apenas com um pseudônimo, garantindo a avaliação cega pela comissão julgadora.

No corpo do e-mail, devem constar os nomes, endereços e telefones do(s) autor(es) e coautor(es). O candidato também deve especificar o prêmio ao qual deseja concorrer. Para as áreas clínica ou cirúrgica, será adotada a classificação da CAPES.

Avaliação e Premiação

As comissões avaliadoras serão formadas por membros designados pela ANM. Os resultados serão definitivos e irrecorribéis.

A cerimônia de premiação ocorrerá durante a solenidade pública de aniversário da Academia Nacional de Medicina, presidida pelo atual presidente da entidade.

Todas as resoluções anteriores sobre os prêmios estão revogadas, conforme deliberação da Diretoria – Biênio 2024/2025. Para mais informações, consulte o regulamento aqui.



ACADEMIA NACIONAL DE MEDICINA REALIZA SESSÃO COM HOMENAGENS, LANÇAMENTO DE LIVRO E DEBATES SOBRE AVANÇOS EM TRANSPLANTES

12 DE MARÇO DE 2025





ACADEMIA NACIONAL DE MEDICINA REALIZA SESSÃO COM HOMENAGENS, LANÇAMENTO DE LIVRO E DEBATES SOBRE AVANÇOS EM TRANSPLANTES



Bancada Acadêmica da Sessão Ordinária realizada no dia 12 de março de 2026

A Academia Nacional de Medicina realizou nesta quinta-feira (12), mais uma Sessão Ordinária marcada por homenagens e apresentações científicas de grande relevância. A reunião foi conduzida pelo presidente interino, Acadêmico José Galvão-Alves, com secretaria do Acadêmico Maurício Magalhães Costa.

Homenagem ao Acadêmico Omar da Rosa Santos

A programação teve início com a Sessão da Saudade em memória do Acadêmico Omar da Rosa Santos. A cerimônia reuniu colegas e familiares em um momento de re-

conhecimento à sua trajetória, com discursos dos Acadêmicos Mauricio Younes, Aníbal Gil Lopes e Carlos Alberto Basílio de Oliveira. Também se manifestaram os Acadêmicos Pietro Novellino, Cláudio Tadeu Daniel-Ribeiro e Carlos Eduardo Brandão Mello. O encerramento ficou a cargo de Omar Lupi Rosa dos Santos, representando a família.

Lançamento de obra sobre patologia da tireoide

Durante a sessão, foi lançado o livro “Patologia da Tiróide: Fundamentos e Conceitos”, coordenado pelo Acadêmico Carlos Alberto Basílio de Oliveira. A publicação reúne 32 capítulos e integra dife-



Lançamento do livro “Patologia da Tiróide: Fundamentos e Conceitos”, do Acadêmico Carlos Alberto Basílio de Oliveira

rentes áreas do conhecimento, como patologia, imagem, biologia molecular e aplicações clínicas. A obra foi destacada como uma importante contribuição científica, fruto de colaboração entre diferentes gerações e centros acadêmicos.

Avanços e desafios no transplante renal

No bloco científico, o Acadêmico José Medina Pestana apresentou uma atualização

sobre o transplante renal no Brasil. Segundo ele, os avanços recentes decorrem principalmente de melhorias contínuas na prática clínica, com aumento na sobrevida dos enxertos.

O especialista destacou a predominância atual de doadores falecidos no país, reflexo do aumento da conscientização sobre a doação de órgãos. Apesar dos progressos, persistem desigualdades regionais, com maior concentração de serviços nas regiões Sul e Sudeste.



Acadêmico José Suassuna

Entre os desafios, foi ressaltada a importância de fortalecer a infraestrutura dos programas de transplante, incluindo equipes especializadas e sistemas eficientes de captação e alocação de órgãos.

Xenotransplante: perspectivas para o futuro

Na sequência, o professor Leonardo Riella abordou o xenotransplante renal, apontado como uma alternativa promissora diante da escassez de órgãos.

Ele destacou o papel da edição genética, especialmente por meio da tecnologia CRISPR, na modificação de órgãos de ori-

gem suína para torná-los compatíveis com o organismo humano. Resultados iniciais em humanos indicam viabilidade funcional dos enxertos e controle de rejeição, sem evidências relevantes de transmissão infecciosa até o momento.

O campo avança agora para fases mais estruturadas de pesquisa clínica, com perspectivas de personalização genética dos órgãos.

Nova abordagem para a síndrome cardiorenal-metabólica

Encerrando o bloco científico, o Acadêmico José Suassuna apresentou uma análise crítica da síndrome cardiorenal-metabólica.



Ele propôs um modelo baseado no conceito de adiposidade disfuncional, com foco no papel do tecido adiposo e do fígado na origem das alterações metabólicas.

