EFEITOS DA FOTOBIOMODULAÇÃO NA RECUPERAÇÃO NEUROMUSCULAR PÓS-EXERCÍCIO: UMA REVISÃO INTEGRATIVA DA LITERATURA

EFFECTS OF PHOTOBIOMODULATION ON POST-EXERCISE NEUROMUSCULAR RECOVERY: AN INTEGRATIVE LITERATURE REVIEW

Ananda Almeida Santana Ribeiro1

Resumo: A recuperação neuromuscular pós o exercício físico vem sendo sido amplamente investigada nas áreas da fisioterapia esportiva e desempenho humano, especialmente devido ao forte impacto da fadiga muscular e do dano tecidual sobre a performance física. Neste contexto, a fotobiomodulação (PBMT), comumente conhecida como laserterapia de baixa intensidade, vem sendo utilizada como uma das estratégias terapêuticas para potencializar a recuperação muscular, reduzir a dor e modular processos inflamatórios provenientes do exercício físico intenso. O presente artigo teve como objetivo analisar os efeitos da fotobiomodulação na recuperação neuromuscular pós-exercício por meio de uma revisão integrativa da literatura. A busca dos estudos foi realizada nas bases de dados PubMed, SciELO, PEDro e Scopus, utilizando os descritores “Photobiomodulation”, “Low-Level Laser Therapy”, “Muscle Recovery”, “Exercise” e “Neuromuscular Performance”, combinados pelo operador booleano AND. Foram incluídos artigos publicados entre 2020 e 2026, disponíveis na íntegra, nos idiomas português, inglês e espanhol. Os estudos analisados demonstraram que a PBMT apresenta efeitos benéficos na redução da dor muscular tardia, melhora da recuperação funcional, diminuição da fadiga muscular e manutenção do desempenho neuromuscular pós-exercícios de alta intensidade. No entanto, observou-se forte heterogeneidade nos protocolos utilizados, especialmente no que se refere à dose energética, comprimento de onda e tempo de aplicação. Conclui-se que a fotobiomodulação apresenta potencial terapêutico relevante na recuperação neuromuscular pós-exercício, embora sejam necessários estudos adicionais para padronização dos protocolos clínicos utilizados.

Palavras-chave: Fotobiomodulação. Recuperação Muscular. Laser Terapêutico. Exercício Físico. Performance Física.

Abstract: Neuromuscular recovery after physical exercise has been extensively investigated in the areas of sports physiotherapy and human performance, especially due to the strong impact of muscle fatigue and tissue damage on physical performance. In this context, photobiomodulation (PBMT), commonly known as low-level laser therapy, has been used as one of the therapeutic strategies to enhance muscle recovery, reduce pain, and modulate inflammatory processes resulting from intense physical exercise. This article aimed to analyze the effects of photobiomodulation on post-exercise neuromuscular recovery through an integrative literature review. The search for studies was conducted in the PubMed, SciELO, PEDro, and Scopus databases, using the descriptors "Photobiomodulation," "Low-Level Laser Therapy," "Muscle Recovery," "Exercise," and "Neuromuscular Performance," combined with the Boolean operator AND. Articles published between 2020 and 2026, available in full text, in Portuguese, English, and Spanish were included. The studies analyzed demonstrated that PBMT (photobiomodulation) has beneficial effects in reducing delayed onset muscle soreness, improving functional recovery, decreasing muscle fatigue, and maintaining neuromuscular performance after high-intensity exercise. However, strong heterogeneity was observed in the protocols used, especially regarding energy dose, wavelength, and application time. It is concluded that photobiomodulation presents relevant therapeutic potential in post-exercise neuromuscular recovery, although further studies are needed to standardize the clinical protocols used.

Keywords: Photobiomodulation. Muscle recovery. Therapeutic laser. Physical exercise. Physical performance.

INTRODUÇÃO

A fotobiomodulação (PBMT), também conhecida como laserterapia de baixa intensidade, constitui uma intervenção terapêutica não invasiva baseada na aplicação de luz em comprimentos de onda específicos com o objetivo de modular processos biológicos em tecidos vivos. Essa tecnologia tem sido amplamente estudada no campo da fisioterapia e da medicina esportiva devido ao seu potencial de influenciar processos celulares como metabolismo energético, inflamação e reparo tecidual. Segundo Hamblin (2017), a PBMT atua principalmente por meio da absorção da luz por cromóforos mitocondriais, especialmente a citocromo c oxidase, promovendo aumento da síntese de ATP e regulação do estresse oxidativo celular.

