v7.n9.2026

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

TREINAMENTO DESCALÇO E ESTRATÉGIAS MINIMALISTAS: POSSÍVEIS EFEITOS SOBRE PROPRIOCEPÇÃO, ESTABILIDADE E DESEMPENHO FUNCIONAL EM ACADEMIAS

BAREFOOT TRAINING AND MINIMALIST STRATEGIES: POSSIBLE EFFECTS ON PROPRIOCEPTION, STABILITY, AND FUNCTIONAL PERFORMANCE IN GYMS

ENTRENAMIENTO DESCALZO Y ESTRATEGIAS MINIMALISTAS: POSIBLES EFECTOS SOBRE LA PROPRIOCEPCIÓN, LA ESTABILIDAD Y EL RENDIMIENTO FUNCIONAL EN GIMNASIOS

Thiago de Oliveira dos Santos[1], Clodoaldo Carrera Silva[1], Manoel Joaquim Ramos Neto[2]

e798727
https://doi.org/10.47820/recima21.v7i5.8727

PUBLICADO: 09/2026

RESUMO

O treinamento descalço e as estratégias minimalistas têm recebido atenção no campo do exercício físico por possíveis relações com força do pé, propriocepção, estabilidade e controle do movimento. Este estudo objetivou analisar as evidências recentes relacionadas ao treinamento descalço, ao uso de calçados minimalistas, ao fortalecimento específico dos músculos do pé e às intervenções sensoriomotoras, considerando suas possíveis repercussões e aplicações no contexto de academias. Foi realizada uma revisão sistematizada da literatura, de abordagem qualitativa e caráter descritivo-analítico, abrangendo publicações entre 2021 e 2026. As buscas ocorreram entre janeiro e maio de 2026 nas bases PubMed e SciELO, com utilização complementar de ScienceDirect, SpringerLink, BMC, Frontiers, PLOS, Nature Portfolio e Google Scholar para localização e acesso aos textos. Dos 86 registros inicialmente identificados, 15 estudos atenderam aos critérios finais de inclusão. Os resultados demonstraram maior consistência das evidências para fortalecimento específico dos músculos do pé e intervenções sensoriomotoras, com possíveis efeitos sobre força, equilíbrio, propriocepção e função. Estudos com calçados minimalistas apresentaram resultados favoráveis em algumas variáveis, porém de maneira heterogênea. Não foi identificada evidência suficiente para comprovar eficácia geral, superioridade, protocolo, dose ou segurança do treinamento descalço em academias. Conclui-se que sua possível aplicação deve ser interpretada com cautela, considerando a predominância de evidências indiretas e a necessidade de estudos experimentais diretamente realizados em ambientes de academia.

PALAVRAS-CHAVE: Treinamento descalço. Calçado minimalista. Propriocepção. Estabilidade postural. Desempenho funcional.

ABSTRACT

Barefoot training and minimalist strategies have received increasing attention in exercise science because of their possible relationships with foot strength, proprioception, stability, and movement control. This study aimed to analyze recent evidence related to barefoot training, minimalist footwear, specific foot-muscle strengthening, and sensorimotor interventions, considering their possible effects and applications in gym settings. A systematized literature review with a qualitative and descriptive-analytical approach was conducted, covering publications from 2021 to 2026.

[1] Graduando do Curso de Bacharelado em Educação Física. Universidade Nilton Lins
Manaus, Amazonas, Brasil.
[2] Mestre Profissional em Ciências e Meio Ambiente. Docente do Curso de Bacharelado em Educação Física. Universidade Federal do Pará. Manaus, Amazonas, Brasil.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

Searches were performed between January and May 2026 in PubMed and SciELO, with ScienceDirect, SpringerLink, BMC, Frontiers, PLOS, Nature Portfolio, and Google Scholar used as complementary resources for article retrieval and full-text access. Of the 86 records initially identified, 15 studies met the final inclusion criteria. The findings showed more consistent evidence for specific foot-muscle strengthening and sensorimotor interventions, with possible effects on strength, balance, proprioception, and functional outcomes. Studies involving minimalist footwear reported favorable results for some variables, although findings were heterogeneous. Evidence was insufficient to establish the overall effectiveness, superiority, specific protocols, dosage, or safety of barefoot training in gyms. Its potential application should therefore be interpreted cautiously, considering the predominance of indirect evidence and the need for experimental studies conducted directly in gym environments.

KEYWORDS: *Barefoot training. Minimalist footwear. Proprioception. Postural stability. Functional performance.*

RESUMEN
El entrenamiento descalzo y las estrategias minimalistas han recibido creciente atención en el ámbito del ejercicio físico por sus posibles relaciones con la fuerza del pie, la propiocepción, la estabilidad y el control del movimiento. Este estudio tuvo como objetivo analizar las evidencias recientes relacionadas con el entrenamiento descalzo, el uso de calzado minimalista, el fortalecimiento específico de los músculos del pie y las intervenciones sensoriomotoras, considerando sus posibles efectos y aplicaciones en gimnasios. Se realizó una revisión sistematizada de la literatura, con enfoque cualitativo y carácter descriptivo-analítico, incluyendo publicaciones entre 2021 y 2026. Las búsquedas se realizaron entre enero y mayo de 2026 en PubMed y SciELO, utilizando de forma complementaria ScienceDirect, SpringerLink, BMC, Frontiers, PLOS, Nature Portfolio y Google Scholar para la localización y consulta de los textos completos. De los 86 registros inicialmente identificados, 15 estudios cumplieron los criterios finales de inclusión. Los resultados mostraron evidencias más consistentes para el fortalecimiento específico de los músculos del pie y las intervenciones sensoriomotoras, con posibles efectos sobre fuerza, equilibrio, propiocepción y función. Los estudios con calzado minimalista mostraron resultados favorables en algunas variables, aunque de forma heterogénea. No se encontraron evidencias suficientes para establecer eficacia general, superioridad, protocolo, dosis o seguridad del entrenamiento descalzo en gimnasios. Su posible aplicación debe interpretarse con cautela, considerando el predominio de evidencias indirectas y la necesidad de estudios experimentales realizados directamente en entornos de gimnasio.

PALABRAS CLAVE: *Entrenamiento descalzo. Calzado minimalista. Propiocepción. Estabilidad postural. Rendimiento funcional.*

1. INTRODUÇÃO

O interesse pelo treinamento descalço e por estratégias minimalistas tem crescido no campo do exercício físico, impulsionado pela busca por maior percepção do apoio, fortalecimento dos pés e controle do movimento. Essa tendência também alcançou academias, onde diferentes práticas passaram a incorporar menor interferência do calçado durante exercícios de base estável. Estudos recentes indicam possíveis efeitos relacionados à força do pé, postura e

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

equilíbrio, embora essas respostas dependam do tipo de intervenção e não possam ser atribuídas, de maneira automática, ao simples ato de treinar sem calçado (Curtis *et al.*, 2021; Gabriel *et al.*, 2024).

Para compreender melhor esse fenômeno, é necessário diferenciar intervenções que muitas vezes aparecem agrupadas na literatura. O treinamento descalço corresponde à realização de exercícios sem calçado; o uso de calçado minimalista mantém uma interface reduzida entre pé e solo; o fortalecimento específico do pé envolve exercícios direcionados à musculatura intrínseca e extrínseca; já o treinamento sensoriomotor utiliza estímulos voltados ao equilíbrio, propriocepção e controle postural. Embora possam compartilhar mecanismos, essas estratégias não são equivalentes e precisam ser analisadas separadamente (Wei et al., 2022; Freire; Seixas, 2024; Osborne *et al.*, 2025).

Do ponto de vista biomecânico, o pé participa da sustentação, adaptação ao solo e transmissão de forças durante movimentos realizados em pé. Sua musculatura intrínseca contribui para estabilidade local, manutenção estrutural e organização do apoio, enquanto informações sensoriais provenientes da região plantar auxiliam ajustes posturais. Essas funções ajudam a explicar por que exercícios relacionados ao fortalecimento do pé e ao controle sensoriomotor podem repercutir sobre equilíbrio e desempenho funcional. Entretanto, grande parte dessas evidências provém de corredores, idosos, atletas e intervenções específicas, não de praticantes submetidos diretamente a protocolos de academia (Kusagawa *et al.*, 2023; Willemse *et al.*, 2026).

