REVISTA TÓPICOS
ISSN 2965-6672 | Qualis A2

IMUNIDADE ADAPTATIVA: COMO OS LINFÓCITOS T E B LEMBRAM INFECÇÕES PASSADAS E MELHORAM RESPOSTAS FUTURAS

ADAPTIVE IMMUNITY: HOW T AND B LYMPHOCYTES REMEMBER PAST INFECTIONS AND IMPROVE FUTURE RESPONSES

Ciências Biológicas, Ciências da Saúde • 16/11/2026

REGISTRO DOI: 10.70773/revistatopicos/794558993

Emily Cristine Alves Oliveira[1]

Maria Eduarda Rodrigues da Silva[2]

César Messias Silva Costa[3]

RESUMO

Introdução: o sistema imunológico opera por meio de dois ramos integrados. A imunidade inata responde de forma imediata e inespecífica, enquanto a imunidade adaptativa, mediada por linfócitos T e B, produz uma resposta específica e capaz de gerar memória imunológica, o que permite respostas mais rápidas e eficazes em reexposições ao mesmo antígeno. **Objetivo:** analisar como os linfócitos T e B registram infecções prévias e de que modo esse registro modifica a magnitude, a velocidade e a qualidade das respostas subsequentes, destacando a interação funcional entre imunidade inata e adaptativa. **Materiais e Método:** revisão narrativa da literatura, com levantamento bibliográfico nas bases PubMed e SciELO e na ferramenta Google Acadêmico, no recorte temporal de 2000 a 2026, utilizando os descritores imunidade adaptativa, linfócitos T, linfócitos B e memória imunológica, e seus correspondentes em inglês adaptive immunity, T-lymphocytes, B-lymphocytes e immunologic memory. **Resultados:** a literatura consultada indica que as células apresentadoras de antígeno do sistema inato deflagram a ativação linfocitária e condicionam a qualidade da resposta subsequente; que a memória se estabelece sobretudo nos centros germinativos, por seleção clonal, hipermutação somática e troca de isotipo; e que a resposta secundária difere da primária por menor período de latência, maior magnitude, predomínio de IgG e maior afinidade dos anticorpos, ainda que não mobilize a totalidade do repertório de memória previamente formado. **Conclusões:** a memória imunológica resulta da cooperação entre os dois ramos do sistema imune, constitui processo dinâmico e não estático, e fundamenta racionalmente as estratégias de imunização e de reforço vacinal.

Palavras-chave: imunidade adaptativa; linfócitos B; linfócitos T; memória imunológica.

ABSTRACT

Introduction: the immune system operates through two integrated branches. Innate immunity responds immediately and nonspecifically, while adaptive immunity, mediated by T and B lymphocytes, produces a specific response capable of generating immunological memory, which allows faster and more effective responses upon re-exposure to the same antigen. **Objective:** to analyze how T and B lymphocytes record previous infections and how this record modifies the magnitude, speed and quality of subsequent responses, highlighting the functional interaction between innate and adaptive immunity. **Materials and Method:** narrative literature review, with a bibliographic survey in the PubMed and SciELO databases and in the Google Scholar tool, in the time frame from 2000 to 2026, using the descriptors adaptive immunity, T lymphocytes, B lymphocytes and immunological memory, and their corresponding terms in English adaptive immunity, T-lymphocytes, B-lymphocytes and immunologic memory. **Results:** the consulted literature indicates that antigen-presenting cells of the innate system trigger lymphocyte activation and condition the quality of the subsequent response; that memory is established mainly in germinal centers, through clonal selection, somatic hypermutation and isotype switching; and that the secondary response differs from the primary one by a shorter latency period, greater magnitude, predominance of IgG and higher antibody affinity, although it does not mobilize the entirety of the previously formed memory repertoire. **Conclusions:** immunological memory results from the cooperation between the two branches of the immune system, constitutes a dynamic and not static process, and rationally underpins immunization and vaccine booster strategies.

Keywords: adaptive immunity; B lymphocytes; T lymphocytes; immunological memory.

1. INTRODUÇÃO

O sistema imunológico é constituído por uma rede complexa de órgãos, células de defesa, proteínas e mediadores químicos que atuam de maneira integrada para garantir a defesa do organismo contra infecções causadas por agentes patogênicos externos. Além disso, é capaz de reconhecer e eliminar células anormais, preservando o equilíbrio e a integridade dos tecidos do próprio organismo (Marshall et al., 2024). Nesse contexto, a imunidade inata e a adaptativa constituem dois ramos fundamentais do sistema imunológico, desempenhando papéis essenciais na defesa imediata e na regulação das respostas imunológicas (Sun et al., 2020).