Nas últimas décadas, a aplicação da fotobiomodulação expandiu-se significativamente no contexto da recuperação muscular e do desempenho físico, especialmente em indivíduos submetidos a exercícios de alta intensidade. Estudos experimentais demonstram que a PBMT pode modular processos associados ao dano muscular induzido pelo exercício, reduzindo marcadores inflamatórios e acelerando a recuperação funcional (Ferraresi et al., 2012; Leal-Junior et al., 2015). Esses achados consolidam a técnica como uma estratégia favorável dentro das ciências do esporte, sobretudo no manejo da fadiga e da dor muscular tardia.

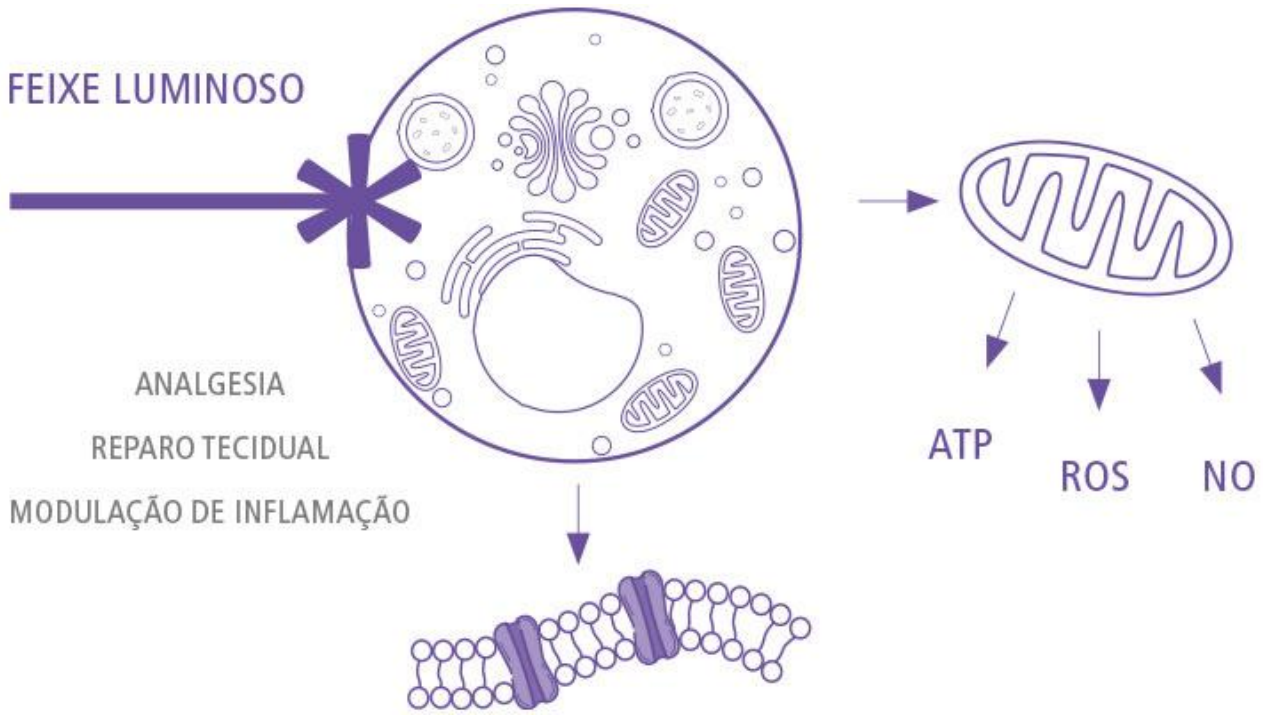


Figura 1: Reações teciduais da terapia de fotobiomodulação.
Fonte: Google Imagens, 2026.