Essa característica da literatura constitui uma das principais lacunas relacionadas ao tema. Embora existam estudos sobre calçados minimalistas, força dos músculos do pé, propriocepção, estabilidade e desempenho esportivo, ainda são escassas as pesquisas que investigam especificamente o treinamento descalço durante exercícios resistidos em academias. Consequentemente, a aplicação desses achados ao treinamento físico precisa ser interpretada com cautela. A transferência de resultados obtidos em diferentes populações e tarefas deve ser entendida como hipótese de aplicação profissional, e não como comprovação direta de eficácia no ambiente de musculação.

A partir dessa lacuna, estabelece-se a seguinte questão de pesquisa: quais evidências científicas publicadas entre 2021 e 2026 permitem discutir os possíveis efeitos do treinamento descalço e de estratégias minimalistas sobre propriocepção, estabilidade, força do pé e desempenho funcional, considerando sua eventual aplicação em praticantes adultos de academia? A questão concentra-se em variáveis relacionadas à organização do movimento e ao controle corporal, evitando pressupor superioridade do treinamento sem calçado e reconhecendo

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

que os achados disponíveis apresentam diferentes níveis de aproximação com o contexto investigado.

O objetivo geral deste estudo consiste em analisar, por meio de revisão sistematizada da literatura, as evidências recentes relacionadas ao treinamento descalço, ao uso de calçados minimalistas, ao fortalecimento específico do pé e às intervenções sensoriomotoras, considerando seus possíveis efeitos sobre propriocepção, estabilidade, força e desempenho funcional. Especificamente, busca-se identificar os principais mecanismos descritos, comparar os resultados encontrados, reconhecer limitações metodológicas e discutir possibilidades de transferência para o ambiente de academia, mantendo distinção clara entre achados científicos e recomendações práticas derivadas de sua interpretação.

A realização deste estudo justifica-se pela necessidade de organizar criticamente uma produção científica ainda dispersa entre diferentes tipos de intervenção e populações. Sua contribuição está em reunir evidências recentes sem tratar estratégias distintas como equivalentes e sem assumir que resultados obtidos em corredores, idosos ou atletas possam ser transferidos diretamente para academias. Ao aproximar esses achados da prática profissional com cautela metodológica, o trabalho pretende oferecer subsídios para decisões mais responsáveis, identificar lacunas de conhecimento e indicar caminhos para futuras investigações diretamente aplicadas ao treinamento físico em ambientes de academia.

2. METODOLOGIA

O processo de revisão foi conduzido por dois revisores, com atribuições previamente definidas. O primeiro revisor foi responsável pela realização das buscas nas fontes selecionadas, identificação dos registros, remoção das duplicatas e leitura dos títulos, resumos e textos completos para aplicação dos critérios de elegibilidade. O segundo revisor ficou responsável pela extração e organização padronizada dos dados dos estudos incluídos, considerando informações como autoria, ano de publicação, características da amostra, intervenção ou exposição, duração, comparador, instrumentos utilizados, resultados e limitações. A divisão das etapas buscou conferir maior organização e transparência ao processo de seleção e sistematização das evidências.

Este estudo foi desenvolvido como uma revisão sistematizada da literatura, com abordagem qualitativa e caráter descritivo-analítico. Essa modalidade foi adotada por possibilitar a localização, seleção, organização e interpretação crítica das evidências recentes relacionadas ao treinamento descalço, ao uso de calçados minimalistas, ao fortalecimento específico do pé e

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

às intervenções sensoriomotoras. A escolha metodológica buscou conferir maior transparência ao processo de seleção dos estudos e permitir a análise comparativa dos resultados, mantendo distinção entre evidências diretas, evidências indiretas e possíveis aplicações no contexto das academias.

O recorte temporal compreendeu artigos publicados entre 2021 e 2026, período escolhido por reunir produções recentes sobre minimalismo, força intrínseca do pé, propriocepção, estabilidade e desempenho funcional. As buscas bibliográficas foram realizadas entre 10 de janeiro e 15 de maio de 2026. Posteriormente, os estudos selecionados foram submetidos à conferência bibliográfica e verificação de acesso aos textos completos e respectivos identificadores digitais.

As buscas foram realizadas nas bases bibliográficas PubMed e SciELO. ScienceDirect, SpringerLink, BMC, Frontiers, PLOS e Nature Portfolio foram utilizadas como plataformas editoriais para localização, conferência e acesso aos textos completos. O Google Scholar foi empregado de forma complementar, principalmente para rastreamento de publicações, confirmação de DOI e localização de versões integrais dos artigos. Essa organização permitiu diferenciar as bases de indexação das plataformas de publicação, mantendo maior precisão na descrição das fontes efetivamente utilizadas durante o levantamento e a seleção bibliográfica.

Foram empregados termos em português e inglês relacionados aos quatro núcleos investigados: treinamento descalço, calçado minimalista, fortalecimento específico do pé e treinamento sensoriomotor. Utilizaram-se “treinamento descalço”, “calçado minimalista”, “fortalecimento do pé”, “músculos intrínsecos do pé”, “propriocepção”, “equilíbrio postural” e “desempenho funcional”, além de *“barefoot training”, “minimalist footwear”, “foot strengthening”, “intrinsic foot muscles”, “proprioception”, “postural balance” e “functional performance”.* Os termos foram combinados pelo operador booleano AND, em diferentes combinações específicas, relacionando intervenção, mecanismo e desfecho conforme o objetivo de cada busca.

Na PubMed, as combinações foram aplicadas aos campos de título e resumo, com filtro temporal entre 2021 e 2026. Na SciELO, utilizaram-se combinações equivalentes em português e inglês, mantendo o mesmo período de publicação. Nas plataformas editoriais, os mesmos núcleos conceituais foram inseridos nos mecanismos próprios de pesquisa, preservando o recorte temporal e a exigência de acesso integral. Entre as combinações empregadas estiveram “minimalist footwear AND foot strength”, “intrinsic foot muscles AND postural balance”, “barefoot training AND functional performance” e “foot strengthening AND proprioception”.

Foram incluídos artigos publicados entre 2021 e 2026, revisados por pares, disponíveis integralmente e relacionados direta ou indiretamente ao treinamento descalço, calçado

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

minimalista, fortalecimento dos músculos do pé, propriocepção, estabilidade, controle motor ou desempenho funcional. Foram aceitos estudos originais, ensaios clínicos, estudos experimentais, revisões sistemáticas, metanálises e revisões de escopo. Também foram consideradas populações adultas, esportivas, idosas e clínicas quando os desfechos avaliados apresentavam relação com os mecanismos investigados e permitiam interpretação crítica pertinente no campo do treinamento físico e da prática profissional.

Foram excluídos registros duplicados, artigos sem revisão por pares, resumos de eventos, dissertações, teses, trabalhos acadêmicos não publicados em periódicos, textos opinativos e estudos sem acesso ao conteúdo completo. Também foram retiradas publicações com baixa relação com a questão investigada ou cujos desfechos não contribuíam para a análise de força do pé, propriocepção, estabilidade, controle motor ou desempenho funcional. Os critérios foram aplicados sucessivamente durante a leitura dos títulos, resumos e textos completos, mantendo o mesmo padrão de elegibilidade ao longo do processo.

A seleção ocorreu em etapas sucessivas. Inicialmente, foram identificados 86 registros nas fontes consultadas. Após a remoção de 22 duplicatas, permaneceram 64 publicações para triagem. A leitura dos títulos e resumos levou à exclusão de 38 registros por baixa aderência ao tema ou ao recorte definido. Em seguida, 26 textos foram avaliados integralmente quanto à elegibilidade. Onze estudos foram excluídos nessa etapa, permanecendo 15 artigos na análise final, todos compatíveis com os critérios estabelecidos para a revisão sistematizada desenvolvida neste trabalho.

Quadro 1. Síntese do processo de identificação e seleção dos estudos

Etapa da seleção	Quantidade	Critério aplicado
Registros identificados nas fontes consultadas	86	Busca mediante descritores e operadores booleanos
Estudos após remoção de duplicatas	64	Exclusão de 22 registros repetidos
Estudos excluídos após leitura de títulos e resumos	38	Baixa aderência ao tema ou ao recorte estabelecido
Textos completos avaliados	26	Leitura integral para avaliação de elegibilidade
Estudos excluídos após leitura integral	11	Inadequação aos critérios temáticos ou metodológicos
Estudos incluídos na análise final	15	Atendimento aos critérios estabelecidos

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Após a seleção, os dados dos 15 estudos foram extraídos e organizados de maneira padronizada. Foram considerados autoria, ano de publicação, desenho metodológico,

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

características da amostra, faixa etária quando informada, intervenção ou exposição, duração, comparador, instrumentos utilizados, desfechos avaliados, resultados quantitativos, principais achados e limitações. A organização dessas informações permitiu ampliar a caracterização metodológica das pesquisas e separar aquilo que foi efetivamente encontrado nos estudos das interpretações elaboradas posteriormente sobre possíveis aplicações no ambiente de academia e na prática profissional da Educação Física.

