Universidade Estadual do Norte do Paraná

Repositório Institucional UENP **https://repositorio.uenp.edu.br**

Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano Dissertações

2022-12-08

Efeitos da fotobiomodulação sobre o desempenho de corrida em adultos jovens treinados

Nascimento, Ana Paula do

Universidade Estadual do Norte do Paraná

https://repositorio.uenp.edu.br/handle/123456789/775

Baixado de Repositório Institucional UENP

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE DO PARANÁ – UENP
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO MOVIMENTO HUMANO

ANA PAULA DO NASCIMENTO

EFEITOS DA FOTOBIOMODULAÇÃO SOBRE O DESEMPENHO DE CORRIDA EM ADULTOS JOVENS TREINADOS

Jacarezinho
2022

EFEITOS DA FOTOBIOMODULAÇÃO SOBRE O DESEMPENHO DE CORRIDA EM ADULTOS JOVENS TREINADOS

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano – PPGCMH/UENP, do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Estadual do Norte do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências do Movimento Humano.

Orientador(a): Andreo Fernando Aguiar

Jacarezinho
2022

Ana Paula do Nascimento

EFEITOS DA FOTOBIOMODULAÇÃO SOBRE O DESEMPENHO DE CORRIDA EM ADULTOS JOVENS TREINADOS

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano – PPGCMH/UENP, do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Estadual do Norte do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências do Movimento Humano.

BANCA EXAMINADORA:

_____

Prof. Dr. Andreo Fernando Aguiar
Universidade Estadual do Norte do Paraná

_____

Prof. Dr. Claudinei Ferreira dos Santos
Universidade Estadual do Norte do Paraná

_____

Prof. Dr. Lúcio Flávio Soares Caldeira
Universidade Norte do Paraná (UNOPAR)

Jacarezinho, 08 de dezembro de 2022.

Ficha catalográfica elaborada pelo autor, através do
Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UENP

dN244e
e

do Nascimento, Ana Paula
EFEITOS DA FOTOBIOMODULAÇÃO SOBRE O DESEMPENHO DE CORRIDA EM ADULTOS JOVENS TREINADOS / Ana Paula do Nascimento; orientador Andreo Fernando Aguiar; co orientador Claudinei Ferreira dos Santos - Jacarezinho, 2023.
87 p. :il.

Dissertação (Mestrado Profissional em CMH) - Universidade Estadual do Norte do Paraná, Centro de Ciências da Saúde, Programa de Pós-graduação em Ciências do Movimento Humano, 2023.

1. DESEMPENHO ESPORTIVO. I. Fernando Aguiar, Andreo, orient. II. Ferreira dos Santos, Claudinei, co-orient. III. Título.

Dedicatória

Dedico esse trabalho a todos que me incentivaram durante essa trajetória, família (em memória de Adriano Moreira do Nascimento), amigos e principalmente meus pais que nunca mediram esforços para que eu alcançasse meus objetivos.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por nunca ter me desamparado durante esse período, principalmente na presença das adversidades. Aos meus pais por serem meu alicerce e meus companheiros, por estarem sempre rezando e torcendo por mim.

Ao meu orientador prof. Dr. Andreo Fernando Aguiar, especialmente agradeço por todo auxílio e maestria em nosso projeto, por ter confiado no meu trabalho e por todas as oportunidades que me deu até aqui.

Agradeço aos meus ajudantes de coleta, Giani Alves, João Pedro Beguetto e Pablo Aguirra por terem abraçado a causa e terem me ajudado a executar o projeto com tanto comprometimento e amor, vocês se tornaram grandes amigos.

Á UENP, pois tenho muito orgulho de fazer parte dessa instituição, que é minha casa de formação e que me possibilitou viver muitas experiências e conquistas na graduação e agora na pós-graduação em busca do título de mestre.

Por fim, agradeço ao Programa de Mestrado em Ciências do Movimento Humano e a todos os professores que fizeram parte e possibilitaram essa conquista.

RESUMO

Introdução: A terapia de fotobiomodulação (FBM) tem sido amplamente utilizada como uma estratégia ergogênica para melhorar o desempenho físico no contexto da saúde e esporte. No entanto, poucos estudos investigaram os efeitos da FBM no desempenho de corrida e os resultados permanecem contraditórios. **Objetivo:** Investigar o possível efeito dose-resposta da terapia de FBM sobre marcadores de desempenho de corrida em adultos jovens treinados (Estudo 1 – Ensaio Clínico Randomizado) e analisar a literatura atual sobre os efeitos da terapia de FBM no desempenho de corrida (Estudo 2 – Revisão Sistemática). **Métodos:** No estudo 1 foi empregado um desenho crossover, randomizado, duplo-cego e controlado com placebo, a fim de investigar os efeitos de diferentes doses e FBM (300 J, 900 J e 1260 J) sobre marcadores de desempenho de corrida na prova de 5 km. No estudo 1 foi empregado um ensaio clínico randomizado, duplo-cego, com delineamento *crossover*, no qual foram avaliados 18 corredores recreacionais de ambos os sexos (14 homens e 4 mulheres). Os participantes foram submetidos à 5 momentos de avaliação (M1-M5), separados por um período *whashout* de 2 semanas. No momento M1 foi realizada a coleta de dados basais (triagem e antropometria) e um teste de 5 km para a familiarização. Nos momentos M2-M5 os participantes receberam os tratamentos com FBM inativa (placebo) e FBM ativa (300 J, 900 J e 1260 J), de modo contrabalanceado, imediatamente antes do teste de corrida de 5 km. As doses de irradiação foram aplicadas no músculo quadríceps, isquiotibial e gastrocnêmio de ambas as pernas, por meio de um dispositivo contendo diodos emissores de luz (LEDs). As seguintes variáveis foram analisadas: tempo total e parcial de prova, percepção subjetiva de esforço (PSE) nos momentos pré, a cada 400 m e após o teste, e o nível de fadiga mental nos momentos pré e pós-teste. No estudo 2 foi realizada uma revisão sistemática da literatura nas bases de dados *PubMed/Medline* e *Cochrane Library*, a fim de determinar os efeitos ergogênicos da FBM sobre o desempenho de corrida em adultos jovens saudáveis. Os dados do estudo 1 e 2 foram submetidos a análise estatística apropriada. **Resultados:** Estudo 1 – Não houve diferença estatisticamente significante ($p > 0,05$) no tempo de corrida e na PSE entre as condições de tratamento (placebo *vs.* 300 J *vs*. 900 J *vs*. 1260 J). Houve aumento significante ($p < 0,05$) da fadiga mental após o teste de 5 km nas condições placebo, 300 e 900 J, sem alteração ($p > 0,05$) com a irradiação à 1260 J. Estudo 2 – Não observamos um efeito geral a favor da terapia de FBM sobre o desempenho de corrida (SMD 95%=0,13 [-0,03;0,28]; p = 0,11). **Conclusões:** A terapia de FBM nas doses de 300, 900 e 1260 J não melhorou o tempo de prova e a PSE, mas atenuou o aumento da fadiga mental na dose de 1260 J após o teste de corrida de 5 km em adultos jovens treinados. A análise meta-analítica da literatura não constatou um efeito significante da FBM, comparada a condição placebo, sobre o desempenho de corrida (tempo contrarrelógio e tempo até exaustão).