A recuperação neuromuscular pós-exercício é um componente importante para a manutenção do desempenho esportivo e prevenção de lesões. Após esforços físicos intensos, especialmente aqueles de caráter excêntrico, ocorre microlesão das fibras musculares, ativação de respostas inflamatórias e aumento de biomarcadores como creatina quinase (CK) e interleucina-6 (IL-6), caracterizando o chamado exercício-induced muscle damage (EIMD) (Clarkson & Hubal, 2002; Nosaka & Clarkson, 2006). Essas alterações estão diretamente relacionadas à redução temporária da força muscular, ao aumento da dor muscular tardia (DOMS) e à limitação funcional.

Nesse contexto, a PBMT tem sido investigada como recurso ergogênico e terapêutico capaz de atenuar tais efeitos deletérios. Evidências sugerem que sua aplicação pré ou pós-exercício pode reduzir a intensidade da DOMS, preservar o desempenho muscular e acelerar a recuperação da força máxima (Leal-Junior et al., 2016; Vanin et al., 2018). Esses efeitos são atribuídos à modulação da resposta inflamatória, melhora da microcirculação local e incremento do metabolismo energético celular.

Apesar dos avanços observados, a literatura ainda apresenta resultados heterogêneos quanto à eficácia da fotobiomodulação na recuperação neuromuscular. Tal inconsistência está fortemente associada à variabilidade metodológica entre os estudos, incluindo diferenças no comprimento de onda, dose energética (J/cm²), potência dos dispositivos, tempo de aplicação e número de pontos irradiados. Essa ausência de padronização compromete a comparabilidade dos achados e dificulta a consolidação de protocolos clínicos universais (Cotler et al., 2015; Sheff et al., 2020).

Além disso, outro ponto de debate na literatura refere-se ao próprio entendimento do papel da PBMT como intervenção ergogênica ou terapêutica. Enquanto alguns estudos a posicionam como recurso capaz de melhorar diretamente o desempenho físico, outros a associam prioritariamente à aceleração dos processos de recuperação muscular, sem efeitos significativos sobre a performance aguda. Essa dualidade reforça a necessidade de investigações mais robustas, com delineamentos experimentais rigorosos e controle adequado de variáveis.

Diante desse cenário, torna-se evidente a importância de compreender de forma sistemática os efeitos da fotobiomodulação na recuperação neuromuscular pós-exercício, bem como as limitações associadas à sua aplicação clínica. A ausência de consenso científico e a diversidade de protocolos utilizados justificam a realização de revisões integrativas que possibilitem sintetizar criticamente as evidências disponíveis.

Assim, o presente estudo tem como objetivo analisar os efeitos da fotobiomodulação na recuperação neuromuscular pós-exercício por meio de uma revisão integrativa da literatura. Busca-se ainda: (i) identificar os principais desfechos relacionados à dor muscular tardia, fadiga e desempenho neuromuscular; (ii) comparar os diferentes protocolos de aplicação utilizados nos estudos; e (iii) discutir as limitações metodológicas e implicações clínicas da PBMT no contexto da fisioterapia esportiva.

METODOLOGIA

O presente estudo caracteriza-se como uma revisão integrativa de literatura sistematizada, de abordagem qualitativa, natureza descritiva e caráter exploratório, desenvolvida com o objetivo de analisar criticamente a eficácia da fotobiomodulação (PBMT) na recuperação neuromuscular pós-exercício físico. A escolha desse delineamento metodológico fundamenta-se na necessidade de proporcionar um entendimento abrangente dos efeitos dessa terapia, reunindo, organizando e interpretando as evidências científicas disponíveis sobre os mecanismos envolvidos e os resultados obtidos, além de embasar a hipótese de que a fotobiomodulação possui efeitos positivos na recuperação neuromuscular, aliviando a dor muscular tardia (DOMS) e a fadiga muscular.

A revisão foi conduzida seguindo princípios metodológicos que visam garantir rigor e transparência. Para tanto, foram estabelecidos critérios rigorosos de inclusão e exclusão, além de uma análise crítica das experimentações existentes para verificar a consistência e a validade dos dados reportados. Buscou-se considerar a variabilidade que permeia os estudos existentes, uma vez que diferentes intensidades, durações e frequências na aplicação da PBMT podem influenciar os resultados observados.