A análise foi conduzida de forma qualitativa e comparativa, considerando quatro categorias: treinamento descalço, uso de calçados minimalistas, fortalecimento específico do pé e intervenções sensoriomotoras. Os resultados foram examinados segundo força do pé, propriocepção, equilíbrio, estabilidade, controle motor e desempenho funcional. As evidências provenientes de corredores, idosos, atletas e populações clínicas foram tratadas como indiretas quando relacionadas às academias. Não foi estabelecida equivalência entre essas intervenções, e as possíveis aplicações práticas foram discutidas separadamente dos resultados originais apresentados pelos estudos selecionados.

A qualidade metodológica dos estudos foi considerada durante a interpretação por meio da análise do desenho de pesquisa, características da amostra, presença de comparador, duração das intervenções, instrumentos utilizados, resultados apresentados e limitações relatadas. Não foi empregado instrumento formal específico para avaliação do risco de viés, nem houve registro prévio de protocolo para esta revisão. Essas características foram reconhecidas como limitações metodológicas, sem impedir a organização sistematizada das etapas de busca, seleção, extração e análise dos artigos que compuseram a amostra final.

3. RESULTADOS

A análise final reuniu 15 publicações entre 2021 e 2026, com diferentes desenhos metodológicos e populações. Foram identificados ensaios clínicos randomizados, estudos experimentais, estudos biomecânicos, revisões sistemáticas, metanálise e revisão de escopo. Essa diversidade permitiu examinar quatro modalidades de intervenção ou exposição distintas: treinamento descalço, uso de calçados minimalistas, fortalecimento específico dos músculos do pé e treinamento sensoriomotor. Embora relacionadas por mecanismos biomecânicos e neuromusculares, essas modalidades foram analisadas separadamente, pois não representam a mesma intervenção e não permitem atribuir seus resultados indistintamente ao treinamento descalço.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

A composição da amostra também demonstrou importante heterogeneidade. Foram encontrados estudos com adultos jovens fisicamente ativos, idosos, corredores recreacionais, atletas adolescentes e participantes com alterações funcionais específicas. Apenas parte das investigações apresentou condições que se aproximam do treinamento físico realizado em academias. Predominaram protocolos envolvendo caminhada com calçado minimalista, fortalecimento dos músculos intrínsecos do pé, treinamento de equilíbrio, exercícios sensoriomotores e avaliações biomecânicas. Por esse motivo, os resultados dessas pesquisas foram considerados evidências diretas apenas para as intervenções efetivamente testadas e evidências indiretas quando relacionados ao treinamento descalço em academias.

Os estudos relacionados ao fortalecimento específico do pé constituíram o grupo com achados mais consistentes. Curtis *et al.* (2021) acompanharam adultos que passaram do uso habitual de calçados convencionais para calçados minimalistas durante seis meses. O grupo de intervenção foi composto por 22 participantes, enquanto 24 permaneceram utilizando calçados convencionais. Após o período experimental, a força de flexão dos dedos aumentou, em média, 57,4% no grupo que utilizou calçado minimalista, com efeito considerado elevado, enquanto não ocorreu mudança significativa no grupo controle. Esse resultado demonstra adaptação da força do pé à exposição prolongada a menor suporte externo, mas não representa evidência direta do treinamento descalço em exercícios resistidos.

A revisão sistemática e metanálise de Wei *et al.* (2022) reuniu 16 estudos, totalizando 627 participantes. As intervenções apresentaram duração entre quatro e 16 semanas, envolvendo diferentes protocolos destinados aos músculos intrínsecos do pé. Os autores encontraram efeitos positivos sobre função do pé e equilíbrio postural dinâmico, embora a qualidade metodológica tenha variado entre baixa e moderada em parte considerável dos trabalhos. A heterogeneidade das intervenções, dos participantes e dos instrumentos utilizados foi reconhecida como limitação importante, impedindo a definição de uma única modalidade ou dose de fortalecimento como superior.

Resultados semelhantes, embora acompanhados de maior cautela, foram observados por Willemse *et al.* (2022). A revisão sistemática partiu de 9.199 registros e incluiu 11 artigos, dos quais cinco participaram da síntese quantitativa. Os autores identificaram evidência de baixa certeza para alterações relacionadas à força de reação do solo e evidência de certeza muito baixa para melhora de equilíbrio dinâmico, com tamanhos de efeito padronizados variando aproximadamente entre 0,41 e 1,43 nos testes de equilíbrio. Não houve evidência suficiente para alterações consistentes na cinemática do arco longitudinal medial. Os próprios autores

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

destacaram que as amostras eram predominantemente jovens e que faltavam investigações robustas em adultos mais velhos.

O ensaio de Rodrigues *et al.* (2023) avaliou 19 idosos distribuídos entre grupo controle, grupo de exercícios e grupo de exercícios associado à eletroestimulação. As médias de idade ficaram aproximadamente entre 68 e 72 anos nos três grupos. O fortalecimento específico dos músculos intrínsecos do pé produziu melhora no Timed Up and Go, enquanto a associação entre exercícios e eletroestimulação também apresentou melhora no Teste de Alcance Funcional. No grupo de exercícios, o tempo do Timed Up and Go passou de 9,64 ± 1,78 segundos para 8,20 ± 1,94 segundos; no grupo com eletroestimulação, de 12,68 ± 4,01 para 10,61 ± 3,70 segundos, com diferenças significativas. Esses achados estão relacionados ao fortalecimento específico do pé e não à retirada do calçado durante musculação (Rodrigues *et al.*, 2023).

A investigação anatômica de Kusagawa *et al.* (2023) incluiu 26 homens jovens saudáveis e utilizou ressonância magnética para mensurar volume, comprimento muscular, área de secção transversal fisiológica e comprimento das fibras de sete músculos intrínsecos plantares. Os resultados demonstraram diferenças estruturais relevantes entre esses músculos, indicando especializações funcionais relacionadas à geração de força e velocidade de encurtamento. Diferentemente dos estudos de intervenção, essa pesquisa não avaliou treinamento descalço, equilíbrio ou desempenho após exercícios. Sua contribuição para a presente revisão foi biomecânica, fornecendo suporte para compreender a participação ativa da musculatura intrínseca do pé em diferentes demandas mecânicas (Kusagawa *et al.*, 2023).

Quadro 2. Caracterização metodológica e síntese dos resultados dos estudos incluídos

Estudo	Amostra/idade	Intervenção ou exposição	Duração/comparador	Instrumentos ou desfechos	Resultados principais	Limitações relevantes
Curtis *et al.* (2021)	46 adultos no estudo longitudinal; intervenção n=22, controle n=24; aproximadamente 27-28 anos	Uso predominante de calçado minimalista	6 meses; calçado convencional como controle	Dinamometria da força de flexão dos dedos; medidas antropométricas	Aumento médio de 57,4% da força de flexão dos dedos no grupo minimalista; ausência de alteração significati	Não avaliou treinamento resistido nem exercício descalço; exposição cotidiana ao calçado

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

					va no controle	
Wei *et al.* (2022)	16 estudos; 627 participantes	Fortalecimento dos músculos intrínsecos do pé	4 a 16 semanas; comparadores variados	Força do pé, função e equilíbrio dinâmico	Tendência favorável à função do pé e ao equilíbrio dinâmico	Protocolos, populações e instrumentos heterogêneos; qualidade metodológica variável
Willems e *et al.* (2022)	11 estudos incluídos; 5 na síntese quantitativa	Intervenções destinadas a aumentar força dos músculos intrínsecos	Duração variável	Força de reação do solo, equilíbrio dinâmico, cinemática do arco	Evidência de baixa certeza para função durante marcha e muito baixa para equilíbrio dinâmico	Predomínio de populações jovens; baixa certeza das evidências
Rodrigues *et al.* (2023)	19 idosos; grupos n=7, n=6 e n=6; médias entre 68 e 72 anos	Exercícios intrínsecos do pé, isolados ou associados à eletroestimulação	Comparação pré e pós-intervenção	TUG, alcance funcional, apoio unipodal e Paper Grip Test	TUG melhorou de 9,64±1,78 para 8,20±1,94 s no grupo exercício e de 12,68±4,01 para 10,61±3,70 s no grupo combinado	Amostra pequena e população idosa
Azhar; Munteanu; Menz (2023)	20 mulheres; 66-82 anos; média 73,4±3,9	Calçado minimalista versus calçado de suporte	Avaliação aguda das duas condições	Equilíbrio em pé, marcha e sensores de movimento	Não foram encontradas diferenças significativas de equilíbrio	Amostra pequena, somente mulheres idosas e avaliação de curto prazo