VÍDEO:

1ª PARTE

SESSÃO DIA MUNDIAL DO RIM

RIO DE JANEIRO, 12 DE MARÇO DE 2026

<https://www.youtube.com/watch?v=jXuNHxyJpju>



2ª PARTE

SESSÃO DIA MUNDIAL DO RIM

RIO DE JANEIRO, 12 DE MARÇO DE 2026

<https://www.youtube.com/watch?v=mun5t8k-Buo>





ACADEMIA NACIONAL DE MEDICINA DEBATE SAÚDE DA MULHER E CESARIANA MODERNA EM SESSÃO ESPECIAL

19 DE MARÇO DE 2026





ACADEMIA NACIONAL DE MEDICINA DEBATE SAÚDE DA MULHER E CESARIANA MODERNA EM SESSÃO ESPECIAL



Bancada Acadêmica da sessão “Dia da Mulher e Cesariana Moderna”

A Academia Nacional de Medicina realizou, nesta quinta-feira (19), uma sessão especial em homenagem ao Dia da Mulher, dedicada à discussão dos desafios da saúde feminina no século XXI e à temática da “cesariana moderna”. O encontro – organizado pelos Acadêmicos Carlos Giesta, Jorge de Rezende Filho, Maurício Magalhães, Marcelo Zugaib, Henrique Salvador e Waldemar Naves do Amaral – reuniu especialistas para uma análise que integrou aspectos clínicos, sociais e éticos da assistência à mulher.

Na abertura, destacou-se que pensar a saúde da mulher é pensar o futuro da sociedade. Ao evocar a célebre frase de Simone de Beauvoir, “não se nasce mulher, torna-se mulher”, foi ressaltado que a condição feminina resulta de uma complexa interação entre fatores biológicos, históricos e sociais. Nesse contexto, afirmou-se que “a saúde feminina não é apenas um campo específico da medicina, ela representa um eixo estruturante do desenvolvimento social, econômico e cultural das sociedades”.



Professora Maria Celeste Osório Wender – FEBRASGO

A conferência da Professora Maria Celeste Osório Wender aprofundou essa análise ao abordar as transformações no papel da mulher contemporânea. Segundo ela, “nunca houve tantas mulheres vivendo tanto tempo após a fase reprodutiva”, o que impõe à medicina uma abordagem mais ampla, que acompanhe todas as fases da vida.

Ao tratar da fertilidade, ela destacou a queda das taxas de fecundidade e o adiamento da maternidade, alertando para os limites biológicos: “o tempo é cruel”,

afirmou, ao enfatizar a importância do aconselhamento reprodutivo. A Professora também chamou atenção para a necessidade de ampliar ações preventivas e políticas públicas, além de discutir a menopausa como uma fase ativa da vida: “a menopausa não é o fim de um período, mas metade da vida dessa mulher”.

Ela também trouxe alertas importantes sobre práticas médicas não regulamentadas, como os chamados implantes hormonais manipulados. Segundo a especialista, “a segurança e a eficácia só são



Professor Antonio Braga – UNIRIO

percebidas em produtos regulamentados”, destacando os riscos associados ao uso indiscriminado dessas terapias.

Outro eixo central foi a discussão sobre a violência contra a mulher, compreendida em suas múltiplas dimensões. Em tom enfático, Professora Maria Celeste afirmou que “todas elas estão diariamente rondando as nossas mulheres no nosso país”, ao abordar desde a violência física até a psicológica e estrutural. Nesse contexto, destacou que a persistência de doenças evitáveis e da mortalidade materna configura uma forma de negligência sistêmica: “quando um câncer prevenível continua existindo, a omissão se torna uma violência”.

Ao final, ela sintetizou os avanços e desafios da área ao afirmar que “a maior revolução na saúde feminina não foi apenas permitir que as mulheres tenham filhos quando desejarem, mas permitir que vivam décadas além da reprodução com saúde, autonomia e dignidade”.

Cesariana moderna e os desafios da obstetrícia contemporânea

Na segunda parte da sessão, o debate voltou-se à obstetrícia, com foco na cesariana moderna e suas implicações clínicas, éticas e sociais. A apresentação do Professor Antonio Braga trouxe uma análise histórica da operação cesariana, destacando sua evolução ao longo do tempo. Ao contrastar práticas



antigas com as atuais, lembrou que “àqueles idos, a cesariana era feita com uma incisão mediana infraumbilical”, evidenciando os avanços técnicos da cirurgia.

Ao discutir suas indicações, reforçou o papel essencial do procedimento na prática médica: “deve ser feito em todas as distocias e acidentes que a indicam, e nada a impede”. No entanto, a análise também incorporou uma crítica ao crescimento progressivo de sua realização, sintetizado na afirmação de que “a incidência da cesariana sobe, por vezes estaciona, jamais diminui”.