A busca bibliográfica foi realizada em bases de dados acadêmicas reconhecidas pela sua relevância e abrangência, sendo elas PubMed, Scopus e Web of Science. Para a construção da estratégia de busca, foram utilizadas palavras-chave pertinentes, tais como: "fotobiomodulação", "recuperação muscular", "dor muscular tardia" e "PBMT", entre outras. Essa abordagem permitiu a identificação de estudos relevantes para a temática investigada.

Inicialmente, a seleção de artigos que compõem a revisão baseou-se em critérios rigorosos de inclusão, garantindo que apenas estudos relevantes e de qualidade fossem considerados. Foram incluídos estudos publicados em periódicos revisados por pares, datados de 2020 a 2026. Esse recorte temporal foi estabelecido para englobar as mais recentes evidências sobre a aplicação da PBMT no contexto esportivo, um período de crescente interesse na área.

Os critérios de inclusão também consideraram a diversidade de modalidades esportivas e parâmetros dos protocolos de fotobiomodulação aplicados. Foram selecionados estudos que avaliassem a recuperação de atletas após exercícios de alta intensidade, focando em resultados como diminuição da dor muscular tardia (DOMS) e melhora do desempenho neuromuscular. A compreensão dessa variabilidade é essencial para a padronização de protocolos na prática clínica.

Por outro lado, foram excluídos estudos que abordassem a fotobiomodulação em condições patológicas não relacionadas ao exercício ou que não apresentassem resultados quantitativos mensuráveis acerca da recuperação neuromuscular. Adicionalmente, foram desconsiderados relatos de casos e estudos com amostras reduzidas, uma vez que o tamanho da amostra pode influenciar a validade externa dos resultados. A avaliação crítica desses critérios foi essencial para garantir que a análise abrangesse somente investigações que oferecessem evidências significativas e robustez metodológica.

Em suma, os critérios de inclusão e exclusão adotados na presente revisão integrativa visam assegurar a consistência e a qualidade dos estudos selecionados, contribuindo assim para uma compreensão mais clara e informada sobre os impactos da fotobiomodulação na recuperação neuromuscular pós-exercício físico. A metodologia adotada permitiu uma análise sistematizada dos achados da literatura, considerando a variabilidade dos protocolos e a necessidade de padronização para maximizar os efeitos positivos da terapia.

O processo de seleção foi realizado em etapas sucessivas: leitura de títulos, análise de resumos e avaliação dos textos completos. A triagem foi guiada por critérios previamente definidos para minimizar vieses. A avaliação da qualidade metodológica dos artigos considerou critérios como rigor metodológico, consistência e validade dos dados reportados.