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

					ou estabilidade entre os calçados	
Kusagawa *et al.* (2023)	26 homens jovens saudáveis	Avaliação anatômico-biomecânica dos músculos intrínsecos	Não se aplica	Ressonância magnética, volume muscular, PCSA e comprimento das fibras	Demonstrou especialização estrutural entre diferentes músculos plantares	Não houve intervenção nem avaliação funcional em academia
Gabriel *et al.* (2024)	28 adultos jovens; 25,3±5,3 anos	Caminhada com calçado minimalista	4 semanas; 3.000 passos/dia na 1ª semana e 5.000/dia posteriormente; controle com calçado habitual	FPI-6, equilíbrio unipodal, mobilidade e força	Melhora da postura do pé (b=-3,72; p<0,001) e equilíbrio (b=-17,96; p=0,01) no grupo minimalista	Amostra pequena; caminhada, não treinamento resistido
Freire; Seixas (2024)	45 idosos concluíram; intervenção n=21, controle n=24; média 84,6±8,4 anos	Programa sensoriomotor	12 semanas, 3 sessões/semana	Propriocepção, SPPB, força muscular, equilíbrio, mobilidade e risco de quedas	Diferença entre grupos para equilíbrio após intervenção (p=0,003); melhora intragrupo de diferentes variáveis funcionais	População institucionalizada e idade elevada; não avaliou treinamento descalço
Yilmaz *et al.* (2024)	19 estudos; 621 atletas de 12 a 24 anos	Treinamento proprioceptivo	6 a 20 semanas na maioria dos estudos; 3-5	Equilíbrio, força, velocidade, agilidade e	Predomínio de resultados favorávei	Grande diversidade de modalidades

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

			sessões/semana	desempenho esportivo	s ao desempenho relacionado à propriocepção	esportivas e protocolos
Lyu *et al.* (2024)	Adultos fisicamente ativos avaliados experimentalmente	Protocolo de fadiga por deslocamento lateral	Avaliação antes e após fadiga	Propriocepção do tornozelo e salto com contramovimento	A fadiga alterou respostas proprioceptivas e desempenho do salto	Estudo de fadiga aguda; não investigou treino descalço ou minimalista
Park *et al.* (2024)	51 futebolistas adolescentes com instabilidade funcional; 17 por grupo	Treino de força, treino de equilíbrio ou controle	6 semanas, 3 sessões/semana	TSK, CAIT, força do tornozelo, SEBT, equilíbrio estático e testes funcionais	Melhoras em instabilidade, força, equilíbrio e testes funcionais nos grupos de intervenção; CAIT apresentou interação significativa (p=0,005)	População esportiva adolescente e com instabilidade de tornozelo
Sulowska-Daszyk; Zając; Mika (2024)	55 corredores recreacionais, 21-45 anos; n=25 exercícios e n=30 minimalista	Exercícios de músculos do pé ou treino com calçado minimalista	8 semanas	Teste progressivo de corrida e velocidade no limiar de lactato	A velocidade no limiar aumentou nos dois grupos, mas foi significativa apenas no grupo de exercício	População de corredores; desfecho específico de corrida

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

					s específicos (p<0,05)	
Osborne *et al.* (2025)	87 estudos incluídos; adultos de diferentes condições, 18-83 anos	Exercícios de fortalecimento de pé e tornozelo	Protocolos variados	Prescrição de séries, repetições, carga e CERT	300 exercícios identificados; 25% envolveram flexão plantar e 16% músculos intrínsecos; apenas 2% prescreveram intensidade ≥60% de 1RM	Heterogeneidade e relato incompleto das intervenções; mediana CERT de 31%
Masterson; Wasserman; Gruber (2025)	Adultos avaliados quanto à relação entre calçado, atividade e força do pé	Histórico de calçado e atividade física	Estudo observacional	Medidas de força do pé	Associa exposição ao tipo de calçado e atividade física às diferenças de força ao longo da vida adulta	Publicação breve em suplemento; detalhamento metodológico limitado
Willems *et al.* (2026)	33 adultos >65 anos com possível risco aumentado de quedas	Programa progressivo STIFF para músculos intrínsecos	12 semanas; grupo controle	Velocidade máxima de marcha, equilíbrio, biomecânica e força do pé	Não houve diferença entre grupos na velocidade máxima de marcha; houve maior redução da preocupação com quedas e	Amostra pequena e população idosa já participante de exercício funcional

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

					aumento da capacidade e força dos músculos do pé	

Fonte: Elaborado pelos autores (2026), com base nos estudos incluídos.

Os resultados de Azhar, Munteanu e Menz (2023) são particularmente relevantes para evitar interpretações excessivas sobre calçados minimalistas. Vinte mulheres idosas, com idade média de 73,4 ± 3,9 anos, foram avaliadas em condições de calçado de suporte e minimalista durante tarefas de equilíbrio estático e estabilidade na marcha. Não foram identificadas diferenças estatisticamente significativas no desempenho de equilíbrio entre as duas condições. Apesar de tendências distintas em alguns testes, a ausência de superioridade demonstra que maior estímulo plantar não resulta necessariamente em melhor estabilidade em todas as populações ou tarefas (Azhar; Munteanu; Menz, 2023).

Gabriel *et al.* (2024), por outro lado, observaram mudanças após exposição progressiva ao calçado minimalista. Vinte e oito adultos jovens, com média de 25,3 ± 5,3 anos, foram randomizados entre grupo de intervenção e grupo controle. O grupo experimental caminhou 3.000 passos diários durante a primeira semana e 5.000 passos nas três semanas seguintes. Após quatro semanas, foram verificadas alterações significativas no Foot Posture Index e no equilíbrio unipodal, com manutenção parcial dos efeitos após um período de quatro semanas sem a intervenção. Não foram observadas mudanças significativas em todas as demais variáveis investigadas, reforçando a especificidade das adaptações encontradas (Gabriel *et al.*, 2024).

No eixo sensoriomotor, Freire e Seixas (2024) avaliaram inicialmente 56 idosos institucionalizados, dos quais 45 concluíram o protocolo. O grupo intervenção apresentou 21 participantes e o controle, 24, com média geral de idade de 84,6 ± 8,4 anos. O programa foi realizado três vezes por semana durante 12 semanas. Após a intervenção, houve diferença significativa entre os grupos para o componente de equilíbrio do Short Physical Performance Battery, com p=0,003. Também foram observadas modificações intragrupo relacionadas à força e a diferentes componentes da função física. Esses resultados sustentam benefícios do treinamento sensoriomotor, mas não permitem atribuí-los ao treinamento descalço, já que essa não foi a intervenção principal investigada (Freire; Seixas, 2024).

Yilmaz *et al.* (2024) analisaram 19 pesquisas sobre treinamento proprioceptivo, totalizando 621 atletas com idades entre 12 e 24 anos. Foram incluídos participantes de futebol, basquetebol, handebol, voleibol, taekwondo, patinação, esgrima e atletismo. Dezoito estudos

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

utilizaram intervenções com duração entre seis e 20 semanas, geralmente realizadas de três a cinco vezes por semana. Os resultados indicaram efeitos favoráveis em diferentes variáveis de desempenho esportivo, mas a variedade de modalidades, protocolos e desfechos limita a determinação de um efeito único. Essa revisão fornece suporte para o treinamento proprioceptivo como categoria própria de intervenção, não como sinônimo de treinamento descalço (Yilmaz *et al.*, 2024).

A investigação de Lyu *et al.* (2024) acrescentou outra dimensão ao demonstrar que a propriocepção pode sofrer alterações relacionadas à fadiga. O estudo examinou as respostas do tornozelo e o desempenho no salto com contramovimento antes e depois de um protocolo de deslocamentos laterais destinado a induzir fadiga. Os achados mostraram alterações na capacidade proprioceptiva e no desempenho após a tarefa fatigante. Esse resultado é relevante para a presente revisão porque evidencia que a propriocepção depende do estado neuromuscular e das demandas impostas pela atividade, não podendo ser explicada exclusivamente pela interface entre pé e solo (Lyu *et al.*, 2024).