A discussão avançou para a autonomia da mulher na escolha da via de parto. Nesse sentido, destacou-se que “não existe a melhor via de parto”, mas sim a necessidade de garantir uma maternidade segura, baseada em informação qualificada e decisão compartilhada.

O Acadêmico Marcelo Zugaib trouxe uma abordagem crítica sobre a prática obstétrica contemporânea, especialmente ao tratar da chamada violência obstétrica. Em sua fala, afirmou: “eu adoto o termo violência obstétrica”, destacando que se trata de uma realidade presente no cotidiano da especialidade.

Ao abordar a relação médico-paciente, fez uma crítica direta à indução indevida de condutas: “não tem nada mais gritante do que o dedo do médico obstetra para conduzir uma paciente a ter um parto diferente do que ela gostaria”. Também reforçou a importância da autonomia, ao afirmar que “sem dúvida nenhuma, é uma decisão do casal”, desde que baseada na segurança.

O debate evidenciou ainda as desigualdades estruturais no acesso à assistência obstétrica no Brasil, sintetizadas na afirmação de que “no Brasil, hoje só tem autonomia para parir quem tem dinheiro”, apontando disparidades entre os sistemas público e privado.

Ao longo da sessão, ficou evidente que a obstetrícia contemporânea se encontra em um ponto de tensão entre avanços tecnológicos, humanização do cuidado e garantia da autonomia da mulher. Como síntese, reforçou-se que a cesariana permanece como um procedimento essencial e salvador de vidas, mas cuja indicação deve ser criteriosa e orientada por princípios éticos e clínicos.



VÍDEO:

1ª PARTE

SESSÃO EM CELEBRAÇÃO AO DIA DA MULHER E CESARIANA MODERNA

RIO DE JANEIRO, 19 de Março de 2026

<https://www.youtube.com/watch?v=CLGXa8VSHZs>



2ª PARTE

SESSÃO EM CELEBRAÇÃO AO DIA DA MULHER E CESARIANA MODERNA

RIO DE JANEIRO, 19 de Março de 2026

<https://www.youtube.com/watch?v=vrZvVdeMZ1g>





ACADEMIA NACIONAL DE MEDICINA EMPOSSA NOVOS JOVENS LÍDERES MÉDICOS E APROFUNDA DEBATE SOBRE O ENSINO MÉDICO NO PAÍS

26 DE MARÇO DE 2026





ACADEMIA NACIONAL DE MEDICINA EMPOSSA NOVOS JOVENS LÍDERES MÉDICOS E APROFUNDA DEBATE SOBRE O ENSINO MÉDICO NO PAÍS



Membros do Programa de Jovens Lideranças Médicas (2026-2031) tomam posse na ANM nesta quinta-feira (26)

A Academia Nacional de Medicina realizou, nesta quinta-feira (26), uma sessão marcada por dois eixos centrais para o futuro da saúde no Brasil: a posse do Programa Jovens Lideranças Médicas (2026–2031) e um debate aprofundado sobre a crise no ensino médico no país. Em comum, os dois momentos evidenciaram a necessidade de transformação, inovação e maior responsabilidade institucional diante de um cenário cada vez mais complexo.

Jovens lideranças médicas assumem com foco em inovação e acesso à saúde

A cerimônia de posse do Programa Jovens Lideranças Médicas reuniu especialistas e novos integrantes em torno dos desafios contemporâneos da formação e da atuação profissional. Na abertura, a mensagem foi direta: os novos membros representam mais do que renovação simbólica.



Presidente Acadêmico Antonio Egidio Nardi discursa durante a posse dos novos membros do PJLM

“É motivo de entusiasmo e esperança”, destacou o Presidente Acadêmico Antonio Egidio Nardi ao afirmar que o grupo carrega “a energia renovadora que mantém viva a tradição” da instituição. A expectativa é que essa “vitalidade intelectual” con-

tribua para “pensar o futuro” da medicina em um cenário de rápidas transformações.

O palestrante convidado, Prof. Rodrigo Vilar, ampliou o debate ao classificar o sistema de saúde como um ecossistema



Professor Rodrigo Vilar (FIS)



fragmentado, com desafios estruturais relevantes. “No final do dia, nós estamos aqui para brigar por um melhor acesso ao sistema de saúde público e privado”, afirmou.

Segundo ele, três entraves centrais precisam ser enfrentados: a fragmentação do setor, marcada por “desconfianças crescentes” entre operadoras, hospitais e médicos, o subfinanciamento aliado à judicialização, e o avanço acelerado das tecnologias. “Ninguém pode achar que a inteligência artificial não fará parte da nossa vida”, alertou.

Diante desse cenário, ele defendeu uma mudança no perfil do médico, que deve ir além da formação técnica. “É preciso qua-

lificar os dissensos”, disse, destacando a importância da articulação e do diálogo para a construção de soluções coletivas.