Dessa forma, o sistema imunológico inato constitui a primeira linha de defesa do organismo, respondendo imediatamente à invasão de agentes patogênicos, sendo constituído por barreiras anatômicas, fisiológicas, fagocíticas e inflamatórias. Essa imunidade atua de forma rápida e inespecífica, reconhecendo padrões moleculares conservados em microrganismos e desencadeando respostas inflamatórias essenciais para conter patógenos e promover o reparo tecidual (Marshall et al., 2024). Os principais efetores são os monócitos, os neutrófilos e as células dendríticas, que eliminam invasores por fagocitose e apresentação de antígenos, enquanto eosinófilos, basófilos, mastócitos e células NK contribuem para a defesa coordenada e a regulação da resposta inflamatória (González-Fernández; Maietta, 2025).

Posteriormente, a imunidade adaptativa é ativada, promovendo uma resposta específica e duradoura, mediada por linfócitos B, linfócitos T e anticorpos (Chi; Pepper; Thomas, 2024). A imunidade adaptativa distingue-se pela capacidade de desenvolver memória

imunológica, permitindo respostas mais rápidas e eficazes em encontros posteriores com o mesmo patógeno (Lam; Lee; Farber, 2024). Esse processo envolve a ativação e a diferenciação dos linfócitos B e T, que originam células efetoras e células de memória, capazes de permanecer no organismo por longos períodos (Chi; Pepper; Thomas, 2024).

Nas respostas secundárias, que ocorrem quando o organismo reencontra um antígeno previamente reconhecido, a produção de anticorpos específicos é significativamente mais rápida do que na resposta primária. Essa eficiência decorre, sobretudo, da atuação das células de memória formadas durante o primeiro contato com o patógeno, de modo que exposições subsequentes resultam em respostas mais intensas e precisas contra o mesmo agente infeccioso (Lam; Lee; Farber, 2024).

Sendo assim, o sistema imunológico, incluindo órgãos como timo, baço, medula óssea e linfonodos, atua de maneira integrada na produção, maturação e armazenamento das células de defesa, assegurando respostas imunológicas eficazes e a manutenção da homeostase (Marshall et al., 2024). Esse funcionamento coordenado é essencial para a geração das células de memória, que sustentam a imunidade adaptativa duradoura ao se estabelecerem nos principais tecidos linfoides (Lam; Lee; Farber, 2024). Justifica-se, assim, o presente estudo, cujo objetivo é analisar como os linfócitos B e T recordam infecções passadas, permitindo respostas mais rápidas e eficientes em exposições subsequentes, além de destacar a relevância da coordenação entre os órgãos imunológicos e da interação funcional entre a imunidade inata e a adaptativa.

2. METODOLOGIA

Trata-se de uma revisão narrativa da literatura, delineamento que permite a discussão ampla de um tema a partir de fontes selecionadas pelos autores, sem a aplicação de protocolo de busca sistemática nem de avaliação padronizada da qualidade metodológica dos estudos incluídos.

O levantamento bibliográfico foi realizado nas bases PubMed e SciELO e na ferramenta de busca Google Acadêmico. Utilizaram-se os descritores, em português, imunidade adaptativa, linfócitos T, linfócitos B e memória imunológica, e seus correspondentes em inglês, adaptive immunity, T-lymphocytes, B-lymphocytes e immunologic memory, combinados entre si pelos operadores booleanos AND e OR.

Definiu-se como recorte temporal o período de 2000 a 2026. Foram incluídos artigos originais e artigos de revisão publicados em português ou inglês, disponíveis na íntegra e que abordassem a ativação linfocitária, a formação da memória imunológica ou a comparação entre respostas primária e secundária. Foram excluídos os trabalhos que não tratavam diretamente do objeto da revisão, os disponíveis apenas em resumo, os publicados em periódicos sem revisão por pares e os duplicados entre as bases.

Reconhece-se como limitação do estudo o fato de o Google Acadêmico não constituir base de dados curada, indexando também material não submetido a revisão por pares, o que exigiu triagem adicional das fontes recuperadas por esse meio.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Imunidade Inata: Primeira Linha de Defesa

A imunidade inata, também chamada de primeira linha de defesa do organismo, é um componente essencial do sistema imunológico, atuando de forma imediata contra microrganismos invasores. Presente desde o nascimento, constitui a resposta inicial do corpo antes da ativação da imunidade adaptativa (Marshall et al., 2024). Além das barreiras físicas e químicas, envolve células especializadas, como macrófagos, monócitos, neutrófilos, eosinófilos, basófilos, células dendríticas e células NK, responsáveis pelo reconhecimento e pela eliminação de patógenos (Yi et al., 2023).

Nesse contexto, as células da imunidade inata apresentam funções específicas e complementares. Os neutrófilos atuam como primeira defesa contra patógenos e inflamações agudas, realizando fagocitose e destruição microbiana (Zhang et al., 2024). Além disso, os macrófagos eliminam agentes infecciosos e regulam a inflamação, enquanto os monócitos migram para os tecidos e se diferenciam em macrófagos, reforçando a defesa local (Dash; Gupta; Sarangi, 2024). As células NK, por sua vez, destroem células anormais ou infectadas por meio de grânulos líticos e citocinas, contribuindo para a imunovigilância (Yi et al., 2023). Já as células dendríticas atuam na apresentação de antígenos aos linfócitos T e na manutenção da tolerância imunológica (WANG, R. et al., 2024).