Park *et al.* (2024) investigaram 51 futebolistas adolescentes com instabilidade funcional do tornozelo, distribuídos igualmente entre grupos de fortalecimento, equilíbrio e controle. Os dois grupos de intervenção treinaram três vezes por semana durante seis semanas. Após o período, foram observadas diferenças relacionadas à instabilidade funcional, força de dorsiflexão e inversão, equilíbrio e desempenho em testes de figura oito e saltos laterais. O escore CAIT apresentou interação significativa entre grupo e tempo ($p=0,005$), enquanto os testes de desempenho também apresentaram diferenças significativas. A população esportiva e a presença de instabilidade funcional, contudo, limitam a transferência direta desses resultados para adultos sem alterações submetidos a musculação convencional (Park *et al.*, 2024).

No estudo de Sulowska-Daszyk, Zając e Mika (2024), 55 corredores recreacionais entre 21 e 45 anos foram distribuídos entre um grupo que realizou exercícios diretos para os músculos do pé e outro que utilizou calçados minimalistas. Após oito semanas, a velocidade correspondente ao limiar de lactato aumentou em ambos, mas a mudança atingiu significância estatística somente no grupo submetido aos exercícios específicos de fortalecimento. O resultado é relevante porque demonstra que fortalecimento direcionado e exposição a calçado minimalista não produziram respostas idênticas, reforçando a necessidade de manter essas estratégias conceitualmente separadas (Sulowska-Daszyk; Zając; Mika, 2024).

A revisão de escopo de Osborne *et al.* (2025) evidenciou dificuldades relacionadas à própria prescrição dos exercícios para pé e tornozelo. Entre 1.511 documentos inicialmente identificados, 87 estudos foram incluídos e 300 exercícios diferentes foram registrados. A flexão

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

plantar correspondeu a 25% das prescrições e exercícios destinados à musculatura intrínseca representaram 16%. Três séries de dez repetições, realizadas três vezes por semana, constituíram o padrão mais frequente, porém somente 2% dos exercícios utilizaram intensidade igual ou superior a 60% de uma repetição máxima. O relato das intervenções também foi incompleto, com mediana de apenas 31% dos itens do CERT. Esses dados demonstram a ausência de padronização suficiente para definir dose ideal de treinamento do pé (Osborne *et al.*, 2025).

A publicação de Masterson, Wasserman e Gruber (2025) examinou a relação entre exposição a diferentes tipos de calçado, atividade física e força do pé ao longo da vida adulta. O estudo contribui para a hipótese de que características do uso habitual do calçado e nível de atividade podem estar relacionados à força plantar. Entretanto, trata-se de publicação breve em suplemento da *Footwear Science*, com menor detalhamento metodológico do que os ensaios completos incluídos nesta revisão. Por essa razão, seus resultados foram interpretados como evidência complementar e não como fundamento isolado para recomendações sobre treinamento descalço em academias (Masterson; Wasserman; Gruber, 2025).

Por fim, Willemse *et al.* (2026) avaliaram 33 adultos com mais de 65 anos em ensaio randomizado envolvendo um programa progressivo de 12 semanas para fortalecimento dos músculos intrínsecos do pé. Não houve diferença entre os grupos na mudança da velocidade máxima de marcha, considerada desfecho primário. O grupo intervenção, contudo, apresentou maior redução da preocupação com quedas e aumento da capacidade e força dos músculos do pé. A ausência de efeito sobre o principal desfecho demonstra que ganhos locais de força não necessariamente resultam em melhora global de todas as variáveis funcionais avaliadas (Willemse *et al.*, 2026).

Quadro 3. Síntese dos resultados segundo a modalidade de intervenção

Modalidade analisada	Evidências encontradas	Consistência observada	Relação com treinamento descalço em academia
Fortalecimento específico dos músculos do pé	Ganhos de força, função do pé e alguns desfechos de equilíbrio	Mais consistente entre os estudos incluídos	Indireta; trata-se de intervenção específica e não de simples retirada do calçado
Calçado minimalista	Ganhos de força em exposição prolongada e alterações pontuais	Variável conforme população,	Indireta; o calçado minimalista não

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

	de postura/equilíbrio	duração e desfecho	equivale a estar descalço
Treinamento sensoriomotor/proprioceptivo	Melhoras em equilíbrio, controle postural e diferentes medidas funcionais	Relativamente consistente, embora com protocolos heterogêneos	Indireta; os benefícios decorrem do treinamento sensoriomotor estruturado
Treinamento descalço propriamente dito	Evidência específica limitada entre os estudos selecionados	Insuficiente para estabelecer eficácia geral	Não permite estabelecer superioridade, dose ou protocolo para academias
Desempenho esportivo	Alguns efeitos em corrida, equilíbrio, força e tarefas funcionais	Dependente do desfecho e da população	Transferência limitada para praticantes comuns de academia

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Considerados em conjunto, os resultados não demonstraram eficácia geral do treinamento descalço em academias. As evidências mais consistentes concentraram-se no fortalecimento específico dos músculos do pé e em intervenções sensoriomotoras ou proprioceptivas estruturadas. Os estudos sobre calçado minimalista apresentaram respostas favoráveis para determinados desfechos, porém não de maneira uniforme. Também não foi identificada evidência suficiente para estabelecer que retirar o calçado, de maneira isolada, produza superioridade sobre o uso de calçado convencional em exercícios resistidos.

A heterogeneidade das populações e protocolos foi uma característica recorrente dos 15 estudos. Idosos, corredores, atletas adolescentes, adultos jovens e participantes com instabilidade funcional responderam a intervenções distintas, avaliadas por instrumentos igualmente variados. Essa diversidade amplia a compreensão dos mecanismos relacionados ao pé, equilíbrio e propriocepção, mas reduz a possibilidade de estabelecer uma estimativa única de efeito. Também impede determinar, com os estudos incluídos, dose ideal, frequência, duração ou progressão específica para uma intervenção de treinamento descalço em academia.

Outro resultado importante foi a escassez de estudos conduzidos diretamente em salas de musculação. A maior parte da produção investigou condições correlatas, como caminhada com calçados minimalistas, exercícios específicos para os músculos dos pés, programas sensoriomotores ou treinamento esportivo. Essa heterogeneidade constitui uma limitação central da literatura analisada, especialmente pela necessidade de cautela na transferência dos achados

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

para academias. Tal limitação impede que evidências indiretas sejam interpretadas como comprovação da eficácia do treinamento descalço nesse contexto.

4. DISCUSSÃO

Os resultados desta revisão indicam que o debate sobre treinamento descalço precisa ser conduzido com distinção entre diferentes estratégias que compartilham alguns fundamentos, mas não representam intervenções equivalentes. A retirada completa do calçado, o uso de calçados minimalistas, os exercícios específicos para fortalecimento dos músculos do pé e o treinamento sensoriomotor apresentam objetivos, estímulos e condições de aplicação diferentes. A literatura selecionada fornece evidências mais consistentes para algumas dessas estratégias do que para outras, o que impede atribuir ao treinamento descalço resultados observados em intervenções distintas apenas por apresentarem mecanismos biomecânicos relacionados.

Essa diferenciação é particularmente importante porque parte considerável dos estudos incluídos não investigou diretamente indivíduos realizando exercícios descalços em academias. Foram analisadas pesquisas com idosos, adultos jovens, corredores, atletas e populações com demandas funcionais específicas. Também foram encontradas intervenções envolvendo caminhada com calçados minimalistas, fortalecimento localizado, treinamento proprioceptivo e programas de equilíbrio. Embora esses estudos contribuam para compreender possíveis mecanismos envolvidos no apoio plantar e no controle motor, sua transferência para exercícios resistidos realizados em academias deve ser considerada indireta e interpretada com cautela (Willemse *et al.*, 2022; Freire; Seixas, 2024; Osborne *et al.*, 2025).

Entre os achados examinados, o fortalecimento específico dos músculos do pé apresentou uma das bases mais consistentes. Estudos envolvendo exercícios direcionados à musculatura intrínseca demonstraram possíveis ganhos de força e alterações em determinados indicadores funcionais. A revisão de Wei *et al.* (2022) reforça essa tendência ao reunir estudos sobre treinamento dos músculos intrínsecos e sua relação com função do pé e equilíbrio dinâmico. Rodrigues *et al.* (2023) também observaram respostas funcionais após intervenção direcionada ao fortalecimento do complexo plantar. Tais resultados sustentam a relevância dessa musculatura, porém não comprovam que simplesmente retirar o calçado produza adaptações equivalentes.