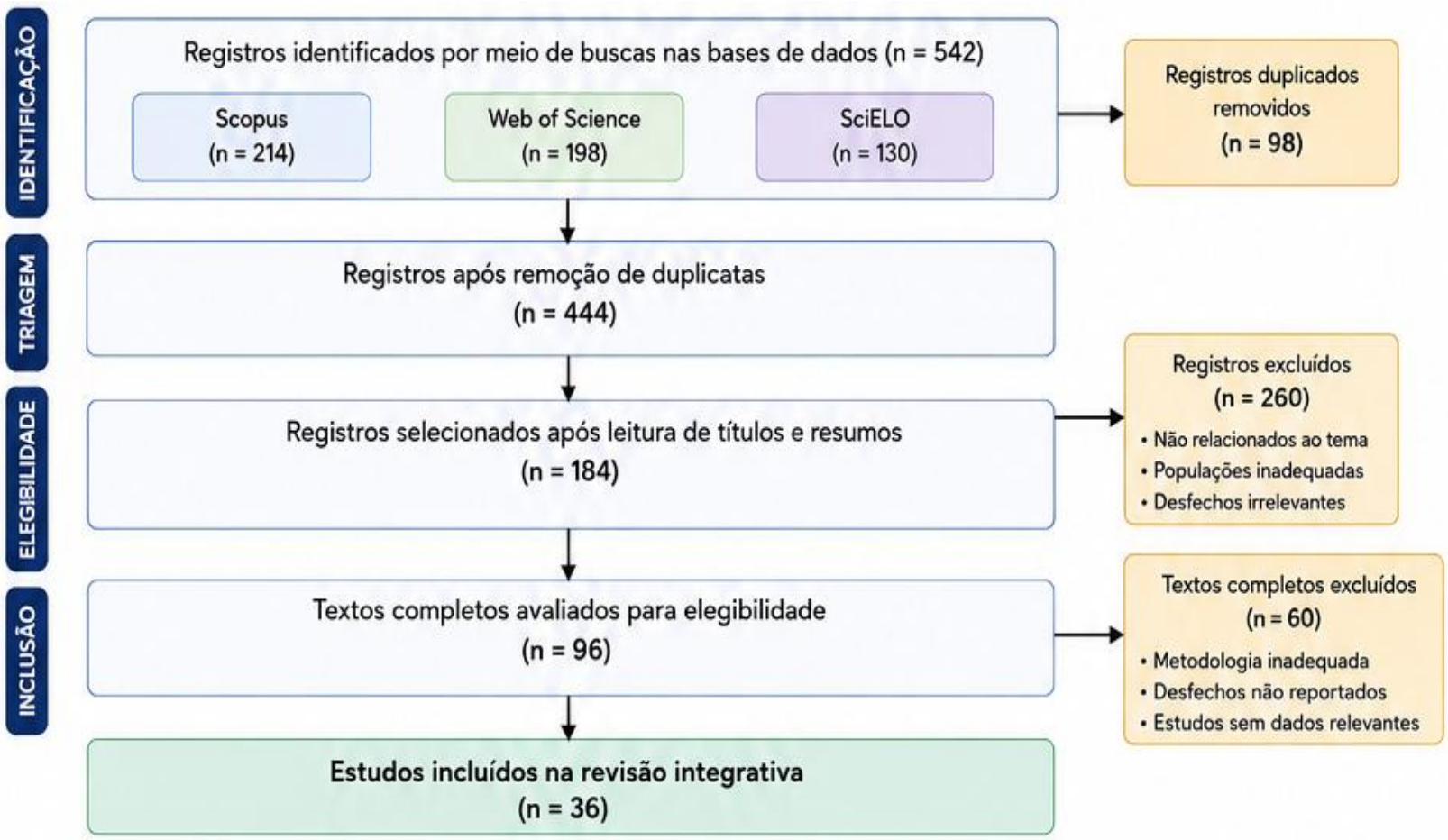


Figura 2: Processo de seleção dos estudos.
Fonte: Própria Autora, 2026.

A síntese dos dados ocorreu mediante a análise dos achados da literatura, com ênfase na compreensão dos efeitos da PBMT na redução da DOMS e da fadiga muscular, bem como na melhoria do desempenho físico. Uma atenção especial foi dada à variabilidade dos protocolos de aplicação da fotobiomodulação (como intensidade, duração e frequência da luz), destacando a necessidade de padronização para maximizar a eficácia e replicabilidade dos resultados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A fotobiomodulação (PBMT) tem sido atualmente investigada como estratégia terapêutica e ergogênica no contexto da recuperação neuromuscular pós-exercício. Evidências provenientes de ensaios clínicos randomizados e revisões sistemáticas indicam efeitos consistentes na redução do dano muscular induzido pelo exercício, atenuação da dor muscular tardia (DOMS) e melhora de parâmetros de desempenho físico, embora com magnitude de efeito dependente do protocolo aplicado e do nível de treinamento dos indivíduos (Leal-Junior et al., 2018; Vanin et al., 2018; Ferraresi et al., 2020).

Meta-análises recentes reforçam que a aplicação pré-exercício da PBMT está associada a melhorias significativas na força muscular máxima, endurance e tempo até a exaustão, além de redução de biomarcadores de dano muscular como creatina quinase (CK) e lactato desidrogenase (LDH) (De Marchi et al., 2022; Spadaccini et al., 2023). Esses achados sugerem que a PBMT atua como modulador da resposta ao estresse excêntrico, com maior consistência quando aplicada previamente à carga mecânica.

Revisões sistemáticas publicadas em periódicos de alto impacto, como Lasers in Medical Science, indicam que os efeitos ergogênicos da PBMT são mais evidentes quando protocolos seguem maior rigor metodológico e padronização dos parâmetros de aplicação, especialmente energia por ponto e densidade de potência (Hamblin, 2017; Leal-Junior et al., 2018). Ainda assim, a heterogeneidade dos estudos permanece como fator limitante na consolidação de recomendações clínicas universais.