De forma associada, o sistema complemento também integra a imunidade inata, funcionando como uma cascata enzimática essencial para o reconhecimento e a eliminação de patógenos. Além de auxiliar na destruição microbiana, o sistema complemento participa do estímulo à resposta adaptativa (Marshall et al., 2024). As células dendríticas, por sua vez, atuam como intermediárias entre a imunidade inata e a adaptativa: ao apresentarem antígenos aos linfócitos T virgens por meio de MHC de classe I e de classe II,

promovem a ativação e a diferenciação de células T CD4+ e CD8+, iniciando a resposta adaptativa específica e garantindo defesa celular e humoral direcionada (WANG, R. et al., 2024).

3.2. Imunidade Adaptativa: Resposta Específica e Duradoura

Ao contrário da imunidade inata, considerada inespecífica e de resposta imediata, a imunidade adaptativa é ativada de forma mais tardia, apresentando alta especificidade, o que permite ao sistema imunológico reconhecer e combater antígenos com precisão (WANG, R. et al., 2024). Apesar de sua elevada precisão na defesa imunológica, essa resposta necessita de certo tempo, geralmente alguns dias ou semanas, para atingir plena eficácia (Chi; Pepper; Thomas, 2024).

Além disso, a memória imunológica adaptativa é um mecanismo mediado por linfócitos, caracterizado por elevada especificidade antigênica, sendo essencial para respostas mais rápidas e eficazes em reexposições ao mesmo patógeno (WANG, Q. et al., 2024). Antes de exercerem essas funções, os linfócitos passam por um processo de maturação nos órgãos linfoides primários, timo e medula óssea, de onde migram para a circulação em estado naïve, ou seja, ainda não expostos ao antígeno específico. Quando ativados, diferenciam-se em células efetoras e de memória (Lam; Lee; Farber, 2024).

Os linfócitos T, originários da linhagem hematopoiética linfoide, migram da medula óssea para o timo, onde completam sua maturação e adquirem capacidade funcional para atuar na defesa do organismo. Essas células são componentes vitais do sistema imunológico adaptativo, sendo as principais responsáveis pela identificação e pela eliminação de células infectadas e tumorais.

Entre os principais subtipos destacam-se as células T CD4+ e T CD8+, com papéis complementares na imunidade adaptativa: as células T CD4+ coordenam as respostas imunes, enquanto as células T CD8+ exercem citotoxicidade direta sobre células-alvo (Chi; Pepper; Thomas, 2024).

Já os linfócitos B têm sua origem na medula óssea, a partir de células-tronco hematopoéticas, e podem se diferenciar em diversos subconjuntos. Essas células podem se especializar em plasmócitos produtores de anticorpos protetores ou em células B de memória, que desempenham papel central na sustentação da imunidade prolongada (Ripperger; Bhattacharya, 2021).

As células B maduras surgem em categorias como B1, zona marginal e foliculares (B2), contribuindo de formas distintas para a memória imunológica. As respostas humorais iniciam-se quando linfócitos B virgens reconhecem antígenos capazes de ativar os receptores de células B (BCR) em órgãos linfoides secundários, como baço e linfonodos (Ripperger; Bhattacharya, 2021). O BCR exerce papel essencial nesse processo, funcionando tanto como mediador de sinalização quanto como receptor para internalização de antígenos (Inoue; Kurosaki, 2024).

3.2.1. Tipos de Linfócitos T e Suas Funções

Dentro da imunidade adaptativa, os linfócitos T desempenham papel central na defesa celular, uma vez que reconhecem antígenos específicos e atuam na eliminação de células infectadas ou anormais, possuindo um repertório variado de receptores capaz de identificar múltiplos tipos de patógenos (Chi; Pepper; Thomas, 2024). Esses linfócitos se dividem principalmente em dois grupos: T

auxiliares (CD4+), que coordenam e regulam a resposta imunológica, e T citotóxicos (CD8+), responsáveis pela destruição direta de células comprometidas (Flippot et al., 2024).

As células T CD4+, também conhecidas como células T auxiliares, exercem função essencial na modulação da resposta imune, contribuindo para a ativação de outras células, como os linfócitos B envolvidos na produção de anticorpos, além de auxiliar na eficiência das células T CD8+ em sua atividade citotóxica. As células T CD4+ virgens específicas para antígeno são ativadas nos tecidos linfáticos por células apresentadoras de antígeno profissionais, que apresentam peptídeos em moléculas de MHC de classe II e fornecem sinais coestimulatórios. Após essa ativação, elas proliferam e se diferenciam em subconjuntos T auxiliares, responsáveis por orientar respostas imunes adequadas a diferentes tipos de patógenos (Raphael; Joern; Forsthuber, 2020).