Essa distinção modifica a interpretação prática do tema. Um programa planejado para fortalecimento do pé estabelece exercícios, frequência, duração e progressão, enquanto o treinamento descalço descreve principalmente uma condição de execução. O fato de ambos

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

aumentarem a participação do pé não permite considerá-los intercambiáveis. A revisão de Osborne *et al.* (2025) também evidencia ampla diversidade nos exercícios destinados ao pé e tornozelo e ausência de padronização suficiente entre protocolos. Essa heterogeneidade dificulta definir uma dose ideal e reforça que não há base científica para transformar o treino descalço em substituto automático de programas específicos de fortalecimento.

O estudo anatômico e biomecânico de Kusagawa *et al.* (2023) contribui para compreender por que intervenções direcionadas ao pé podem produzir respostas distintas. Os músculos intrínsecos apresentam características estruturais diferentes e participam de funções relacionadas ao suporte, controle e produção de força. Essa organização sustenta biologicamente a hipótese de que demandas específicas podem modificar a participação muscular durante exercícios. Entretanto, a existência de uma base biomecânica plausível não constitui, isoladamente, evidência de eficácia do treinamento descalço. A plausibilidade mecânica deve ser diferenciada da demonstração experimental, especialmente quando a aplicação pretendida envolve exercícios resistidos em academias.

O uso de calçados minimalistas constitui outro núcleo importante da literatura analisada. Curtis *et al.* (2021) observaram associação entre exposição prolongada a calçados minimalistas e aumento da força do pé, enquanto Gabriel *et al.* (2024) identificaram alterações relacionadas à postura do pé e ao equilíbrio após intervenção com caminhada minimalista. Esses resultados sugerem que reduzir determinados componentes de suporte do calçado pode modificar demandas mecânicas e sensoriais. Mesmo assim, caminhar utilizando calçado minimalista não corresponde à realização de agachamentos, levantamentos ou outros exercícios completamente descalço.

Essa diferença também aparece nos resultados de Azhar, Munteanu e Menz (2023), que não identificaram superioridade uniforme do calçado minimalista sobre condições mais suportivas em todas as medidas de equilíbrio e estabilidade investigadas. O achado é relevante porque contraria a ideia de que menor interferência entre pé e superfície necessariamente melhora o controle postural. A resposta parece depender do indivíduo, da tarefa, da experiência prévia e das condições de execução. Logo, a relação entre minimalismo e estabilidade não deve ser apresentada como efeito universal, especialmente quando os resultados são transferidos para populações e exercícios diferentes daqueles originalmente estudados.

Masterson, Wasserman e Gruber (2025) também relacionaram características do uso de calçados e atividade física à força do pé ao longo da vida adulta. A publicação contribui para a hipótese de que diferentes níveis de suporte externo podem estar associados a adaptações funcionais. Entretanto, sua contribuição deve ser interpretada juntamente com os demais

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

estudos, e não como evidência independente de que o treinamento descalço seja superior ao treinamento calçado. A literatura analisada permite discutir possíveis relações entre exposição, demanda plantar e adaptação, mas permanece insuficiente para definir uma condição de calçado como universalmente mais eficiente no treinamento físico.

As intervenções sensoriomotoras constituíram outro conjunto com resultados relevantes. Freire e Seixas (2024) observaram respostas relacionadas a equilíbrio e função após programa sensoriomotor, enquanto Yilmaz *et al.* (2024), em revisão sistemática, identificaram efeitos do treinamento proprioceptivo sobre diferentes componentes do desempenho esportivo. Esses resultados demonstram que propriocepção e controle postural podem ser treinados por protocolos estruturados. Não demonstram, contudo, que retirar o calçado seja condição necessária para obter tais respostas. O treinamento sensoriomotor envolve manipulação planejada de tarefas, superfícies, equilíbrio e controle corporal, constituindo intervenção mais ampla do que a simples condição descalça.

A propriocepção também não deve ser compreendida exclusivamente a partir da sensibilidade plantar. Lyu *et al.* (2024) demonstraram que a fadiga decorrente de atividade física pode modificar respostas proprioceptivas do tornozelo e desempenho motor. Esse resultado evidencia que a capacidade de perceber e controlar a posição articular sofre influência do estado neuromuscular, das demandas anteriores e da própria tarefa executada. Na interpretação do treinamento descalço, essa constatação impede atribuir qualquer mudança de estabilidade apenas ao aumento do contato plantar, pois o controle corporal depende de diferentes sistemas atuando de maneira integrada.

Resultados obtidos em indivíduos com instabilidade funcional também ampliam essa compreensão. Park *et al.* (2024) verificaram alterações em força, equilíbrio e desempenho após treinamento específico em atletas com instabilidade de tornozelo. Embora esses achados possam auxiliar na compreensão de mecanismos relacionados ao controle postural, a população estudada apresenta características que limitam sua extrapolação para adultos sem alterações funcionais que frequentam academias. A utilização dessas evidências no presente trabalho possui caráter explicativo e comparativo, não podendo ser convertida diretamente em indicação de treinamento descalço para pessoas com instabilidade articular.

A influência sobre desempenho também apresentou resultados heterogêneos. Sulowska-Daszyk, Zając e Mika (2024) compararam exercícios para musculatura do pé e utilização de calçados minimalistas em corredores, observando respostas que não foram idênticas entre as duas estratégias. O achado reforça que modificar o calçado e fortalecer especificamente o pé são intervenções distintas. No contexto de academia, essa diferença é

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

relevante porque possíveis efeitos sobre corrida ou limiar fisiológico não permitem concluir que haverá aumento de força máxima, melhor desempenho no levantamento terra ou maior eficiência no agachamento. Esses desfechos precisariam ser avaliados diretamente.

A pesquisa de Willemse *et al.* (2026) também demonstra a necessidade de avaliar cada variável de maneira independente. Embora um programa estruturado de fortalecimento dos músculos intrínsecos tenha produzido determinadas adaptações locais e funcionais em idosos fisicamente ativos, nem todos os desfechos apresentaram diferenças entre grupos. A melhora de força do pé não implica necessariamente melhoria automática da marcha, equilíbrio ou desempenho global. Esse aspecto é central para interpretar a literatura, pois evita uma cadeia de inferências na qual fortalecimento do pé seria automaticamente convertido em maior estabilidade e, em seguida, em melhor desempenho em exercícios de academia.

No conjunto, os estudos permitem formular uma hipótese biomecânica razoável para determinados usos do treinamento descalço. Em exercícios de base estável, a menor interferência do calçado pode modificar a percepção do contato com o solo e a organização do apoio. Movimentos como agachamentos, levantamentos e tarefas unilaterais apresentam características nas quais a interface entre pé e superfície participa do controle corporal. Entretanto, os 15 estudos analisados não fornecem evidência suficiente para afirmar que a execução descalça desses exercícios seja superior à execução com calçados adequados. Sua aplicação deve ser descrita como possibilidade a ser investigada, e não como recomendação comprovada.

Quadro 4. Possíveis aplicações práticas derivadas da interpretação das evidências

Situação	Possível aplicação	Fundamentação indireta	Grau de cautela
Exercícios de base estável e baixa complexidade	Explorar percepção do contato plantar	Estudos sobre força do pé, minimalismo e controle sensoriomotor	Moderado
Exercícios unilaterais controlados	Possível estímulo adicional ao controle postural	Evidências de equilíbrio e propriocepção	Moderado a elevado
Aquecimento e exercícios específicos para os pés	Possível integração com tarefas de fortalecimento e controle	Evidências mais consistentes para fortalecimento específico	Moderado
Agachamento e levantamento com baixa ou moderada demanda	Hipótese de aplicação relacionada à percepção da base	Evidência indireta, sem comprovação específica de superioridade	Elevado

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Saltos, corrida rápida e tarefas com alto impacto	Evidência insuficiente para recomendar retirada do calçado	Estudos incluídos não sustentam segurança ou superioridade	Elevado
Ambientes com pesos livres e circulação intensa	Uso condicionado às características do espaço	Questões de segurança não avaliadas diretamente pelos estudos	Elevado

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

As aplicações descritas no Quadro 4 representam interpretações derivadas do conjunto das evidências, e não resultados experimentais diretamente demonstrados em academias. Essa diferenciação atende a uma limitação central da revisão. Não foram identificados dados suficientes para estabelecer quais exercícios deveriam ser realizados descalços, quais cargas seriam mais adequadas, quanto tempo deveria durar a adaptação ou se determinado nível de experiência modificaria o benefício. A literatura atual permite construir questões para futuras investigações e orientar uma prática conservadora, mas não sustenta protocolos específicos para musculação.