Palavras-chave: Fototerapia, terapia de laser, diodos emissores de luz, terapia de LED, desempenho físico, tempo até à exaustão

ABSTRACT

Introduction: Photobiomodulation therapy (PBM) has been widely used as an ergogenic strategy to improve physical performance in the context of health and sport. However, few studies have investigated the effects of PBM on running performance and the results remain contradictory. **Objective:** To investigate the possible dose-response effect of PBM therapy on markers of running performance in trained young adults (Study 1 – Randomized Clinical Trial) and to review the current literature on the effects of PBM therapy on running performance (Study 2 - Systematic review). **Methods:** In study 1, a randomized, double-blind, placebo-controlled crossover design was used to investigate the effects of different doses and PBM (300 J, 900 J and 1260 J) on markers of running performance in the race. of 5 km. In study 1, a randomized, double-blind clinical trial with a crossover design was used, in which 18 recreational runners of both sexes (14 men and 4 women) were evaluated. Participants underwent 5 assessment moments (M1-M5), separated by a 2-week washout period. At M1, baseline data collection (screening and anthropometry) and a 5 km test for familiarization were performed. At M2-M5, participants received treatments with inactive PBM (placebo) and active PBM (300 J, 900 J and 1260 J), in a counterbalanced way, immediately before the 5 km running test. Irradiation doses were applied to the quadriceps, hamstrings, and gastrocnemius muscles of both legs, using a device containing light-emitting diodes (LEDs). The following variables were analyzed: total and partial test time, perceived exertion (RPE) in the pre-, every 400 m and after the test, and the level of mental fatigue in the pre- and post-test moments. In study 2, a systematic literature review was performed in PubMed/Medline and Cochrane Library databases, to determine the ergogenic effects of PBM on running performance in healthy young adults. Data from study 1 and 2 were subjected to appropriate statistical analysis. **Results:** Study 1 - There was no statistically significant difference ($p > 0.05$) in running time and RPE between the treatment conditions (placebo *vs.* 300 J *vs*. 900 J *vs*. 1260 J). There was a significant ($p < 0,05$) increase in the mental fatigue after 5-km test in the placebo, 300 and 900 J conditions, with no change ($p > 0,05$) in the 1260 J irradiation. Study 2 – We did not observe an overall effect favoring PBM therapy on running performance (SMD 95%=0.13 [-0.03;0.28]; p = 0.11). **Conclusions:** PBM therapy at doses of 300, 900 and 1260 J did not improve race time and RPE but mitigated the increase in mental fatigue at a dose of 1260 J during the 5 km running test in trained young adults. The meta-analytic analysis of the literature did not find a significant effect of PBM, compared to the placebo condition, on running performance (time against the clock and time to exhaustion).

Key words: Phototherapy, laser therapy, Light-emitting diodes, LED therapy, physical performance, time-to-exhaustion.

SUMÁRIO

RESUMO 7
ABSTRACT 8
1. INTRODUÇÃO 11
2. OBJETIVOS 13
2.1. Objetivo geral 13
2.2. Objetivos específicos 13
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA 14
3.1 Fotobiomodulação: conceitos, dispositivos e parâmetros. 14
3.2 Mecanismos ergogênicos da fotobiomodulação 18
3.3 Evidências científicas da fotobiomodulação sobre o desempenho de corrida 20
3.3.1 Efeitos ergogênicos 20
3.3.2 Timing de aplicação 22
3.3.3 Dosagem 23
4. DELINEAMENTO METODOLÓGICO 25
4.1 ENSAIO CLÍNICO RANDOMIZADO 25
4.1.1 Participantes 25
4.1.2 Cálculo Amostral 26
4.1.3 Desenho experimental 26
4.1.5 Protocolo de fotobiomodulação e procedimentos de cegamento 27
4.1.6 Percepção subjetiva de esforço (PSE) e fadiga mental 30
4.1.7 Análise estatística 30
4.2 REVISÃO SISTEMÁTICA 30
4.2.1 Critérios de elegibilidade 30
4.2.2 Busca nas bases de dados 31
4.2.3 Identificação dos estudos, extração de dados e avaliação da qualidade 32
4.2.4 Análise estatística 33
5 RESULTADOS 34
5.1 ENSAIO CLÍNICIO RANDOMIZADO 34
5.1.1 Tempo de teste de 5 Km 34
5.1.2 Percepção Subjetiva de Esforço 35
5.1.3 Fadiga mental 36
5.2 REVISÃO SISTEMÁTICA 37
5.2.1 Características dos estudos 37
5.2.2 Risco de viés nos estudos 37
5.2.3 Risco de viés entre os estudos 37

5.2.4 Principais resultados 38
6 DISCUSSÃO 45
6.1 ENSAIO CLÍNICO RANDOMIZADO 45
6.2 REVISÃO SISTEMÁTICA 47
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS 49
8 REFERÊNCIAS 49
- ANEXOS - 59
- APÊNDICES – 63