As células T CD8+, por sua vez, constituem-se em linfócitos citotóxicos de grande relevância, atuando como principal braço efetor da citotoxicidade na imunidade adaptativa. Sua função central consiste na eliminação direta de células-alvo, como aquelas infectadas ou sob estresse. Além disso, apresentam a capacidade de gerar memória imunológica de longa duração após a remoção do antígeno (WANG, Q. et al., 2024). Diferentemente das células T CD4+, as células T CD8+ reconhecem antígenos internos da célula que são expostos na superfície por moléculas de MHC de classe I. Esses peptídeos, originados de vírus, bactérias intracelulares ou células tumorais, são detectados pelo receptor de células T (TCR) das células CD8+, permitindo que identifiquem e eliminem células infectadas ou alteradas (Chi; Pepper; Thomas, 2024).

3.2.2. Linfócitos B e a Imunidade Humoral

Os linfócitos B constituem um componente essencial da resposta imune adaptativa, atuando como os principais efetores da imunidade humoral. Essas células possuem a capacidade de reconhecer antígenos de forma direta por meio do BCR, sendo capazes de se diferenciar em plasmócitos e secretar anticorpos que neutralizam patógenos extracelulares (Ripperger; Bhattacharya, 2021). Além de sua função efetora imediata, os linfócitos B são fundamentais para o estabelecimento da memória imunológica, permitindo que exposições subsequentes ao mesmo antígeno resultem em respostas mais rápidas, intensas e altamente específicas (Flippot et al., 2024).

A imunidade humoral corresponde ao componente da defesa adaptativa mediado pelos linfócitos B e pelos anticorpos por eles produzidos. Essa imunidade envolve dois níveis de proteção: os anticorpos preexistentes, continuamente secretados por plasmócitos de longa duração, e aqueles produzidos após a reativação de células B de memória durante reencontros com o mesmo antígeno (Inoue; Kurosaki, 2024). Além disso, a ativação das células B pode ocorrer por meio de dois mecanismos principais: a resposta dependente de células T, caracterizada pela cooperação com linfócitos T auxiliares foliculares nos centros germinativos, responsável pela geração de anticorpos de alta afinidade e memória duradoura; e a resposta independente de células T, desencadeada por antígenos repetitivos, que resulta em anticorpos produzidos de forma mais rápida, porém com menor maturação e limitada formação de memória (Sun et al., 2020).

A ativação das células B na resposta dependente de células T segue um processo complexo que ocorre nos centros germinativos. Após reconhecer seu antígeno por meio do BCR, a célula B ativada migra para a borda entre as zonas T e B do folículo linfoide, onde interage com células T auxiliares foliculares e recebe sinais essenciais, incluindo citocinas e o ligante CD40L. Esses sinais regulam o movimento das células B entre a zona clara e a zona escura do centro germinativo, determinando a proliferação e a intensidade da hipermutação somática que ocorre nas regiões variáveis dos genes de imunoglobulina (Laidlaw; Ellebedy, 2022).

A comunicação dinâmica entre células B, células T auxiliares foliculares e células dendríticas foliculares coordena a seleção clonal, garantindo que apenas clones com maior afinidade pelo antígeno continuem no processo de maturação e diferenciação. As células que adquirem mutações benéficas em seus receptores capturam e apresentam o antígeno de forma mais eficiente às células T, aumentando suas chances de sobreviver, expandir-se e seguir para a diferenciação em plasmócitos de alta afinidade ou em células B de memória (Laidlaw; Ellebedy, 2022).

A diferenciação das células B pode seguir dois destinos principais: plasmócitos e células B de memória. Os plasmócitos são células altamente especializadas na secreção de anticorpos e podem ser de curta duração, predominantes na fase inicial da resposta, ou de longa duração, residentes principalmente na medula óssea, onde mantêm secreção contínua de anticorpos por anos (Ripperger; Bhattacharya, 2021). Já as células B de memória são formadas majoritariamente nos centros germinativos e caracterizam-se por longa sobrevivência, rápida reativação e capacidade de gerar

respostas ampliadas e mais eficientes quando o organismo encontra novamente o mesmo antígeno (Inoue; Kurosaki, 2024).

Os anticorpos produzidos pelos plasmócitos exercem seu papel protetor por diferentes mecanismos: neutralização direta de vírus e toxinas, impedindo que entrem nas células hospedeiras; opsonização, que facilita a fagocitose por macrófagos e neutrófilos; ativação da via clássica do sistema complemento; além da mediação da citotoxicidade celular dependente de anticorpos, especialmente por células NK (Marshall et al., 2024).