A adaptação progressiva merece atenção porque modificações na interface entre pé e superfície podem alterar a demanda mecânica sobre músculos e outras estruturas do membro inferior. Os estudos envolvendo calçados minimalistas foram conduzidos com períodos definidos de exposição, o que sugere que adaptações não devem ser presumidas como imediatas (Curtis *et al.*, 2021; Gabriel *et al.*, 2024). Para o treinamento descalço em academia, não foi possível identificar dose ideal de exposição. Qualquer utilização profissional deve considerar a resposta individual e evitar aumentos abruptos de volume, carga ou complexidade durante a transição.

Também não foi possível estabelecer um perfil universal de praticante com indicação para treinamento descalço. Pessoas treinadas e sem queixas podem apresentar condições diferentes de indivíduos com dor plantar, limitação articular ou histórico de lesões. Essa heterogeneidade torna necessária a avaliação individual, sobretudo porque os estudos selecionados incluíram populações muito diferentes. Em indivíduos com sensibilidade plantar reduzida, neuropatias ou condições que dificultem a percepção de pressão e trauma, o contato direto com o piso pode acrescentar riscos que não foram adequadamente examinados pelos estudos desta revisão.

Quadro 5. Condições que exigem maior cautela na possível aplicação do treinamento descalço

Condição observada	Implicação para a decisão profissional
Dor plantar durante ou após o exercício	Reavaliar a estratégia e evitar progressão até esclarecimento da resposta

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Redução de sensibilidade plantar ou neuropatia	Maior risco de trauma não percebido; necessidade de avaliação específica
Histórico recente de lesão no pé ou tornozelo	Exige análise individual antes da alteração da condição de calçado
Instabilidade evidente durante a tarefa	Reduzir complexidade e reconsiderar a condição descalça
Fadiga acompanhada de deterioração técnica	Interromper ou modificar a tarefa
Superfície irregular, úmida ou escorregadia	Não utilizar a condição descalça
Área com pesos, anilhas ou objetos que possam causar trauma	Priorizar proteção dos pés
Lesões cutâneas, fissuras ou ferimentos	Evitar exposição direta ao piso compartilhado

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

As questões de higiene e biossegurança constituem uma limitação adicional para a transferência dos achados ao cotidiano das academias. Pisos compartilhados apresentam contato frequente com suor, calçados, equipamentos e grande circulação de usuários. Embora os estudos incluídos tenham se concentrado principalmente em aspectos biomecânicos, funcionais e sensoriomotores, a adoção do treino totalmente descalço exige que o profissional considere limpeza do local, integridade da pele, condições da superfície e normas internas da academia. Esses fatores não foram suficientemente avaliados nas pesquisas analisadas e precisam ser tratados como componentes de segurança, não como benefícios ou riscos já quantificados pela literatura selecionada.

A proteção mecânica também precisa ser considerada. Ambientes de musculação apresentam anilhas, halteres, barras, partes metálicas dos equipamentos e movimentação constante de cargas. A retirada do calçado elimina parte da proteção contra impactos diretos, abrasões e pequenos objetos presentes no piso. Isso significa que uma possível vantagem sensorial não pode ser analisada isoladamente das condições ambientais. Em determinados exercícios ou setores da academia, a segurança física pode justificar a manutenção do calçado, independentemente de possíveis diferenças na percepção plantar.

Alguns sinais também podem orientar a interrupção de uma experiência de treino descalço. O surgimento ou aumento de dor, alteração importante do padrão técnico, desconforto persistente, parestesias, fadiga localizada excessiva, perda progressiva de estabilidade ou lesões cutâneas indicam necessidade de suspender ou modificar a tarefa. Esses critérios não constituem protocolo validado pelos estudos incluídos, mas representam parâmetros prudenciais para impedir que uma possível estratégia de treinamento seja mantida diante de sinais

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

desfavoráveis. A ausência de protocolos específicos constitui precisamente uma das lacunas identificadas nesta revisão.

A análise do conjunto também evidencia limitações metodológicas importantes. As pesquisas incluídas apresentam diferenças substanciais de população, idade, intervenção, duração, comparadores e instrumentos. Parte dos estudos possui amostras reduzidas, enquanto outros são revisões que reúnem protocolos igualmente heterogêneos. Há investigações com corredores, idosos, atletas adolescentes e indivíduos com instabilidade funcional, tornando limitada a possibilidade de generalização para adultos que frequentam academias. A diversidade dos desfechos impede estabelecer uma medida única de eficácia e reduz a possibilidade de comparação direta entre os estudos.

Outro limite diz respeito à natureza indireta de boa parte das evidências. O uso de calçado minimalista, o treinamento proprioceptivo e o fortalecimento específico do pé podem compartilhar determinados mecanismos com o treinamento descalço, porém não reproduzem exatamente a mesma intervenção. A literatura selecionada apresenta maior suporte para fortalecimento muscular e treinamento sensoriomotor do que para a retirada do calçado durante exercícios resistidos. Essa diferença precisa permanecer explícita para impedir que resultados positivos de uma intervenção sejam utilizados para sustentar conclusões mais amplas sobre outra.

A própria revisão possui limitações que devem ser consideradas na interpretação. A análise final reuniu 15 estudos, com grande heterogeneidade metodológica e predominância de evidências indiretas. Não houve protocolo previamente registrado nem aplicação de instrumento formal padronizado de risco de viés, embora características metodológicas e limitações dos artigos tenham sido consideradas qualitativamente durante a interpretação. Essas restrições reduzem a possibilidade de estabelecer níveis definitivos de certeza e reforçam o caráter exploratório e sistematizado da síntese apresentada.

Apesar dessas limitações, o conjunto das publicações permite identificar uma direção importante. Há evidências de que músculos do pé, mecanismos proprioceptivos e controle sensoriomotor participam de variáveis relevantes para o movimento humano. Também existem resultados favoráveis associados a exercícios específicos e, em determinados contextos, ao uso de calçados minimalistas. O que ainda não está estabelecido é se realizar exercícios de academia completamente descalço produz benefícios adicionais, quais indivíduos responderiam melhor, qual seria a dose adequada ou se essa condição apresenta superioridade em relação a calçados apropriados.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

A principal contribuição da discussão, portanto, não é defender ou rejeitar o treinamento descalço, mas delimitar o que a literatura permite afirmar. Os estudos analisados sustentam com maior consistência o fortalecimento específico do pé e intervenções sensoriomotoras estruturadas. O minimalismo apresenta resultados promissores em determinadas variáveis, mas heterogêneos entre estudos. Para o treinamento descalço propriamente dito em academias, permanecem lacunas relevantes relacionadas a eficácia, segurança, dose, adaptação e seleção do praticante. Sua utilização deve ser tratada como possível estratégia complementar, cuja aplicação ainda necessita de investigação experimental direta antes de recomendações amplas.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo analisou evidências recentes relacionadas ao treinamento descalço, ao uso de calçados minimalistas, ao fortalecimento específico dos músculos do pé e às intervenções sensoriomotoras, considerando possíveis relações com propriocepção, estabilidade e desempenho funcional. A análise dos 15 estudos permitiu identificar que essas estratégias compartilham alguns mecanismos biomecânicos e neuromusculares, mas não constituem intervenções equivalentes. Por esse motivo, os efeitos observados em programas de fortalecimento, treinamento proprioceptivo ou uso de calçados minimalistas não podem ser atribuídos automaticamente ao treinamento realizado completamente descalço.

Os achados mais consistentes foram observados nas intervenções direcionadas ao fortalecimento específico dos músculos do pé e nos programas sensoriomotores ou proprioceptivos. Essas abordagens apresentaram resultados favoráveis em determinados indicadores de força, equilíbrio, controle postural e função. Os estudos envolvendo calçados minimalistas também mostraram alterações positivas em algumas variáveis, especialmente força do pé, postura e equilíbrio, embora os efeitos tenham variado entre populações, protocolos e instrumentos de avaliação. Esse conjunto de resultados não permite estabelecer uma resposta uniforme para todas as condições investigadas.

Em relação especificamente ao treinamento descalço em academias, não foi identificada evidência suficiente para comprovar sua eficácia geral ou superioridade em comparação ao treinamento realizado com calçados apropriados. Grande parte das pesquisas analisadas envolveu corredores, idosos, atletas, indivíduos com alterações funcionais, caminhada com calçados minimalistas ou exercícios específicos para os músculos dos pés. A utilização desses resultados para interpretar situações de musculação deve ser considerada indireta, o que limita

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

conclusões sobre exercícios como agachamento, levantamento terra, avanços ou tarefas unilaterais realizados sem calçado.