Do ponto de vista mecanístico, os efeitos da PBMT são atribuídos principalmente à absorção da luz por cromóforos mitocondriais, especialmente a citocromo c oxidase, promovendo aumento da síntese de ATP, liberação de óxido nítrico e modulação do estresse oxidativo intracelular (Hamblin, 2017; Karu, 2010). Esses eventos ativam cascatas de sinalização redox-dependentes que influenciam expressão gênica relacionada à reparação tecidual e adaptação celular ao estresse fisiológico.

Além disso, evidências experimentais sugerem que a PBMT pode estimular a biogênese mitocondrial e melhorar a eficiência do acoplamento oxidativo, resultando em maior tolerância ao esforço físico e redução da fadiga periférica (Ferraresi et al., 2020; De Marchi et al., 2022). Esse mecanismo é particularmente relevante em esportes de endurance e protocolos de alta intensidade intermitente.

A redução da dor muscular tardia (DOMS) é um dos desfechos mais consistentemente relatados na literatura. Ensaios clínicos controlados demonstram redução significativa da percepção de dor entre 24 e 72 horas após exercícios excêntricos quando a PBMT é aplicada em grandes grupos musculares (Vanin et al., 2018; Ferraresi et al., 2020). Esse efeito está associado à modulação da resposta inflamatória aguda e à

redução da sensibilização nociceptiva periférica.

Adicionalmente, estudos indicam que a PBMT pode melhorar a microcirculação local, favorecendo remoção de metabólitos inflamatórios e redução de edema intersticial, o que acelera o processo de reparo tecidual (Hamblin, 2017; Leal-Junior et al., 2016). Esses efeitos vasculares complementam sua ação anti-inflamatória e contribuem para recuperação funcional mais rápida.

A nível neuromuscular, há evidências de que a PBMT pode influenciar o acoplamento excitação-contração por meio da modulação do manejo de cálcio no retículo sarcoplasmático, contribuindo para manutenção da força e redução da fadiga periférica (Karu, 2010; Ferraresi et al., 2020). Esse mecanismo fornece base fisiológica para os efeitos observados em testes de força máxima e resistência muscular.

Ademais, a literatura recente tem reforçado que a eficácia da PBMT pode ser fortemente influenciada pela distribuição espacial da irradiação sobre o tecido muscular. Estudos apontam que a aplicação em múltiplos pontos anatômicos ao longo do ventre muscular tende a gerar respostas mais consistentes quando comparada à aplicação em pontos únicos, provavelmente devido à maior uniformidade da densidade de energia entregue ao tecido-alvo (Leal-Junior et al., 2018; Cotler et al., 2015). Esse achado sugere que a geometria de aplicação é um fator crítico frequentemente subestimado nos protocolos clínicos e experimentais.

Além do efeito analgésico, observa-se impacto relevante sobre a performance neuromuscular. Estudos experimentais demonstram preservação da força isométrica máxima, maior número de repetições até a falha e melhora da potência muscular em indivíduos submetidos à PBMT em comparação ao placebo (Leal-Junior et al., 2016; Vanin et al., 2018). Esses resultados sustentam sua aplicação tanto em recuperação quanto como intervenção ergogênica.

Meta-análises recentes reforçam que a PBMT melhora significativamente desempenho físico e recuperação pós-exercício, com efeitos mais consistentes em protocolos aplicados antes da atividade física (Spadaccini et al., 2023; Li et al., 2024). No entanto, os autores destacam elevada heterogeneidade metodológica entre os estudos, o que limita a robustez das conclusões.

Análises de subgrupos indicam que indivíduos altamente treinados apresentam menor magnitude de resposta à PBMT quando comparados a indivíduos recreacionais, possivelmente devido à maior eficiência mitocondrial basal e menor margem para adaptação fisiológica adicional (Ferraresi et al., 2020; De Marchi et al., 2022). Isso sugere que o nível de treinamento atua como importante moderador da resposta terapêutica.

Um dos principais fatores responsáveis pela inconsistência dos resultados é a variabilidade metodológica dos protocolos de PBMT, incluindo diferenças em comprimento de onda (630–904 nm), densidade de energia, potência e tempo de aplicação (Cotler et al., 2015; Leal-Junior et al., 2018). Essa heterogeneidade compromete a comparabilidade entre estudos e dificulta síntese por meta-análise.