As imunoglobulinas secretadas pelos linfócitos B apresentam-se em diferentes classes, cada uma com funções específicas. A IgM é a primeira classe produzida na resposta primária e é eficiente na ativação da via clássica do complemento. A IgG, predominante no soro, apresenta alta afinidade e múltiplas funções efetoras, além de atravessar a placenta. A IgA atua principalmente em superfícies mucosas, protegendo contra patógenos entéricos e respiratórios. A IgE está associada à defesa contra parasitas e às reações alérgicas, enquanto a IgD participa da ativação inicial de células B (Marshall et al., 2024).

3.3. Da Interação Entre Imunidade Inata e Adaptativa à Formação da Memória Imunológica

3.3.1. Cooperação Inicial Entre os Sistemas

A transição entre os dois ramos do sistema imune não ocorre de modo sequencial e independente, mas por meio de uma cooperação funcional em que o reconhecimento inato determina a natureza da resposta adaptativa subsequente (Sun et al., 2020). Ao detectarem padrões moleculares associados a patógenos, as células

do sistema inato não apenas iniciam a resposta inflamatória local, como também processam o material antigênico e o disponibilizam aos linfócitos, funcionando como ponte obrigatória entre os dois compartimentos (WANG, R. et al., 2024).

Nesse processo, as células dendríticas e os macrófagos assumem posição central. Após capturarem o antígeno no sítio de infecção, essas células migram para os órgãos linfoides secundários, onde apresentam peptídeos antigênicos associados a moléculas de MHC. Os peptídeos derivados de patógenos intracelulares são apresentados em MHC de classe I e reconhecidos por linfócitos T CD8+, enquanto os antígenos capturados do meio extracelular são apresentados em MHC de classe II e reconhecidos por linfócitos T CD4+ (Chi; Pepper; Thomas, 2024). Os monócitos recrutados para o tecido inflamado e diferenciados em macrófagos ampliam esse repertório de apresentação e sustentam o processo (Dash; Gupta; Sarangi, 2024).

O reconhecimento antigênico isoladamente, contudo, não é suficiente para deflagrar a resposta adaptativa. A ativação linfocitária depende também de sinais coestimulatórios e do perfil de citocinas produzido pelas células apresentadoras, elementos que determinam a intensidade da expansão clonal e o subtipo efetor em que o linfócito irá se diferenciar (Chi; Pepper; Thomas, 2024). Uma vez ativados, os clones específicos proliferam de forma expressiva e originam simultaneamente células efetoras, responsáveis pelo combate imediato, e células de memória, destinadas à proteção de longo prazo (Lam; Lee; Farber, 2024).

Configura-se, portanto, uma divisão de trabalho: o sistema inato inicia a resposta, delimita sua direção e fornece o contexto

inflamatório, enquanto o sistema adaptativo a especializa, amplifica e converte em memória duradoura. É dessa articulação que emerge a capacidade do organismo de responder de modo progressivamente mais eficiente a reexposições ao mesmo agente (WANG, R. et al., 2024).

3.3.2. Formação da Memória Imunológica

A cooperação entre os sistemas inato e adaptativo não se limita ao combate à infecção presente, pois também lança as bases da memória imunológica. Nos centros germinativos, os linfócitos B selecionados por afinidade passam por hipermutação somática e podem sofrer troca de isotipo, processos que ampliam a diversidade e a especificidade dos anticorpos produzidos (Laidlaw; Ellebedy, 2022).

O repertório de memória gerado nesses sítios não é homogêneo. As células B de memória diferem entre si quanto ao isotipo expresso e ao grau de maturação de afinidade acumulado, e essas diferenças condicionam o comportamento da célula em uma reexposição: parte delas se diferencia rapidamente em plasmócitos secretores, enquanto outra parte reingressa em centros germinativos e passa por nova rodada de diversificação. Essa heterogeneidade ajuda a explicar como o repertório de memória se adapta a variantes de um mesmo patógeno (Inoue; Kurosaki, 2024).

Além do compartimento humoral, a memória se estabelece no compartimento celular. Os linfócitos T de memória distribuem-se entre populações circulantes, que recirculam entre sangue e órgãos linfoides, e populações residentes de tecido, que permanecem alojadas nos sítios de entrada dos patógenos e conferem proteção

local imediata (Nguyen et al., 2019). As células T CD4+ de memória, em particular, sustentam a reativação das respostas humorais e coordenam a resposta secundária como um todo (Raphael; Joern; Forsthuber, 2020).

A manutenção dessas populações ao longo do tempo depende de programas transcricionais e metabólicos próprios, distintos daqueles das células efetoras. Os plasmócitos de longa duração residentes na medula óssea sustentam a secreção contínua de anticorpos independentemente de novo contato antigênico, ao passo que as células B de memória permanecem quiescentes e prontas para reativação rápida, compondo dois níveis complementares de proteção humoral (Ripperger; Bhattacharya, 2021).