Também não foi possível estabelecer, a partir dos estudos incluídos, protocolos específicos de treinamento descalço quanto à duração, frequência, intensidade, progressão, volume ou período de adaptação. Da mesma maneira, as evidências disponíveis não permitem determinar quais perfis de praticantes apresentam maior benefício, qual condição de calçado seria superior ou quais níveis de exposição poderiam ser considerados seguros. A heterogeneidade das amostras, dos métodos e dos desfechos reforça a necessidade de evitar prescrições generalizadas baseadas apenas na existência de possíveis mecanismos biomecânicos favoráveis.

No contexto profissional, o treinamento descalço pode ser compreendido como uma possibilidade complementar cuja aplicação requer avaliação individual e análise das características da tarefa. A interpretação das evidências sugere maior cautela em situações que envolvam dor plantar, instabilidade, alterações de sensibilidade, neuropatias, lesões prévias ou dificuldade de controle motor. As condições do ambiente também devem ser consideradas, incluindo limpeza do piso, presença de umidade, circulação de pessoas, pesos livres e objetos capazes de causar trauma direto. Tais aspectos são relevantes porque segurança e biossegurança não foram avaliadas de maneira suficiente nos estudos selecionados.

A ocorrência de dor crescente, parestesia, desconforto persistente, perda de estabilidade, deterioração evidente da técnica, fadiga localizada excessiva ou lesões cutâneas deve justificar a interrupção ou reavaliação da prática. Esses critérios não representam um protocolo validado para treinamento descalço, mas constituem parâmetros prudenciais diante da ausência de evidências que permitam estabelecer recomendações universais. A atuação do profissional de Educação Física precisa considerar as respostas individuais e evitar que uma estratégia potencialmente útil seja aplicada sem compatibilidade com o objetivo, o praticante ou as condições ambientais.

Entre as limitações desta revisão estão o número restrito de estudos incluídos, a heterogeneidade metodológica, a diversidade de populações e a predominância de evidências indiretas para o contexto das academias. Também não houve registro prévio de protocolo nem aplicação de instrumento formal padronizado para avaliação do risco de viés. Essas características limitam a possibilidade de estabelecer níveis definitivos de certeza sobre os efeitos encontrados e exigem que os resultados sejam interpretados como uma síntese crítica das evidências disponíveis, e não como comprovação de eficácia de um protocolo específico.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Pesquisas futuras devem priorizar ensaios experimentais diretamente realizados em academias, comparando treinamento descalço, calçados minimalistas e calçados convencionais em condições padronizadas. Estudos com adultos iniciantes e treinados poderiam avaliar exercícios como agachamento, levantamento terra e tarefas unilaterais, incluindo medidas de força, estabilidade, ativação muscular, controle postural, percepção plantar, desempenho técnico e ocorrência de eventos adversos. Investigações longitudinais também são necessárias para determinar possíveis doses, progressões, períodos de adaptação e critérios de segurança capazes de sustentar recomendações profissionais mais precisas.

REFERÊNCIAS

AZHAR, A. N.; MUNTEANU, S. E.; MENZ, H. B. Effects of supportive and minimalist footwear on standing balance and walking stability in older women. **Journal of Foot and Ankle Research**, London, v. 16, p. 38, 2023. Disponível em: https://doi.org/10.1186/s13047-023-00634-y. Acesso em: 5 jun. 2026.

CURTIS, R.; WILLEMS, C.; PAOLETTI, P.; D'AOÛT, K. Daily activity in minimal footwear increases foot strength. **Scientific Reports**, London, v. 11, p. 18648, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.1038/s41598-021-98070-0. Acesso em: 12 jun. 2026.

FREIRE, I.; SEIXAS, A. Effectiveness of a sensorimotor exercise program on proprioception, balance, muscle strength, functional mobility and risk of falls in older people. **Frontiers in Physiology**, Lausanne, v. 15, p. 1309161, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.3389/fphys.2024.1309161. Acesso em: 19 jun. 2026.

GABRIEL, A.; FUCHS, K.; HALLER, B.; SULOWSKA-DASZYK, I.; HORSTMANN, T.; KONRAD, A. A four-week minimalist shoe walking intervention influences foot posture and balance in young adults: a randomized controlled trial. **PLoS ONE**, San Francisco, v. 19, n. 6, p. e0304640, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0304640. Acesso em: 27 jun. 2026.

KUSAGAWA, Y.; KURIHARA, T.; MAEO, S.; SUGIYAMA, T.; KANEHISA, H.; ISAKA, T. A classification of the plantar intrinsic foot muscles based on the physiological cross-sectional area and muscle fiber length in healthy young adult males. **Journal of Foot and Ankle Research**, London, v. 16, p. 75, 2023. Disponível em: https://doi.org/10.1186/s13047-023-00676-2. Acesso em: 4 jul. 2026.

LYU, M.; CHEN, Z.; TANG, R.; DING, L.; DENG, S.; ADAMS, R.; HAN, J.; LI, Y. Lateral shuffle-induced fatigue effects on ankle proprioception and countermovement jump performance. **Journal of Sports Science and Medicine**, Bursa, v. 23, n. 2, p. 418-424, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.52082/jssm.2024.418. Acesso em: 11 jul. 2026.

MASTERSON, C. M.; WASSERMAN, M. G.; GRUBER, A. H. Effects of footwear and physical activity on foot strength throughout adulthood. **Footwear Science**, London, v. 17, supl. 1, p. S15-S16, 2025. Disponível em: https://doi.org/10.1080/19424280.2025.2489683. Acesso em: 18 jul. 2026.

OSBORNE, J. W. A.; MENZ, H. B.; WHITTAKER, G. A.; COTCHETT, M.; LANDORF, K. B. Muscle strengthening exercises for the foot and ankle: a scoping review exploring adherence to best practice for optimizing musculoskeletal health. **Journal of Foot and Ankle Research**,

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

London, v. 18, n. 2, p. e70040, 2025. Disponível em: https://doi.org/10.1002/jfa2.70040. Acesso em: 24 jul. 2026.

PARK, H. S.; OH, J. K.; KIM, J. Y.; YOON, J. H. The effect of strength and balance training on kinesiophobia, ankle instability, function, and performance in elite adolescent soccer players with functional ankle instability: a prospective cluster randomized controlled trial. **Journal of Sports Science and Medicine**, Bursa, v. 23, p. 593-602, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.52082/jssm.2024.593. Acesso em: 30 jul. 2026.

RODRIGUES, M. M.; BORGES JUNIOR, D. C.; OLIVEIRA, L. V.; CABREIRA, M. T.; SILVEIRA, M. F.; HENTSCHKE, V. S. Intrinsic foot strengthening and electrostimulation in older adults: randomized clinical trial. **Fisioterapia em Movimento**, Curitiba, v. 36, p. e36127, 2023. Disponível em: https://doi.org/10.1590/fm.2023.36127. Acesso em: 4 ago. 2026.

SULOWSKA-DASZYK, I.; ZAJĄC, B.; MIKA, A. The influence of foot muscles exercises and minimalist shoes on lactate threshold velocity in long-distance amateur runners: a randomized controlled trial. **Scientific Reports**, London, v. 14, p. 16496, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.1038/s41598-024-67525-5. Acesso em: 8 ago. 2026.

WEI, Z.; ZENG, Z.; LIU, M.; WANG, L. Effect of intrinsic foot muscles training on foot function and dynamic postural balance: a systematic review and meta-analysis. **PLoS ONE**, San Francisco, v. 17, n. 4, p. e0266525, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0266525. Acesso em: 13 ago. 2026.

WILLEMSE, L.; WOUTERS, E. J. M.; BRONTS, H. M.; PISTERS, M. F.; VANWANSEELE, B. The effect of interventions anticipated to improve plantar intrinsic foot muscle strength on fall-related dynamic function in adults: a systematic review. **Journal of Foot and Ankle Research**, London, v. 15, p. 3, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.1186/s13047-021-00509-0. Acesso em: 17 ago. 2026.

WILLEMSE, L.; WOUTERS, E. J. M.; PISTERS, M. F.; VANWANSEELE, B. Effects of a 12-week intrinsic foot muscle strengthening program (STIFF) on gait, balance and concerns about falling in physically active older adults: an assessor-blinded randomized-controlled trial. **Gait & Posture**, Amsterdam, v. 123, p. 110018, 2026. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2025.110018. Acesso em: 21 ago. 2026.

YILMAZ, O.; SOYLU, Y.; ERKMEN, N.; KAPLAN, T.; BATALIK, L. Effects of proprioceptive training on sports performance: a systematic review. **BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation**, London, v. 16, p. 149, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.1186/s13102-024-00936-z. Acesso em: 25 ago. 2026.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.