Como também, a resposta bifásica descrita pela Lei de Arndt-Schulz sugere que tanto subdosagem quanto superdosagem podem reduzir os efeitos biológicos da PBMT, indicando a existência de uma janela terapêutica ótima ainda não totalmente estabelecida (Vanin et al., 2018; Hamblin, 2017).

Outro fator crítico refere-se à baixa adesão às diretrizes da *World Association for Photobiomodulation Therapy* (WALT), o que contribui para variabilidade dos resultados e dificulta reprodutibilidade entre estudos clínicos e experimentais (Leal-Junior et al., 2018).

A resposta à PBMT também é influenciada por fatores biológicos individuais, incluindo composição de fibras musculares, idade, sexo e nível de treinamento. Evidências recentes indicam ainda possível influência genética e epigenética sobre a responsividade mitocondrial à luz, o que pode explicar parte da variabilidade interindividual observada (Ferraresi et al., 2020; Hamblin, 2017).

Além disso, estudos sugerem que a PBMT pode exercer efeitos sistêmicos, com modulação de citocinas inflamatórias circulantes e redução de marcadores de estresse oxidativo sistêmico, reforçando seu papel como intervenção fisiológica integrada e não apenas local (Hamblin, 2017; De Marchi et al., 2022).

Outro aspecto emergente na literatura refere-se ao potencial da PBMT em modular marcadores de estresse oxidativo sistêmico, como malondialdeído (MDA) e capacidade antioxidante total, especialmente após protocolos de exercício extenuante. Evidências experimentais indicam que a PBMT pode atuar na redução do desequilíbrio redox induzido pelo exercício, favorecendo um ambiente celular mais estável para recuperação muscular (Hamblin, 2017; De Marchi et al., 2022). Esse efeito antioxidante sistêmico pode representar um dos principais mecanismos subjacentes à aceleração da recuperação funcional observada em alguns ensaios clínicos.

Estratégias multimodais de recuperação, como associação da PBMT com crioterapia, eletroestimulação ou intervenções nutricionais, têm sido propostas, embora evidências atuais ainda sejam inconclusivas quanto à existência de sinergia real entre essas abordagens (Vanin et al., 2018; Spadaccini et al., 2023).

E ainda, investigações recentes apontam para possíveis efeitos cumulativos da PBMT em protocolos de treinamento contínuo, embora ainda não esteja claro se ocorre adaptação crônica ao estímulo fotobiomodulador ou se os efeitos permanecem predominantemente agudos (De Marchi et al., 2022).

Por fim, a tradução clínica da PBMT ainda depende da consolidação de protocolos individualizados, uma vez que fatores como fototipo cutâneo, espessura do tecido adiposo subcutâneo e nível de condicionamento físico podem interferir na penetração e absorção da luz terapêutica. Essa variabilidade biológica reforça a necessidade de modelos de prescrição mais personalizados, baseados em parâmetros fisiológicos e não apenas em protocolos fixos, alinhando-se às recomendações mais recentes de padronização internacional em fotobiomodulação (Hamblin, 2017; Leal-Junior et al., 2018).

Do ponto de vista translacional, a PBMT também vem sendo estudada em contextos clínicos além do esporte, incluindo reabilitação musculoesquelética e manejo de dor crônica, ampliando seu potencial de aplicação terapêutica (Hamblin, 2017; Ferraresi et al., 2020).

Por fim, apesar do crescente corpo de evidências, a PBMT ainda apresenta limitações importantes relacionadas à heterogeneidade metodológica, ausência de padronização e lacunas sobre efeitos crônicos. Ensaios clínicos multicêntricos, com controle rigoroso de dosimetria e estratificação populacional, são necessários para consolidação da evidência de alto nível (Leal-Junior et al., 2018; Spadaccini et al., 2023).

Em síntese, a fotobiomodulação configura-se como uma intervenção promissora para otimização da recuperação neuromuscular e desempenho físico, com base mecanística sólida e evidências clínicas crescentes, embora ainda dependente de padronização metodológica para plena consolidação como ferramenta baseada em evidências.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados desta revisão demonstraram que a fotobiomodulação (PBMT) pode ser considerada uma estratégia valiosa na recuperação neuromuscular pós-exercício, impactando positivamente o desempenho físico de atletas. Verificou-se que a PBMT contribui significativamente para a diminuição da dor muscular tardia (DOMS) e da fadiga muscular, fatores críticos para a manutenção da capacidade atlética, bem como para a melhora da recuperação funcional e do desempenho neuromuscular.