3.3.3. Resposta Primária e Secundária

Na resposta imune primária, desencadeada pelo primeiro contato do organismo com determinado antígeno, a produção de anticorpos apresenta um período de latência maior e ocorre de maneira progressiva. Inicialmente, destaca-se a produção de imunoglobulina M, considerada uma das primeiras imunoglobulinas produzidas durante a resposta humoral, contribuindo para a proteção inicial após a exposição ao antígeno (Marshall et al., 2024). Essa resposta inicial é acompanhada por um aumento progressivo dos níveis de anticorpos à medida que a resposta humoral se desenvolve.

A resposta primária apresenta, portanto, maior período de latência e menor magnitude em comparação à resposta secundária. No primeiro contato com o antígeno, células B naïve são ativadas para iniciar a resposta imune. Em uma nova exposição, células B de memória podem ser rapidamente reativadas e diferenciadas em

plasmócitos, contribuindo para uma resposta secundária mais intensa e para a produção de anticorpos de maior afinidade (Mesin et al., 2020). Em contraste com a série primária, a administração de uma dose de reforço promove uma resposta de anticorpos mais intensa, com elevação dos títulos de anticorpos neutralizantes (Sette; Crotty, 2022).

Na resposta imune secundária, desencadeada pela reexposição ao mesmo antígeno, ocorre uma resposta mais rápida e intensa que na resposta primária. Essa resposta está relacionada à presença de células B de memória formadas no primeiro contato com o antígeno. Essas células são rapidamente reativadas, contribuindo para a produção de maior quantidade de anticorpos e, em geral, de maior afinidade pelo antígeno (Mesin et al., 2020). Além disso, os plasmócitos secundários derivados dessas células de memória produzem rapidamente anticorpos de alta avidez, contribuindo para uma proteção inicial mais eficiente após a reexposição (Pape et al., 2021).

Outro aspecto da resposta secundária é a alteração do perfil das imunoglobulinas produzidas, com maior participação de células B de memória que expressam IgG. Após a reexposição ao antígeno, essas células são rapidamente reativadas e podem originar plasmablastos, ocorrendo ainda maturação da afinidade dos anticorpos ao longo da resposta (Pape et al., 2021). As células B de memória podem, adicionalmente, apresentar maturação contínua após a resposta inicial, com aumento da afinidade de ligação e da potência de neutralização dos anticorpos ao longo do tempo, o que demonstra a capacidade de evolução da memória imunológica (Sakharkar et al., 2021).

4. DISCUSSÃO

Os achados reunidos nesta revisão convergem para a compreensão de que a memória imunológica não é um atributo isolado dos linfócitos, mas o produto final de uma cadeia de eventos iniciada pelo sistema inato. A literatura consultada é consistente ao posicionar as células apresentadoras de antígeno como determinantes não apenas do início da resposta adaptativa, mas também de sua qualidade, uma vez que os sinais coestimulatórios e o perfil de citocinas condicionam o subtipo efetor gerado (Chi; Pepper; Thomas, 2024; WANG, R. et al., 2024). Essa constatação relativiza a divisão didática entre os dois ramos do sistema imune, frequentemente apresentada como sequência linear.

Um segundo ponto de convergência diz respeito à natureza dual da proteção humoral de longo prazo. Os estudos revisados descrevem dois compartimentos com lógicas distintas: plasmócitos de longa duração, que sustentam títulos séricos independentemente de novo estímulo, e células B de memória, que permanecem quiescentes e conferem capacidade de resposta rápida (Ripperger; Bhattacharya, 2021; Inoue; Kurosaki, 2024). A implicação prática é relevante, pois a queda dos títulos de anticorpos ao longo do tempo não equivale, necessariamente, à perda de proteção, já que o compartimento de memória pode permanecer preservado.

A comparação entre resposta primária e secundária, no entanto, revela um ponto em que a literatura é menos linear do que costuma aparecer nos textos introdutórios. Embora a resposta secundária seja mais rápida, intensa e de maior afinidade, há evidências de que o reforço antigênico não recruta a totalidade do repertório de memória previamente gerado. Demonstrou-se que as respostas

secundárias operam sob um estreitamento clonal, com predomínio de poucos clones de maior afinidade germinal e reentrada limitada de células já mutadas em novos centros germinativos (Mesin et al., 2020). Esse achado qualifica a noção de que toda reexposição amplia proporcionalmente a diversidade da resposta.

Nessa mesma direção, estudos que compararam memória induzida por infecção natural e por vacinação identificaram diferenças na capacidade de ligação ao antígeno e na composição dos subconjuntos gerados, o que indica que o modo de exposição inicial deixa marcas duradouras no repertório de memória (Pape et al., 2021). Somam-se a isso as evidências de maturação continuada, com incremento progressivo da afinidade e da potência neutralizante meses após a exposição inicial (Sakharkar et al., 2021; Laidlaw; Ellebedy, 2022). Em conjunto, esses dados sustentam que a memória imunológica constitui processo dinâmico, e não um registro estático formado no primeiro contato.