O crescimento do empreendedorismo na saúde também foi apontado como tendência, apesar das lacunas na formação tradicional. “A faculdade não ensina o futuro médico a construir negócio”, afirmou. Nesse contexto, Rodrigo Vilar ressaltou o papel das comunidades como novos espaços de aprendizado: “O mundo atual é o mundo das comunidades, tanto para negócios como para aprendizado”.

A sessão reforçou ainda o papel da Academia como ponte entre gerações, promo-



Presidente Acadêmico Antonio Egidio Nardi e Acadêmico Marcelo Morales



Diretor do Conselho Federal de Medicina, Estevam Rivello

vendo um ambiente “onde tradição e futuro caminham juntos”. Criado em 2014, o Programa de Jovens Lideranças Médicas já reuniu dezenas de participantes e oferece mentoria, inserção acadêmica e oportunidades de articulação institucional.

Ao final, a mensagem aos novos integrantes foi de responsabilidade e protagonismo, com atuação pautada por ciência, ética e compromisso com o conhecimento e serviço à sociedade.

Ensino médico no Brasil: expansão desordenada e urgência por regulação

Dando continuidade à sessão plenária, o tema “Ensino Médico no Brasil: Formação, Evidências e Responsabilidade Institucional”

trouxe um diagnóstico contundente sobre a formação profissional no país. O debate foi organizado pelo presidente Antonio Egidio Nardi e pelo acadêmico Marcelo Morales.

Especialistas classificaram como crítico o cenário atual, marcado pela expansão acelerada e desestruturada das escolas médicas. O diretor do Conselho Federal de Medicina, Estevam Rivello, destacou que o Brasil já ultrapassa 450 cursos de medicina, cerca de 70% deles privados. “Há um número expressivo de faculdades e, com isso, um expoente número de egressos”, afirmou.

Segundo ele, o crescimento não foi acompanhado por infraestrutura adequada. “A faculdade é implantada, mas não é im-



Diretor Científico da Associação Médica Brasileira, Dr. José Eduardo Dolci

plantado hospital-escola, não é implantado ambulatório”, disse, ao apontar falhas estruturais que comprometem a formação.

O impacto da expansão se reflete no aumento expressivo de profissionais: cerca de 49 mil médicos se formam por ano no país, com projeções que apontam para até um milhão de médicos na próxima década. Para Rivello, o problema não é apenas quantitativo, mas a ausência de controle de qualidade.

Na mesma linha, o diretor científico da Associação Médica Brasileira, José Eduardo Dolci, classificou o momento como de “angústia na medicina brasileira”. “Isso não foi acompanhado de qualidade”, disse, ao destacar o desequilíbrio entre crescimento e preparo profissional.

O Senador Astronauta Marcos Pontes, autor do Projeto de Lei nº 2.294/2024, que propõe a criação do Exame Nacional de Proficiência em Medicina (Profimed), destacou preocupações relacionadas à formação médica e à distribuição de profissionais no país.

Segundo ele, há uma concentração significativa de médicos em um número reduzido de municípios, cerca de 48 cidades reuniriam aproximadamente 60% desses profissionais no Brasil, cenário que estaria associado à falta de infraestrutura e condições adequadas de trabalho em regiões menores. Ele também apontou fragilidades na qualidade do ensino médico, ressaltando a necessidade de mecanismos que garantam a formação adequada dos profissionais que ingressam no mercado.



Outro problema relevante é o descompasso entre graduação e especialização. “Nós temos praticamente o dobro do número de egressos em relação ao número de vagas de residência médica”, afirmou o especialista, cenário que amplia o número de profissionais sem formação especializada.

O deputado Zacharias Calil defendeu a medida como forma de garantir a segurança dos pacientes: “Não se trata de criar barreiras, mas de assegurar que todo médico esteja preparado”.

A comparação com modelos internacionais reforçou a necessidade de mudanças. Em países como Estados Unidos, Canadá e Reino Unido, o exercício da medicina depende da aprovação em exames rigorosos de competência.

Ao final, consolidou-se um consenso: o Brasil enfrenta um problema estrutural na formação médica. A expansão desordenada, sem critérios rigorosos de qualidade, compromete a qualificação profissional e a segurança da população. Medidas como o fortalecimento da regulação, o aprimoramento dos mecanismos de avaliação e a implementação de um exame de proficiência foram apontadas como urgentes para reequilibrar o sistema.

Confira a sessão completa clicando [AQUI](#) e [AQUI](#).

Leia também o documento oficial emitido pela Academia Nacional de Medicina em apoio ao Exame Nacional de Proficiência Médica (Profimed) [AQUI](#).