1. INTRODUÇÃO

Praticantes de corrida geralmente utilizam diferentes estratégias ergogênicas (ex: calçados, suplementos nutricionais, e recursos farmacológicos) associadas ao programa de treinamento para melhorar o desempenho físico (DELLAGRANA; ROSSATO; SAKUGAWA; BARONI *et al.*, 2018). Mais recentemente, a terapia de fotobiomodulação (FBM) também tem sido defendida como uma importante estratégia ergogênica não farmacológica para melhorar o desempenho na corrida (DE MARCHI; LEAL JUNIOR; BORTOLI; TOMAZONI *et al.*, 2012). A FBM é uma modalidade fototerápica não invasiva que emite luz que abrange do espectro vermelho ao infravermelho através do laser de baixa potência (LBP) ou diodos emissores de luz (LEDs). A ação da irradiação ocorre principalmente nas mitocôndrias musculares, resultando em mudanças metabólicas que aumentam a síntese de adenosina trifosfato (ATP) (DELLAGRANA; ROSSATO; SAKUGAWA; LAZZARI *et al.*, 2018). Desta forma, tem sido postulado que a FBM pode aumentar a produção de energia para a atividade muscular e, consequentemente, melhorar o desempenho físico (DA CUNHA; PINFILDI; DE CASTRO POCHINI; COHEN, 2020; DE MARCHI; LEAL-JUNIOR; LANDO; CIMADON *et al.*, 2019; DELLAGRANA; ROSSATO; SAKUGAWA; LAZZARI *et al.*, 2018; LANFERDINI; KRÜGER; BARONI; LAZZARI *et al.*, 2018; LEAL-JUNIOR; LOPES-MARTINS RÁ; BJORDAL, 2019; TOMAZONI; MACHADO; DE MARCHI; CASALECHI *et al.*, 2019).

De fato, vários estudos relataram efeitos benéficos da FBM sobre diversos componentes da aptidão física relacionados à saúde e desempenho, incluindo a força, resistência, potência e recuperação muscular (BARONI; LEAL JUNIOR; GEREMIA; DIEFENTHAELER *et al.*, 2010; FERRARESI; BERTUCCI; SCHIAVINATO; REIFF *et al.*, 2016; FERRARESI; HUANG; HAMBLIN, 2016; LEAL JUNIOR; LOPES-MARTINS; FRIGO; DE MARCHI *et al.*, 2010; LEAL JUNIOR; LOPES-MARTINS; VANIN; BARONI *et al.*, 2009). Tais evidências corroboram os achados recentes de revisões sistemáticas (FERRARESI; HUANG; HAMBLIN, 2016; LEAL-JUNIOR; VANIN; MIRANDA; DE CARVALHO PDE *et al.*, 2015; VANIN; VERHAGEN; BARBOZA; COSTA *et al.*, 2018) que demonstraram efeitos positivos da FBM sobre marcadores de desempenho físico (ex: força dinâmica máxima, pico de toque isométrico, número de repetições máximas e lactato) e dano muscular (níveis de creatina quinase).

Apesar dos supostos efeitos ergogênicos da FBM sobre o desempenho muscular, as evidências científicas em relação a marcadores diretos e indiretos de desempenho de corrida são escassas e contraditórias, com alguns estudos apontando efeitos positivos (FERRARESI;

BELTRAME; FABRIZZI; DO NASCIMENTO *et al.*, 2015; LANFERDINI; SILVA; BOENO; SONDA; ROSA; QUEVEDO; BARONI; REISCHAK-OLIVEIRA; VAZ; PEYRÉ-TARTARUGA, 2021; MIRANDA; VANIN; TOMAZONI; GRANDINETTI VDOS *et al.*, 2016; TOMAZONI; MACHADO; DE MARCHI; CASALECHI *et al.*, 2019) e outros efeitos nulos (MALTA; DE POLI; BRISOLA; MILIONI *et al.*, 2016; PESERICO; ZAGATTO; MACHADO, 2019; SANTOS; LEMOS; COELHO; ZAGATTO *et al.*, 2020; SEGABINAZI PESERICO; GAROZI; ZAGATTO; MACHADO, 2020). Além disso, os estudos utilizaram diferentes doses de irradiação (300-1000 J por grupo muscular irradiado), o que dificulta o estabelecimento de um consenso em relação a dose adequada de FBM para melhoria do desempenho de corrida. Portanto, novos estudos são necessários para confirmar a eficácia ergogênica da FBM, bem como a possível relação dose-resposta sobre o desempenho de corrida.

Portanto, a proposta primária deste projeto de pesquisa foi investigar o possível efeito dose-resposta da FBM (placebo, 300, 900 e 1260 J) sobre marcadores de desempenho de corrida (tempo de prova, percepção subjetiva de esforço [PSE], e fadiga mental) em adultos jovens treinados (Estudo 1 – Ensaio Clínico Randomizado). Testamos a hipótese de que uma maior dose de irradiação poderia promover melhores resultados (1260 > 900 > 300 J > placebo) sobre os marcadores de desempenho de corrida. A segunda proposta deste projeto foi realizar uma revisão sistemática de ensaios clínicos randomizados para determinar os efeitos da FBM sobre o desempenho de corrida (Estudo 2 – Revisão Sistemática). Esperamos que os resultados destes estudos possam auxiliar os profissionais da área da saúde e desempenho (treinadores, fisioterapeutas e fisiologistas) na tomada de decisão em relação ao uso da terapia de FBM no contexto do desempenho de corrida.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Investigar o efeito dose-resposta da terapia de FBM (placebo *vs*. 300 *vs*. 900 *vs*. 1260 J) sobre marcadores de desempenho de corrida, bem como realizar uma revisão sistemática da literatura para determinar o efeito da terapia FBM sobre o desempenho de corrida em adultos jovens saudáveis.

2.2. Objetivos específicos

- Investigar o efeito dose-resposta da FBM sobre o desempenho (tempo de prova) no teste de corrida de 5 km.
- Investigar o efeito dose-resposta da FBM sobre a percepção subjetiva de esforço (PSE) e fadiga mental no teste de corrida de 5 km.
- Realizar uma revisão sistemática da literatura sobre o efeito da FBM no desempenho de corrida (tempo contrarrelógio e tempo até exaustão) em adultos jovens saudáveis.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Fotobiomodulação: conceitos, dispositivos e parâmetros.