As implicações para a prática vacinal são diretas. O efeito das doses de reforço apoia-se precisamente na reativação do compartimento de memória, e a durabilidade da proteção depende tanto da persistência dos plasmócitos de longa duração quanto da qualidade do repertório de memória gerado na exposição inicial (Sette; Crotty, 2022; Lam; Lee; Farber, 2024). A distribuição tecidual das células T de memória acrescenta uma camada adicional a essa discussão, uma vez que populações residentes nos sítios de entrada do patógeno conferem proteção local que não é adequadamente estimada por marcadores circulantes (Nguyen et al., 2019; Raphael; Joern; Forsthuber, 2020).

Cabe registrar as limitações desta revisão. Por tratar-se de revisão narrativa, a seleção das fontes não seguiu protocolo sistemático, o que não permite excluir viés de seleção. Ademais, parcela expressiva da literatura recente sobre memória humoral foi produzida no contexto da pandemia de COVID-19, de modo que a generalização de tais achados para outros patógenos deve ser feita com cautela. Por fim, boa parte dos estudos sobre dinâmica de centros germinativos baseia-se em modelos murinos, cuja extrapolação para o ser humano apresenta limites reconhecidos. Investigações futuras que caracterizem o repertório de memória em tecidos humanos, para além do compartimento circulante, podem esclarecer aspectos ainda pouco definidos da proteção de longo prazo.

5. CONCLUSÕES

A revisão permitiu verificar que a capacidade dos linfócitos T e B de recordar infecções passadas resulta de um processo integrado, no qual o reconhecimento inicial do agente infeccioso pelo sistema inato conduz à ativação e à diferenciação dos linfócitos, que originam tanto as células responsáveis pelo combate imediato quanto as células de memória destinadas à proteção de longo prazo (Lam; Lee; Farber, 2024). Essa memória se organiza em compartimentos complementares, de modo que a produção contínua de anticorpos e a capacidade de reativação rápida diante de um novo contato asseguram respostas mais velozes, mais intensas e mais específicas do que aquelas observadas na primeira exposição (Inoue; Kurosaki, 2024). Conclui-se, portanto, que a memória imunológica constitui um processo dinâmico, e não um registro fixo formado no primeiro encontro com o patógeno, compreensão que fundamenta racionalmente as estratégias de imunização e de reforço vacinal (Sette; Crotty, 2022).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CHI, H.; PEPPER, M.; THOMAS, P. G. **Principles and therapeutic applications of adaptive immunity.** Cell, vol.187, n.9, p.2052-2078, 2024. DOI: 10.1016/j.cell.2024.03.037. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.cell.2024.03.037. Acesso em: 5 set. 2026.

DASH, S. P.; GUPTA, S.; SARANGI, P. P. **Monocytes and macrophages: origin, homing, differentiation, and functionality during inflammation.** Heliyon, vol.10, n.8, e29686, 2024. DOI: 10.1016/j.heliyon.2024.e29686. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e29686. Acesso em: 5 set. 2026.

FLIPPOT, R. et al. **B cells and the coordination of immune checkpoint inhibitor response in patients with solid tumors.** Journal for ImmunoTherapy of Cancer, vol.12, n.4, e008636, 2024. DOI: 10.1136/jitc-2023-008636. Disponível em: https://doi.org/10.1136/jitc-2023-008636. Acesso em: 5 set. 2026.

GONZÁLEZ-FERNÁNDEZ, Á.; MAIETTA, I. **The forgotten innate immune cells: unraveling their prospective interactions with nanomaterials.** International Journal of Nanomedicine, vol.20, p.8173-8189, 2025. DOI: 10.2147/IJN.S517249. Disponível em: https://doi.org/10.2147/IJN.S517249. Acesso em: 5 set. 2026.

INOUE, T.; KUROSAKI, T. **Memory B cells.** Nature Reviews Immunology, vol.24, n.1, p.5-17, 2024. DOI: 10.1038/s41577-023-00897-3. Disponível em: https://doi.org/10.1038/s41577-023-00897-3. Acesso em: 5 set. 2026.

LAIDLAW, B. J.; ELLEBEDY, A. H. **The germinal centre B cell response to SARS-CoV-2.** Nature Reviews Immunology, vol.22, n.1,

p.7-18, 2022. DOI: 10.1038/s41577-021-00657-1. Disponível em: https://doi.org/10.1038/s41577-021-00657-1. Acesso em: 5 set. 2026.

LAM, N.; LEE, Y. S.; FARBER, D. L. **A guide to adaptive immune memory.** Nature Reviews Immunology, vol.24, n.11, p.810-829, 2024. DOI: 10.1038/s41577-024-01040-6. Disponível em: https://doi.org/10.1038/s41577-024-01040-6. Acesso em: 5 set. 2026.