VÍDEO:

SESSÃO ENSINO MÉDICO NO BRASIL FORMAÇÃO, EVIDÊNCIAS E RESPONSABILIDADE INSTITUCIONAL

RIO DE JANEIRO, 26 DE MARÇO DE 2026

<https://www.youtube.com/watch?v=E29D7ZSrwqs>





VÍDEO:

SESSÃO ENSINO MÉDICO NO BRASIL FORMAÇÃO, EVIDÊNCIAS E RESPONSABILIDADE INSTITUCIONAL

RIO DE JANEIRO, 26 DE MARÇO DE 2026

<https://www.youtube.com/watch?v=zW8wxkP6yAE>



Í N D I C E - A T A S



VOLUME 197 (1) - JANEIRO / FEVEREIRO / MARÇO

- ATA DA 1ª SESSÃO ORDINÁRIA DA ACADEMIA NACIONAL DE MEDICINA, RELATIVA AO 197º ANO ACADÊMICO, REALIZADA NO DIA 05 DE MARÇO DE 2026
- ATA DA 2ª SESSÃO ORDINÁRIA DA ACADEMIA NACIONAL DE MEDICINA, RELATIVA AO 197º ANO ACADÊMICO, REALIZADA NO DIA 12 DE MARÇO DE 2026
- ATA DA 3ª SESSÃO ORDINÁRIA DA ACADEMIA NACIONAL DE MEDICINA, RELATIVA AO 197º ANO ACADÊMICO, REALIZADA NO DIA 19 DE MARÇO DE 2026



ACADEMIA
NACIONAL DE
MEDICINA

ATA DA 1ª SESSÃO ORDINÁRIA DA ACADEMIA NACIONAL DE MEDICINA, RELATIVA AO 197º ANO ACADÊMICO, REALIZADA NO DIA 05/03/2026, QUINTA-FEIRA, ÀS 18 HORAS.

Presidente: Acad. Antonio Egidio Nardi
Secretário Geral: Acad. Mauricio Magalhães Costa

Com quórum regimental, o Presidente Acad. Antonio Egidio Nardi declarou aberta a 1ª Sessão Ordinária relativa ao 197º Ano Acadêmico, realizada no sistema híbrido, comunicando que o início será restrita aos Acadêmicos, para eleição da Comissão Avaliadora das Memórias e Memoriais das candidaturas para a Cadeira nº 01 da Secção de Medicina, Patrono: Joaquim Cândido Soares de Meirelles, ocupante anterior: José Manoel Jansen (Falecido em 09/08/2025), candidatos: Drs. Esmeralci Ferreira e Roberto Kalil Filho. Comissão proposta: Acadêmicos: Claudio Benchimol, José Medina Pestana e Flávio Kapczinski. Ao final, reabriu a Sessão ao público. O Presidente Acad. Antonio Nardi, iniciou, cumprimentando todos os presentes, especialmente, os ex-Presidentes, Acads. Francisco Sampaio e Eliete Bouskela. Colocou para aprovação, as Atas da 27ª, 28ª, 29ª, 30ª, 31ª e 32ª Sessões Ordinárias, dos dias 09, 16, 23 e 30 de outubro e 06 e 13 de novembro de 2025. Não havendo manifestação, foram consideradas aprovadas. Em seguida cedeu a palavra aos Acadêmicos, para comunicações. O Acad. Jair de Castro, parabenizou a Diretoria, pela realização da festa de posse da Nova Diretoria, com comentários elogiosos. Lembrou que no dia 03 de março, foi celebrado o Dia do Otorrinolaringologista. O Acad. Walter Araujo Zin, usou da palavra, para expressar seu descontentamento, por não ter sido realizado a homenagem aos médicos que completaram 50 anos de formatura, Marco conhecido como Jubileu de Ouro, informando que em 2025, o Cremerj, não seguiu esta tradição, o que causou uma decepção à turma de 1975. Comentou que tomou conhecimento, que a turma de 1972, também não foi homenageada. Aproveitou a oportunidade e solicitou ao atual Presidente do Cremerj, o resgate desta tradição. Acad. Omar Lupi, informou que a ex-Presidente, Acad. Eliete Bouskela, irá receber o título de Professora Emérita, concedido pela UERJ. A cerimônia será realizada no dia 11 de março, às 16horas, na Capela Ecumênica do Campus Maracanã da UERJ. Também comunicou que na quinta-feira, dia 15 de março, será realizada a Sessão da Saudade, em homenagem ao seu pai, Acad. Omar da Rosa Santos, com a presença confirmada, de membros da Sociedade Brasileira de Nefrologia e de algumas Academias. A seguir o Presidente Acad. Antonio Nardi, cedeu a palavra ao Secretário Geral, Acad. Mauricio Magalhães, que em seguida, apresentou, através exibição de slides, um relatório semanal da Secretaria, das atividades acadêmicas. Dando continuidade, o Presidente Acad. Antonio Nardi, comunicou que por sugestão da Diretoria e com seu total apoio, solicita aos candidatos às vagas Acadêmicas, para que enviem suas correspondências apenas por vias eletrônicas. A sugestão visa colaborar com a causa ecológica além da economia com o custo financeiro. Em seguida comunicou a abertura das inscrições para a vaga da Cadeira nº 17 – Secção de Medicina, Patrono: Carlos Pinto Seidl, ocupante anterior, Acad. Omar da Rosa Santos, falecido em 07/11/2025. Período de inscrições: de 05/03/2026 até 02/06/2026. O Presidente Acad. Antonio Nardi, convidou para participar da Mesa, o Acad. José Galvão-Alves, coordenador do “Recentes Progressos”, que na sequência, solicitou ao Acad. Eduardo Saad, apresentar o tema: “Tratamento da Fibrilação Atrial na Insuficiência Cardíaca: Impacto na Mortalidade”. Dando prosseguimento a programação:



ACADEMIA NACIONAL DE MEDICINA

“Sessão Avanços na Visualização de Sistemas Biológicos”, iniciada às 16:00, o Presidente Acad. Antonio Nardi, convidou para participar da Mesa, o organizador, Acad. Wanderley de Souza e o Secretário da Seção de Ciências Aplicadas à Medicina, Acad. Carlos Alberto Mandarim-de-Lacerda. Em seguida, o Acad. Wanderley de Souza, informou que em razão do adiantado da hora, irá retirar a sua apresentação e convidou o Acad. Jerson Lima, para expor o tema: “Ver o Invisível: Bioimagem da Estrutura e Dinâmica das Proteínas na Saúde e na Doença”. Na sequência, o Prof. Antonio Carlos Campos de Carvalho, UFRJ, foi convidado a proferir sobre o tema: “Importância das tecnologias de imagem em animais de pequeno porte para a pesquisa translacional”. Ao final, a palavra foi cedida para as Discussões. Participaram, o Presidente Acad. Antonio Nardi, e os Acads. Omar Lupi e José Galvão-Alves, e os palestrantes, Acad. Jerson Lima da Silva e Prof. Antonio Carlos Campos de Carvalho. Com considerações finais, o Presidente Acad. Antonio Nardi, agradeceu a presença de todos encerrou a Sessão. Estiveram presentes, os Acadêmicos: Antonio Egidio Nardi, Carlos Alberto Mandarim-de-Lacerda, Osvaldo Nascimento, Mauricio Younes Ibrahim, Rui Haddad, Walter Zin, Wanderley de Souza, Marcelo Zugaib, Margareth Dalcolmo, Fernanda Moll, Mauricio Magalhães, Eliete Bouskela, Jerson Lima da Silva, Claudio Benchimol, Eduardo Saad, Francisco Sampaio, Oswaldo Moura Brasil, Marcello Barcinski, Carlos Giesta, Alexandre Siciliano, Jayme de Marsillac, Carlos Eduardo Brandão Mello, Carlos Alberto de Barros Franco, Ruy Garcia Marques, José Galvão-Alves, Rossano Fiorelli, Octavio Vaz, José Carlos do Valle, Eduardo Lopes Pontes, José Suassuna, Omar Lupi, Jair de Carvalho e Castro, Daniel Tabak, Cláudio Tadeu Daniel-Ribeiro, Carlos Alberto Basílio de Oliveira (35). Participou remotamente, o Acad. José de Jesus Camargo.

Acadêmico Rossano Fiorelli
2º Secretário



ACADEMIA
NACIONAL DE
MEDICINA

ATA DA 2ª SESSÃO ORDINÁRIA DA ACADEMIA NACIONAL DE MEDICINA, RELATIVA AO 197º ANO ACADÊMICO, REALIZADA NO DIA 12/03/2026, QUINTA-FEIRA, ÀS 18 HORAS.

2º Vice-Presidente: Acad. José Galvão-Alves
Secretário Geral: Acad. Mauricio Magalhães Costa