A terapia de FBM é uma modalidade fototerápica não invasiva que emite uma luz que abrange do vermelho ao infravermelho através do laser de baixa potência (LBT) ou diodos emissores de luz (LEDs), sobre uma área a ser tratada. Essa terapia tem recebido ampla atenção da comunidade clínica e científica devido ao seus potenciais efeitos benéficos em diversas condições clínicas e práticas relacionada a prescrição e orientação de exercício físico, uma vez que inúmeros estudos científicos relataram efeitos benéficos/positivos da FBM sobre os componentes da aptidão física (ANTONIALLI; DE MARCHI; TOMAZONI; VANIN *et al.*, 2014; BARONI; LEAL JUNIOR; GEREMIA; DIEFENTHAELER *et al.*, 2010; FERRARESI; BERTUCCI; SCHIAVINATO; REIFF *et al.*, 2016; FERRARESI; HUANG; HAMBLIN, 2016; LEAL JUNIOR; DE GODOI; MANCALOSSI; ROSSI *et al.*, 2011; LEAL JUNIOR; LOPES-MARTINS; FRIGO; DE MARCHI *et al.*, 2010; LEAL JUNIOR; LOPES-MARTINS; VANIN; BARONI *et al.*, 2009). Além disso, a terapia de FBM têm sido benéfica para melhorar processos de regeneração/reparo muscular em diversas condições clínicas (ALVES; FERNANDES; DEANA; BUSSADORI *et al.*, 2014; SANTOS; AGUIAR; GIOMETTI; MARIANO *et al.*, 2018), bem como reduzir a inflamação e a dor muscular após exercício intenso (ANTONIALLI; DE MARCHI; TOMAZONI; VANIN *et al.*, 2014; FERRARESI; BERTUCCI; SCHIAVINATO; REIFF *et al.*, 2016; LEAL JUNIOR; DE GODOI; MANCALOSSI; ROSSI *et al.*, 2011). Portanto, a literatura apresenta um amplo número de evidências para demonstrar efeitos positivos da terapia de FBM sobre marcadores de regeneração, inflamação e desempenho físico em diferentes populações (LEAL-JUNIOR; LOPES-MARTINS RÁ; BJORDAL, 2019).

O laser (do inglês: *light amplification by stimulated emission of radiation*) apresenta um comprimento de onda monocromático e coerente, pois seus fótons apresentam um único (específico) comprimento de onda e, consequentemente, apenas uma cor, e o mesmo comportamento no tempo e no espaço (uniformidade de fase - cada fóton se move com os outros). Além disso, o laser apresenta um feixe de luz colimado (isto é, com feixes paralelos) e concentrado em uma pequena área de irradiação, o que permite maior densidade de energia e potência por volume de tecido irradiado, resultando num longo alcance da luz e maior penetração nos tecidos comparado a outras fontes de luz. Um dos lasers mais frequentemente utilizados no tratamento de disfunções musculoesqueléticas é o Arseneto de Gálio (As-Ga), devido a seu elevado comprimento de onda (904 nm), que permite uma infiltração mais

profunda (30-50 mm) no tecido. Vários estudos demonstraram efeitos positivos do As-Ga em diferentes condições patológicas, tais como a redução da dor miofascial (GUR; SARAC; CEVIK; ALTINDAG *et al.*, 2004), a diminuição da dor lombar (MANDIĆ; RANCIÉ, 2011; JOVICIĆ; KONSTANTINOVIĆ; LAZOVIĆ; JOVICIĆ, 2012) e a diminuição da dor no ombro (BINGÖL; ALTAN; YURTKURAN, 2005). Embora o laser Ga-As (904 nm) seja comumente utilizado para terapias musculares, prévios estudos que utilizaram lasers com comprimento de onda inferior a 904 nm (na faixa entre 655-830 nm) também observaram efeitos benéficos sobre o tecido muscular esquelético. Portanto, a literatura também apresenta um extenso número de evidências para demonstrar efeitos positivos da terapia de laser de baixa intensidade sobre marcadores de fadiga, recuperação e desempenho físico em indivíduos jovens e idosos (LEAL JUNIOR; LOPES-MARTINS; DALAN; FERRARI *et al.*, 2008; LEAL JUNIOR; LOPES-MARTINS; BARONI; DE MARCHI *et al.*, 2009; LEAL-JUNIOR; VANIN; MIRANDA; DE CARVALHO PDE *et al.*, 2015; BARONI; LEAL JUNIOR; DE MARCHI; LOPES *et al.*, 2010; FERRARESI; DE BRITO OLIVEIRA; DE OLIVEIRA ZAFALON; DE MENEZES REIFF *et al.*, 2011; VIEIRA; FERRARESI; PEREZ; BALDISSERA *et al.*, 2012; TOMA; TUCCI; ANTUNES; PEDRONI *et al.*, 2013; TOMA; VASSÃO; ASSIS; ANTUNES *et al.*, 2016; VASSÃO; TOMA; ANTUNES; RENNO, 2018; VASSÃO; TOMA; ANTUNES; TUCCI *et al.*, 2016).

O LED (do inglês: *Light Emitting Diode*) é um semicondutor de fonte de luz disponível em todos os comprimentos de ondas visíveis, ultravioleta a infravermelho, com alta claridade, que quando ligado, os elétrons são capazes de recombinar com orifícios de elétrons dentro do dispositivo, liberando energia na forma de fótons. Este efeito é chamado eletroluminescência e a cor da luz (correspondente à energia do fóton) é determinada pela diferença de energia do semicondutor e componentes ópticos integrados (CHUNG; DAI; SHARMA; HUANG *et al.*, 2012). Os LEDs foram desenvolvidos posteriormente ao laser, ambos os equipamentos são semelhantes, porém o LED possui menos coerência e uma largura de banda mais ampla (VANIN; MIRANDA; MACHADO; DE PAIVA *et al.*, 2016). A aplicação de LED também tem sido amplamente estudada nas ciências da saúde e pode auxiliar na prevenção e recuperação de injúrias, além de efeitos anti-inflamatórios e analgésicos, bem como no contexto relacionado ao esporte como lesões, dor, recuperação do treinamento, reabilitação e melhoria do desempenho (MEZZAROBA; PESSOA FILHO; ZAGATTO; MACHADO, 2018). Porém, ainda são necessários mais estudos que utilizem esse equipamento para a determinação de parâmetros, por exemplo. As vantagens da utilização dos LEDs são a eficiência no tratamento de diversas patologias, além da longa durabilidade, baixo custo operacional, não geração de

calor, alta eficiência energética, menor tempo para a exposição da irradiação e adaptações nas dimensões de acordo com a área a ser tratada (PINHEIRO; SOARES; CANGUSSU; SANTOS *et al.*, 2012), potencializando a performance muscular, reduzindo os sinais de fadiga muscular e dor, reparando os tecidos, prevenindo as atrofias musculares (VANIN; VERHAGEN; BARBOZA; COSTA *et al.*, 2018).