Contudo, a análise dos protocolos utilizados evidenciou uma considerável variabilidade entre as intervenções, como intensidade e duração do laser, o que pode influenciar os resultados obtidos e dificultar a comparação entre estudos. Tal fenômeno torna-se particularmente preocupante diante da necessidade de padronização para garantir a eficácia e a reprodutibilidade dos efeitos observados, considerando também a individualidade biológica dos atletas.

Além disso, os achados reforçam a necessidade de fortalecimento das diretrizes clínicas para a aplicação da PBMT, bem como da efetivação de estratégias que ampliem o conhecimento sobre os mecanismos subjacentes aos seus efeitos. Ressalta-se, inclusive, a importância da atuação integrada entre pesquisadores e profissionais da saúde na busca por protocolos mais consistentes e aplicáveis em contextos esportivos.

Por fim, conclui-se que a fotobiomodulação representa um fenômeno complexo e promissor na recuperação neuromuscular, diretamente relacionado às transformações contemporâneas nas abordagens de reabilitação e melhora do desempenho. Dessa forma, recomenda-se o desenvolvimento de novas pesquisas futuras que investiguem os impactos clínicos e fisiológicos da PBMT com protocolos padronizados, contribuindo para a formulação de intervenções preventivas e estratégias de recuperação mais eficazes voltadas à proteção da saúde muscular e ao aprimoramento atlético.

REFERÊNCIAS

COTLER, H. B. et al. The use of low level laser therapy (LLLT) for musculoskeletal pain. PM&R, v. 7, n. 4, p. 361–370, 2015.

DE MARCHI, T. et al. Photobiomodulation therapy and exercise-induced muscle damage: systematic review and meta-analysis. Antioxidants, v. 11, n. 9, p. 1671, 2022. https://doi.org/10.3390/antiox11091671

FERRARESI, C. et al. Photobiomodulation in human muscle tissue: an advantage in sports performance? Journal of Biophotonics, v. 9, n. 11–12, p. 1273–1299, 2016.

FERRARESI, C. Use of photobiomodulation therapy in exercise performance enhancement and postexercise recovery: true or myth? Photobiomodulation, Photomedicine, and Laser Surgery, v. 38, n. 12, 2020.

HAMBLIN, M. R. Mechanisms and applications of the anti-inflammatory effects of photobiomodulation. AIMS Biophysics, v. 4, n. 3, p. 337–361, 2017.

KARU, T. I. Mitochondrial signaling in mammalian cells activated by red and near-infrared radiation. Photochemistry and Photobiology, v. 86, n. 5, p. 995–1005, 2010.

LEAL-JUNIOR, E. C. P. et al. Clinical and scientific recommendations for the use of photobiomodulation therapy in sports. Photobiomodulation, Photomedicine, and Laser Surgery, v. 34, n. 9, p. 1–15, 2016.

LEAL-JUNIOR, E. C. P. et al. Photobiomodulation therapy improves performance and recovery in exercise: systematic review evidence. Lasers

in Medical Science, v. 33, n. 2, p. 925–939, 2018.

LI, X. et al. Photobiomodulation therapy in exercise recovery and performance: updated systematic review and meta-analysis. Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology, 2024.

NOSAKA, K.; CLARKSON, P. M. Muscle damage following eccentric exercise. Journal of Science and Medicine in Sport, v. 9, n. 3, p. 203–209, 2006.

SPADACCINI, A. F. S. et al. Photobiomodulation therapy in sports recovery: systematic review. Revista Brasileira de Medicina do Esporte, v. 29, 2023.

VANIN, A. A. et al. Photobiomodulation therapy for muscle fatigue and recovery: systematic review and meta-analysis. Lasers in Medical Science, v. 33, n. 1, p. 181–214, 2018.

CANEZ, A. et al. Photobiomodulation and delayed onset muscle soreness: systematic review and meta-analysis. Photobiomodulation, Photomedicine, and Laser Surgery, 2025.