Com quórum regimental e de acordo com o Estatuto, o Segundo Vice-Presidente Acad. José Galvão-Alves, substituindo o Presidente Acad. Antonio Egidio Nardi e o Primeiro Vice-Presidente, Acad. Giovanni Guido Cerri, declarou aberta a 2ª Sessão Ordinária relativa ao 197º Ano Acadêmico, realizada no sistema híbrido. Cedeu a palavra ao Acad. Carlos Alberto Basílio de Oliveira, que fez comentários, sobre o lançamento do livro: “Patologia da Tireoide: Fundamentos e Conceitos”, ressaltando o conteúdo abrangente e a importância de seus colaboradores. Na sequência, o Presidente em exercício, Acad. José Galvão-Alves, fez agradecimentos ao Presidente, Acad. Antonio Egidio Nardi e cedeu a palavra ao Secretário Geral, Acad. Mauricio Magalhães, que em seguida, apresentou comunicações, citando a prorrogação do prazo para entrega dos trabalhos concorrentes aos prêmios da Academia, até o dia 15 de maio; a aula inaugural do curso de medicina, proferida pelo Acadêmico Daniel Tabak, na UFRJ; a representação da ANM, pela Acadêmica Margareth Dalcolmo, junto ao Conselho Nacional de Saúde, em Brasília; registrou a presença expressiva de participantes na Cerimônia de Outorga de Emerência, à ex-Presidente Eliete Bouskela, na UERJ, descrita como momento de grande significado para a Instituição. Complementou, anunciando as próximas sessões científicas, incluindo a comemoração ao Dia Internacional da Mulher. Em seguida o Presidente em exercício, Acad. José Galvão-Alves, deu prosseguimento a programação do dia, iniciado às 15horas, com a Sessão da Saudade, homenageando o Acadêmico Omar da Rosa Santos, e às 16horas, a primeira parte da Sessão: “Dia Mundial do Rim”. Fez comentários e ressaltou a importância da criação e manutenção das Sessões “Uma Tarde na Academia e Recentes Progressos” e convidou o Acad. José Medina Pestana para proferir sobre o tema: “Transplante Renal”. Na sequência, o Presidente em exercício, Acad. José Galvão-Alves, cedeu a palavra ao organizador, Acad. Rui Maciel, para apresentar e convidar o palestrante, Prof. Leonardo V. Riella (USA), que abordou sobre o tema: “Xenotransplante: Estado e Perspectivas”. Ao final, os Acads. José Medina Pestana, José Suassuna e Mauricio Younes Ibrahim, fizeram indagações, que foram respondidas pelo palestrante. Em seguida, o Acad. José Suassuna, foi convidado a apresentar sua palestra sobre o tema: “Síndrome Córdio-renal-metabólica”. Ao final, o organizador Acad. Miguel Carlos Riella fez suas considerações finais e o Presidente em exercício, Acad. José Galvão-Alves, agradeceu a presença de todos e encerrou a Sessão. Estiveram presentes, os Acadêmicos: José Galvão-Alves, Milton Meier, Rui Maciel, Walter Zin, Carlos Alberto Basílio



ACADEMIA NACIONAL DE MEDICINA

de Oliveira, Mauricio Younes Ibrahim, Gerson Canedo de Magalhães, Pietro Novellino, Aníbal Gil Lopes, Miguel Carlos Riella, Marcelo Zugaib, Paulo Couto, Eliete Bouskela, Rossano Fiorelli, Marcello Barcinski, Francisco Sampaio, Ruy Garcia Marques, Carlos Eduardo Brandão Mello, José Suassuna, José Carlos do Valle, Rui Haddad, Oswaldo Moura Brasil, José Augusto Messias, Nicanor Macedo, Henrique Murad, Jayme de Marsillac, Carlos Alberto Mandarin-de-Lacerda, Omar Lupi, José Medina Pestana (29). Participaram remotamente, os Acadêmicos: Carlos Giesta, Eloisa Bonfá, Mauricio Gomes Pereira, Jerson Lima da Silva, Fernanda Moll, José de Jesus Camargo (06).

Acadêmico Rossano Fiorelli
2º Secretário



ACADEMIA
NACIONAL DE
MEDICINA

ATA DA 3ª SESSÃO ORDINÁRIA DA ACADEMIA NACIONAL DE MEDICINA, RELATIVA AO 197º ANO ACADÊMICO, REALIZADA NO DIA 19/03/2026, QUINTA-FEIRA, ÀS 18 HORAS.

Presidente: Acad. Antonio Egidio Nardi
Secretário Geral: Acad. Mauricio Magalhães Costa