A FBM utiliza fontes de luz artificial de baixa potência (faixa de 1-500 mW), em comprimento de onda (expresso em nm) no espectro vermelho ao infravermelho (faixa de 660-1100 nm) (HUANG; SHARMA; CARROLL; HAMBLIN, 2011), que emitem ondas eletromagnéticas que são absorvidas pelos tecidos vivos, estimulando ou inibindo uma série de reações metabólicas e celulares benéficas ao organismo (BAROLET, 2008; CHUNG; DAI; SHARMA; HUANG *et al.*, 2012). O comprimento de onda é a propagação do fóton em ondas eletromagnéticas e tem grande importância com relação à eficácia dos tratamentos com fototerapia (BROSSEAU; ROBINSON; WELLS; DEBIE *et al.*, 2005). Os diferentes comprimentos de onda (medidos em nm) podem ser parcialmente identificados pelas cores que emitem, tais como: ultravioleta (200-400 nm), azul (400-470nm), verde (470-550 nm), vermelha (630-700 nm) e infravermelha (700-1200 nm) (Figura 1). Os diferentes tipos de laser variam de acordo com o seu comprimento de onda, como por exemplo: Helio-Neônio (He-Ne) – 632,8 nm, Arseneto de Gálio e Alumínio (Ga-Al-As) – 830 nm, fosfato de arsênio índio gálio (In-Ga-Al-P) – 660 nm, e Arseneto de Gálio (As-Ga) – 904 nm. Em geral, quanto maior o comprimento de onda, maior será a penetração do feixe no tecido (MEINHARDT; KREBS; ANDERS; HEINRICH *et al.*, 2008). Por esta razão, a faixa de comprimento de onda do vermelho ao infravermelho (600-1100 nm) apresenta maior penetração tecidual quando comparado a comprimentos de onda menores (< 600 nm) e têm sido comumente utilizados nos estudos científicos e na prática fisioterapêutica para o tratamento de diversos tecidos moles, como por exemplo, músculos, tendões, ligamentos e cápsulas, dentre outros (ESNOUF; WRIGHT; MOORE; AHMED, 2007; MEINHARDT; KREBS; ANDERS; HEINRICH *et al.*, 2008).

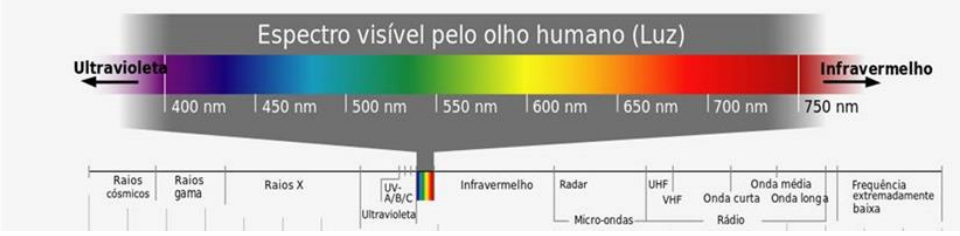


Figura 1. Espectro eletromagnético, ressaltando as regiões de luz ultravioleta, visível e infravermelho (Fonte: Wikipédia).

Além do comprimento de onda, a FBM apresenta parâmetros importantes a serem controlados, como potência, energia, densidade de potência, densidade de energia, e área irradiada (ENWEMEKA, 2009). A potência pode ser descrita como a quantidade de energia liberada por unidade de tempo, sem depender da duração do tratamento para uma determinada área. Podemos considerar que cada fóton é um "pacote de energia", capaz de estimular um grupo de células. Assim, por exemplo, um dispositivo terapêutico de laser com potência de 1300 mW pode fornecer o mesmo número de "pacotes de energia" em tempo mais curto, comparado a um dispositivo com potência de 500 mW. A potência (P) (em W ou mW) pode ser calculada pela seguinte equação: $P = \frac{E}{T}$, onde E = energia (dose) irradiada (em J) e T = tempo de irradiação (em s).

A energia (ou dose) irradiada é considerada um dos principais parâmetros de controle relacionado a efetividade da FBM (HUANG; SHARMA; CARROLL; HAMBLIN, 2011). A energia irradiada (em J) corresponde à quantidade de energia empregada durante o tempo de tratamento, e pode ser calculada pela seguinte equação: E = P x T. A densidade de potência (DP) ou irradiância está relacionada à potência (W) por unidade de área (A) irradiada (em W/cm2), e pode ser calculada pela seguinte equação: $DP = \frac{\mathrm{P}}{A}$. Já a densidade de energia (DE) ou fluência (em J/cm2) é definida como a quantidade total de energia (j) pela área irradiada (A), conforme a seguinte equação: $DE = \frac{\mathrm{P\ x\ T}}{A}$. O tempo de irradiação pode variar significativamente (CASTANO; DAI; YAROSLAVSKY; COHEN *et al.*, 2007) e influenciar em uma resposta terapêutica ou não terapêutica (ENWEMEKA, 2009). Assim, o tempo estimado para aplicação da FBM irá depender da potência do dispositivo e da densidade de potência (em W/cm2) pretendida, pois irá determinar a energia irradiada (em J), e densidade de energia ou fluência (em J/cm2). Por exemplo:

- Para se obter uma energia (E) irradiada de 7 J será necessário aplicar uma potência (P) de 0,1 W no tempo (T) de 70 seg. em cada ponto, conforme a seguinte equação: E = P x T.