MARSHALL, J. S. et al. **Introduction to immunology and immune disorders.** Allergy, Asthma & Clinical Immunology, vol.20, supl.3, p.69, 2024. DOI: 10.1186/s13223-024-00932-5. Disponível em: https://doi.org/10.1186/s13223-024-00932-5. Acesso em: 5 set. 2026.

MESIN, L. et al. **Restricted clonality and limited germinal center reentry characterize memory B cell reactivation by boosting.** Cell, vol.180, n.1, p.92-106, 2020. DOI: 10.1016/j.cell.2019.11.032. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.cell.2019.11.032. Acesso em: 5 set. 2026.

NGUYEN, Q. P. et al. **Origins of CD4+ circulating and tissue-resident memory T-cells.** Immunology, vol.157, n.1, p.3-12, 2019. DOI: 10.1111/imm.13059. Disponível em: https://doi.org/10.1111/imm.13059. Acesso em: 5 set. 2026.

PAPE, K. A. et al. **High-affinity memory B cells induced by SARS-CoV-2 infection produce more plasmablasts and atypical memory B cells than those primed by mRNA vaccines.** Cell Reports, vol.37, n.2, 109823, 2021. DOI: 10.1016/j.celrep.2021.109823. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.celrep.2021.109823. Acesso em: 5 set. 2026.

RAPHAEL, I.; JOERN, R. R.; FORSTHUBER, T. G. **Memory CD4+ T cells in immunity and autoimmune diseases.** Cells, vol.9, n.3, p.531, 2020.

DOI: 10.3390/cells9030531. Disponível em: https://doi.org/10.3390/cells9030531. Acesso em: 5 set. 2026.

RIPPERGER, T. J.; BHATTACHARYA, D. **Transcriptional and metabolic control of memory B cells and plasma cells.** Annual Review of Immunology, vol.39, p.345-368, 2021. DOI: 10.1146/annurev-immunol-093019-125603. Disponível em: https://doi.org/10.1146/annurev-immunol-093019-125603. Acesso em: 5 set. 2026.

SAKHARKAR, M. et al. **Prolonged evolution of the human B cell response to SARS-CoV-2 infection.** Science Immunology, vol.6, n.56, eabg6916, 2021. DOI: 10.1126/sciimmunol.abg6916. Disponível em: https://doi.org/10.1126/sciimmunol.abg6916. Acesso em: 5 set. 2026.

SETTE, A.; CROTTY, S. **Immunological memory to SARS-CoV-2 infection and COVID-19 vaccines.** Immunological Reviews, vol.310, n.1, p.27-46, 2022. DOI: 10.1111/imr.13089. Disponível em: https://doi.org/10.1111/imr.13089. Acesso em: 5 set. 2026.

SUN, L. et al. **Innate-adaptive immunity interplay and redox regulation in immune response.** Redox Biology, vol.37, 101759, 2020. DOI: 10.1016/j.redox.2020.101759. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.redox.2020.101759. Acesso em: 5 set. 2026.

WANG, Q. et al. **NK-like CD8 T cell: one potential evolutionary continuum between adaptive memory and innate immunity.** Clinical and Experimental Immunology, vol.217, n.2, p.136-150, 2024. Disponível em: https://academic.oup.com/cei/article/217/2/136/7656656. Acesso em: 5 set. 2026.

WANG, R. et al. **The interaction of innate immune and adaptive immune system.** MedComm, vol.5, n.10, e714, 2024. DOI: 10.1002/mco2.714. Disponível em: https://doi.org/10.1002/mco2.714. Acesso em: 5 set. 2026.

YI, M. et al. **Exploiting innate immunity for cancer immunotherapy.** Molecular Cancer, vol.22, 187, 2023. DOI: 10.1186/s12943-023-01885-w. Disponível em: https://doi.org/10.1186/s12943-023-01885-w. Acesso em: 5 set. 2026.

ZHANG, F. et al. **Neutrophil diversity and function in health and disease.** Signal Transduction and Targeted Therapy, vol.9, 343, 2024. DOI: 10.1038/s41392-024-02049-y. Disponível em: https://doi.org/10.1038/s41392-024-02049-y. Acesso em: 5 set. 2026.

---

[1] Graduanda em Biomedicina pelo Centro Universitário UNINORTE, Rio Branco, AC. E-mail: acesse o artigo original para visualizar o e-mail

[2] Graduanda em Biomedicina pelo Centro Universitário UNINORTE, Rio Branco, AC. E-mail: acesse o artigo original para visualizar o e-mail

[3] Licenciado em Ciências Biológicas pelo Instituto Federal do Acre (IFAC), especialista em Microbiologia Clínica no Controle de Infecções Hospitalares pela Faculdade Meta (FAMETA).