Com quórum regimental, o Presidente Acad. Antonio Egidio Nardi declarou aberta a 3ª Sessão Ordinária relativa ao 197º Ano Acadêmico, realizada no sistema híbrido. Iniciou, cedendo a palavra ao Secretário Geral, Acad. Mauricio Magalhães, que em seguida, apresentou, através exibição de slides, um relatório semanal da Secretaria, das atividades acadêmicas, citando a conferência do ex-Presidente, Acad. Jorge Alberto Costa e Silva, no dia 17, na UERJ; conferência: XVII Curso Anual de Hemodinâmica e Intervenções Percutâneas, feita pelo Acadêmico Carlos Alberto Mandarin-de-Lacerda, na UERJ; a Acadêmica Margareth Dalcolmo, recebeu da Presidência da República, no dia 13, a medalha de Mérito Oswaldo Cruz, concedida a personalidades que tenham contribuído com o bem-estar, saúde física e mental, dos Brasileiros; convite para o lançamento do livro: "Labirinto do Cérebro", pelo autor, Acadêmico Paulo Niemeyer, no dia 14 de abril, na Estação Gávea; convite para o lançamento do livro: "Indicadores Básicos para a Saúde no Brasil: Conceitos e Aplicações", pelo Acadêmico Mauricio Gomes Pereira, no dia 23, em Brasília; parabenizou o Acadêmico Rubens Belfort Jr., pela classificação da disciplina de oftalmologia, da EPM, como a melhor da América Latina e a 50ª do mundo; parabenizou o Acadêmico Rolf Gemperli, pela escolha da disciplina de Cirurgia Plástica, da USP, como a melhor da América Latina e do Brasil; o Acadêmico Wanderley de Souza, proferiu no dia 17, na UERJ, Aula Inaugural das atividades 2026 do Programa de Biologia Humana e Experimental; anunciou que o Acadêmico Paulo Buss, diretor do Centro Colaborador da OMS em Diplomacia da Saúde Global e Cooperação Sul-Sul, da FIOCRUZ, foi redesignado oficialmente para o período de 2026 à 2030; finalizou, informando que na próxima quinta-feira, às 16:00, será realizada a cerimônia de posse dos novos participantes do Programa Jovens Lideranças Médicas, da ANM, 2026-2031. Em seguida, o Presidente Acad. Antonio Egidio Nardi, fez agradecimentos pelas mensagens de carinhos e apoio, recebidos durante o período de afastamento para recuperação de sua saúde, justificando sua ausência na Presidência das Sessões e agradeceu ao Segundo Vice-Presidente. Acad. José Galvão-Alves, por sua colaboração, assumindo a Presidência interinamente. Ao final, cedeu a palavra para Comunicações dos Acadêmicos. Acad. Mônica Gadelha, agradeceu publicamente ao Acad. Nicanor Macedo, pelo procedimento médico, prestado a sua filha. Ex-Presidente Acad. Eliete Bouskela, agradeceu ao Presidente, pela existência da amizade e a sua importância para a Academia. Acad. Carlos Eduardo



ACADEMIA NACIONAL DE MEDICINA

Brandão Mello, fez comentários sobre o livro “Patologia da Tireoide: Fundamentos e Conceitos”, lançado pelo Acad. Carlos Alberto Basílio de Oliveira, e ressaltou o extenso conteúdo, com vasta cultura e referencia médica. Dando prosseguimento a programação do dia, “Sessão em Celebração ao Dia da Mulher e Cesariana Moderna”, iniciada às 16:00, o Presidente Acad. Antonio Egidio Nardi, convidou o Acad. Waldemar Naves do Amaral, para apresentar em Recentes Progressos, o tema: “Criopreservação de Oócitos”. Na sequência, o Presidente Acad. Antonio Nardi, convidou o organizador, Acad. Jorge de Rezende Filho, a participar da Mesa. Após suas considerações iniciais, solicitou ao Prof. Antonio Braga Neto - UNIRIO, apresentar o tema: “Quo Vadis, Cesariana? Desafios e Fronteiras da TocoTomia”. Em seguida, o Presidente Acad. Antonio Nardi, convidou o Acad. Jorge de Rezende Filho, a proferir sua palestra sobre: “Bases Históricas e Fundamentos Epidemiológicos da Cesariana Moderna”. Dando continuidade, o Presidente Acad. Antonio Nardi, cedeu a palavra ao Acad. Marcelo Zugaib, para comentários e discussões pertinentes, com a participação dos Acads. Jorge de Rezende Filho e Gerson Canedo de Magalhães. Com considerações finais, o Presidente Acad. Antonio Egidio Nardi, agradeceu a todos e encerrou a Sessão. Estiveram presentes, os Acadêmicos: Antonio Egidio Nardi, Eliete Bouskela, Marcelo Zugaib, Tarcisio Eloy Barros, Talita Franco, Mauricio Magalhães Costa, Carlos Alberto Basílio de Oliveira, Margareth Dalcomo, Jorge de Rezende Filho, Walter Zin, Carlos Giesta, Ruy Garcia Marques, Gerson Canedo de Magalhães, Octavio Vaz, Carlos Eduardo Brandão Mello, Jair de Carvalho e Castro, Milton Meier, Cláudio Tadeu Daniel-Ribeiro, José Carlos do Valle, Natalino Salgado Filho (20). Participaram remotamente, os Acadêmicos: Jose Augusto Messias, Henrique Salvador, Mauricio Gomes Pereira, Jose de Jesus Camargo (4).

Acadêmico Rossano Fiorelli
2º Secretário

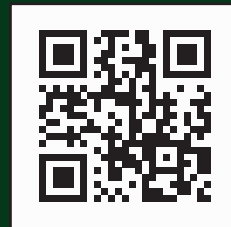


ACADEMIA NACIONAL DE MEDICINA

Av. General Justo, 365, 7° e 8° andares, Centro, Rio de Janeiro, RJ

Tel.: (21) 3970-8150 • anm@anm.org.br

www.anm.org.br



Edit  **ra**
Academia Nacional de Medicina