- Para se obter uma densidade de potência (DP) ou irradiância de 3,57 W/cm2 será necessária aplicar uma potência (P) de 0,1 W em uma área (A) de 0,028 cm2, conforme a seguinte equação: $DP = \frac{\mathrm{P}}{A}$.

- Para se obter uma densidade de energia (DE) ou fluência de 250 J/cm2 é necessária uma energia (E) de 7 J e uma área (A) de 0,028 cm2, conforme a seguinte equação: $DE = \frac{\mathrm{P\ x\ T}}{A}$.

- Para obtenção de uma energia total (ET) de 56 J é utilizada uma energia (E) de 7 J em cada ponto e 8 pontos de aplicação, conforme a equação: ET (J) = 7 x 8.

3.2 Mecanismos ergogênicos da fotobiomodulação

Os mecanismos celulares e moleculares propostos para explicar os efeitos benéficos da FBM sobre a função muscular, incluem: (1) a produção de adenosina trifosfato (ATP) via modulação da atividade mitocondrial, (2) o aumento da capacidade regenerativa do tecido muscular, por meio da estimulação das células satélites, (3) o aumento da excitabilidade das fibras musculares, e (4) o aumento na expressão de genes relacionados a síntese proteica, a migração e proliferação celular, a vias anti-inflamatórias, e a enzimas antioxidantes (DE FREITAS; HAMBLIN, 2016; FERRARESI; HUANG; HAMBLIN, 2016; HAMBLIN, 2017). Tais mecanismos são atribuídos a interação biológica da irradiação emitida pela terapia FBM com o tecido muscular, produzindo principalmente modificações na atividade mitocondrial (DE FREITAS; HAMBLIN, 2016).

A teoria mais comum para explicar os efeitos ergogênicos da FBM sobre o tecido muscular é o aumento dos níveis de ATP (FERRARESI; HUANG; HAMBLIN, 2016). Os efeitos da FBM obedecem ao fenômeno da fotoquímica, em que os fótons da luz são absorvidos por alguns fotorreceptores moleculares ou cromóforos mitocondriais, resultando em processos fotobiológicos nas células. O cromóforo 'citocromo c oxidase' (Cox) é o principal absorvedor desses fótons e está localizado na unidade IV da cadeia respiratória mitocondrial (HUANG; SHARMA; CARROLL; HAMBLIN, 2011). O Cox contém 2 centros de heme (a e a3) e 2 de cobre (CuA e CuB) e atua como um fotoaceptor e transdutor de fotosinais nos espectros de luz vermelho (γ: 600 to 700 nm) ao infravermelho próximo (γ: 770-1200 nm) (DE FREITAS; HAMBLIN, 2016; HAMBLIN, 2017). Os fótons dissociam/liberam o óxido nítrico inibitório (do inglês: *nitric oxide* [NO]) nos centros heme e cobre da Cox, onde compete com o oxigênio (bloqueia o oxigênio na proporção de 1:10) e reduz a atividade enzimática necessária. Esta fotodissociação/liberação do NO permite um influxo imediato de oxigênio e, assim, a retomada da respiração e consequente geração de espécies reativas de oxigênio (EROs) e síntese de ATP. O NO também pode ser liberado por fótons de outros locais intracelulares, como hemoglobina nitrosilada e mioglobina (DE FREITAS; HAMBLIN, 2016).

O Cox atua como um fotorreceptor e transdutor de foto sinais nas regiões vermelha e infravermelha próxima do espectro de luz, resultando no aumento da produção de ATP. Supostamente, a FBM pode aumentar a disponibilidade de elétrons para a redução do oxigênio molecular no centro catalítico do citocromo, aumentando o potencial de membrana mitocondrial e também os níveis de ATP e EROs. Essa suposição é apoiada pelo aumento do consumo de oxigênio durante a irradiação de luz de baixo nível e pelo fato que a azida de sódio,

um inibidor de citocromo, impede o efeito benéfico de FBM. Todas essas modificações contribuem para o aumento da disponibilidade de energia para a realização das atividades celulares e desenvolvimento de vias aeróbias mais eficazes (DE FREITAS; HAMBLIN, 2016). Além dos mecanismos mediados pelos cromóforos, outras vias celulares e moleculares tem sido descritas como mediadoras dos efeitos da FBM sobre a função muscular, incluindo (1) as mudanças na permeabilidade e mecanismos de transporte da membrana celular, (2) a sinalização mitocondrial retrógrada, (3) os canais de íons sensíveis à luz, (4) a via do AMP cíclico (cAMP), (5) a via de produção de EROs, (6) os canais de Ca2+, (7) a via no ON, (8) e a ativação de fatores transcricionais (DE FREITAS; HAMBLIN, 2016). Todavia, vale ressaltar que os mecanismos biológicos e funções celulares mediados pela FBM não são totalmente conhecidos.

Adicionalmente, evidências apontam a atuação inibitória da FBM no funcionamento enzimático, especificamente, sobre a enzima citrato sintase (CS), que desempenha um papel importante na capacidade oxidativa mitocondrial, e a enzima lactato desidrogenase (LDH), que apresenta alta atividade quando predomina o metabolismo anaeróbio lático. Também existem informações sobre a capacidade da FBM no aumento da expressão de proteínas relacionadas à proliferação e maturação de células epiteliais: p63, CK10 e CK14, entre outras (DE FREITAS; HAMBLIN, 2016). Outra teoria para o mecanismo de ação da FBM nas células postula a radiação fotônica diretamente ou direcionando indiretamente o DNA e o conjunto do genoma. A terapia também possui efeito nas células-tronco suscetíveis, células progenitoras, e seu potencial em aumentar a diferenciação, que por sua vez melhora a taxa de cicatrização dos tecidos (DOMPE; MONCRIEFF; MATYS; GRZECH-LESNIAK *et al.*, 2020).

Embora a fadiga muscular seja um fenômeno fisiológico multifatorial inevitável, a terapia de FBM tem mostrado resultados promissores em reduzir e/ou atrasar os efeitos da fadiga (BORSA; LARKIN; TRUE, 2013; FERRARESI; HAMBLIN; PARIZOTTO, 2012; LEAL-JUNIOR; VANIN; MIRANDA; DE CARVALHO PDE *et al.*, 2015). Os processos envolvidos na geração da fadiga muscular não são totalmente compreendidos, mas algumas evidências científicas sugerem que o acúmulo de metabólitos (por exemplo, ADP, Ca^{+}, Mg^{2+}, e H^{+}), a inibição dos neurônios motores (fadiga periférica) e a redução do impulso descendente supraespinhal (fadiga central) como os principais causadores de fadiga associada ao exercício físico. Vale também ressaltar que a fadiga muscular pode interferir no ganho de força e no controle motor, e resultar em dor muscular (ROSSATO; DELLAGRANA; SAKUGAWA; LAZZARI *et al.*, 2018). A FBM parece ser capaz de aumentar a microcirculação, por meio de um mecanismo dependente da síntese de NO, e assim reduzir o processo de fadiga associado

ao acúmulo de metabólitos (ROSSATO; DELLAGRANA; SAKUGAWA; LAZZARI *et al.*, 2018).

Também tem sido relatado que a FBM pode reduzir os níveis de creatina quinase (CK) e lactato sanguíneo (VASSÃO; TOMA; ANTUNES; TUCCI *et al.*, 2016), atenuar os níveis de fatores pró-inflamatórios (ex: fator de necrose tumoral [TNF-α] e a interleucina 1 beta [IL-1β]) e aumentar os níveis da citocina anti-inflamatórias (ex: interleucina 10 [IL-10]) (DE OLIVEIRA; ANTONIO; SILVA; DE CARVALHO *et al.*, 2018; MACEDO; MAFRA; TEIXEIRA; TORRES-SILVA *et al.*, 2020; ORSSATTO; ROSSATO; VARGAS; DIEFENTHAELER *et al.*, 2020; TUCCI; FIGUEIREDO; DE PAULA CARVALHO; SOUZA *et al.*, 2019), bem como ativar a via de sinalização da proteína mTOR – principal responsável pelo aumento da síntese de proteínas musculares (MACEDO; MAFRA; TEIXEIRA; TORRES-SILVA *et al.*, 2020). Como consequência, os múltiplos mecanismos de ação da FBM tem sido postulados para melhorar a recuperação muscular e promover efeitos ergogênicos e anabólicos sobre o tecido muscular (ABREU; DOS SANTOS; FONSATI; MARQUES *et al.*, 2020; ALMEIDA; PRADO; TERRA; OLIVEIRA *et al.*, 2020; AZUMA; MERLO; JACINTO; BORIM *et al.*, 2021; LEAL JUNIOR; LOPES-MARTINS; DALAN; FERRARI *et al.*, 2008; LEAL JUNIOR; LOPES-MARTINS; FRIGO; DE MARCHI *et al.*, 2010; LEAL JUNIOR; LOPES-MARTINS; VANIN; BARONI *et al.*, 2009; TSUK; LEV; FOX; CARASSO *et al.*, 2020; VASSAO; BALDINI; VIEIRA; BALAO *et al.*, 2020).

3.3 Evidências científicas da fotobiomodulação sobre o desempenho de corrida

3.3.1 Efeitos ergogênicos

Estratégias ergogênicas são comumente utilizadas por atletas e praticantes recreativos para melhorar o desempenho físico e a composição corporal (SILVER, 2001; GOSTON; CORREIA, 2010; SENEKAL; MELTZER; HORNE; ABREY *et al.*, 2019). Um recurso ergogênico é definido como qualquer substância ou tratamento mecânico, psicológico, fisiológico, farmacológico ou nutricional que pode aumentar a produção e utilização de energia (WILLIAMS, 1992) e, portanto, tornar os músculos mais eficientes para o desempenho (por exemplo, potência, força e/ou resistentes à fadiga) e recuperação do exercício (KERKSICK; WILBORN; ROBERTS; SMITH-RYAN *et al.*, 2018). Nesse contexto, os suplementos nutricionais são a classe de auxiliares ergogênicos legais mais utilizados para melhorar o desempenho muscular em diferentes populações relacionadas ao esporte e à saúde. No entanto, mais recentemente a FBM tem sido defendida como uma valiosa estratégia não farmacológica

para melhorar o desempenho (FERRARESI; HUANG; HAMBLIN, 2016; BARONI; LEAL JUNIOR; GEREMIA; DIEFENTHAELER *et al.*, 2010; LEAL JUNIOR; LOPES-MARTINS; VANIN; BARONI *et al.*, 2009) e recuperação muscular (LEAL JUNIOR; DE GODOI; MANCALOSSI; ROSSI *et al.*, 2011; BARONI; LEAL JUNIOR; DE MARCHI; LOPES *et al.*, 2010).

No contexto do desempenho de corrida, o número e a qualidade das evidências científicas ainda são limitados, e os resultados são contraditórios. Peserico *et al*., (2019), aplicou a FBM antes das sessões de um programa de treinamento de corrida com duração de 8 semanas em homens não treinados. Os autores não encontraram diferenças significantes entre o grupo placebo e FBM no tempo limite do teste de 5 km (PESERICO; ZAGATTO; MACHADO, 2019). Similarmente, Malta *et al*., (2016) também não relataram diferença estatística entre o grupo placebo e FBM no tempo até a exaustão com a aplicação do LED antes do teste de esforço supra máximo em esteira em indivíduos moderadamente ativos (MALTA; DE POLI; BRISOLA; MILIONI *et al.*, 2016). Tais resultados são consistentes com prévios estudos que não observaram melhoria na distância percorrida no teste de 1.500 m em corredores recreacionais (DELLAGRANA; ROSSATO; SAKUGAWA; BARONI *et al.*, 2018) e no desempenho no teste de agilidade em jogadores de futsal (SANTOS; LEMOS; COELHO; ZAGATTO *et al.*, 2020) com a aplicação pré-condicionamento (antes do teste) da FBM com LED. Outros autores também não encontraram efeitos benéficos da FBM sobre marcadores indiretos de desempenho de corrida, tais como a PSE no teste de 3000 m (LANFERDINI; SILVA; BOENO; SONDA; ROSA; QUEVEDO; BARONI; REISCHAK-OLIVEIRA; VAZ; PEYRE-TARTARUGA, 2021) e a FC máxima, PSE e níveis de lactato no teste incremental máximo em esteira (SEGABINAZI PESERICO; GAROZI; ZAGATTO; MACHADO, 2020).

Por outro lado, prévios estudos relataram melhoras significantes em diversos marcadores de desempenho de corrida. Por exemplo, Lanferdini, *et al*., (2021) encontraram redução significante (- 7 segs.) no tempo do teste de corrida de 3 km no grupo que recebeu a FBM pré-condicionamento, comparado ao grupo placebo (LANFERDINI; SILVA; BOENO; SONDA; ROSA; QUEVEDO; BARONI; REISCHAK-OLIVEIRA; VAZ; PEYRE-TARTARUGA, 2021). Em adição, Mezzaroba, *et al.*, (2017) e Dellagrana, *et al*., (2018) observaram uma redução significante da FC e PSE com a aplicação da FBM antes do teste de corrida em homens fisicamente ativos e corredores, respectivamente (DELLAGRANA; ROSSATO; SAKUGAWA; BARONI *et al.*, 2018; MEZZAROBA; PESSÔA FILHO; ZAGATTO; MACHADO, 2018). Também existem evidências favoráveis da FBM sobre o $VO_{2máx}$, velocidade pico (V_{pico}), diminuição do déficit de O_2, aumento do VO_2 na fase do

componente lento, duração do exercício, tolerância ao exercício, e distância percorrida (DE MARCHI; LEAL JUNIOR; BORTOLI; TOMAZONI *et al.*, 2012; DELLAGRANA; ROSSATO; SAKUGAWA; LAZZARI *et al.*, 2018; MEZZAROBA; PESSÔA FILHO; ZAGATTO; MACHADO, 2018; MIRANDA; TOMAZONI; DE PAIVA; PINTO *et al.*, 2018). Tais achados são consistentes com prévios estudos que demonstraram efeitos benéficos da FBM sobre o $V0_{2máx}$, diminuição do déficit de O_2, aumento do VO_2 na fase do componente lento e aumento do tempo-limite de exercício (FERRARESI; DE SOUSA; HUANG; BAGNATO *et al.*, 2015). Portanto, à luz dos prévios achados ainda não há um consenso sobre a eficácia da FBM no desempenho de corrida, indicando a necessidade de novos estudos de alta qualidade metodológica para confirmar os reais efeitos ergogênicos desta terapia.

3.3.2 Timing de aplicação

Dados os efeitos conhecidos da FBM nas mitocôndrias, estudos investigaram também os efeitos da terapia em exercícios físicos, seja de baixa ou alta intensidade assim como no desempenho em esportes. Em geral, os resultados desses estudos apontam que a FBM é eficaz para aumento de torque, número de repetições máximas e tempo de contração muscular (maior tempo de execução do exercício), bem como redução da fadiga, dano muscular e dor muscular tardia. A literatura relata dois principais pontos para a aplicação de FBM no tecido muscular com o objetivo de aumentar desempenho do exercício: (1) pré-condicionamento, que é a irradiação geralmente 5 minutos antes do exercício para prevenir danos musculares e aumentar o desempenho; e (2) imediatamente após o exercício com o objetivo de acelerar a recuperação de microlesões e da homeostase celular, sendo mais utilizado em programas de treinamento. Além disso, também existem informações sobre a existência de uma janela terapêutica para os efeitos benéficos de FBM em vários grupos musculares. Nesse contexto, a literatura sugere que áreas maiores de músculos irradiados podem fornecer melhor resultado da FBM no tecido muscular (ABREU; DOS SANTOS; FONSATI; MARQUES *et al.*, 2020).

A maioria dos estudos aplicou a FBM imediatamente antes dos exercícios físicos, 5 ou 10 minutos (FERRARESI; BELTRAME; FABRIZZI; DO NASCIMENTO *et al.*, 2015; LANFERDINI; SILVA; BOENO; SONDA; ROSA; QUEVEDO; BARONI; REISCHAK-OLIVEIRA; VAZ; PEYRÉ-TARTARUGA, 2021; SEGABINAZI PESERICO; GAROZI; ZAGATTO; MACHADO, 2020; DELLAGRANA; ROSSATO; SAKUGAWA; LAZZARI *et al.*, 2018; DELLAGRANA; ROSSATO; ORSSATTO; SAKUGAWA *et al.*, 2020; MEZZAROBA; PESSOA FILHO; ZAGATTO; MACHADO, 2018; PESERICO; ZAGATTO; MACHADO, 2019), porém em 2015 FERRARESI *et al.*, (2015) observaram que a FBM

aplicada 3h ou 6h antes, aumentou o potencial de membrana mitocondrial e síntese de ATP de miotubos de células intactas (C2C12 - células musculares de camundongo) em comparação com 5 min ou 24 h antes do teste. Os mesmos autores observaram em um estudo animal que os ratos irradiados com a terapia 6h antes de um teste de fadiga (subir escadas) apresentou maiores concentrações de ATP intramuscular e maior desempenho de exercício do que os animais tratados 24h, 3h ou 5 minutos antes do teste (FERRARESI; DE SOUSA; HUANG; BAGNATO *et al.*, 2015). Em 2016, FERRARESI; HUANG; HAMBLIN, (2016) sugeriram que a aplicação de FBM em tempos curtos antes do exercício, como 5 minutos, pode não ser o melhor caminho. Diante disso, Rossato, *et al.*, (2018) foi o primeiro estudo realizado em humanos, que avaliou 19 voluntários quanto a diferentes tempos de aplicação de FBM pré exercício (controle, placebo, 6h antes + imediatamente antes, 6h antes e imediatamente antes) e concluiu que o melhor *timing* para aplicação de FBM com objetivo de controlar a perda de força e diminuição da fadiga seria a combinação da aplicação 6 horas antes adicionalmente a aplicação imediata pré atividade física.

Concomitante a esses achados, as recomendações clínicas feitas por LEAL-JUNIOR; LOPES-MARTINS; BJORDAL (2019) determinaram que para efeitos agudos de FBM (evento único) é necessário aplicação de 5 min a 6 h antes da atividade. Já para efeitos crônicos associados ao treinamento de força a irradiação deve ser realizada imediatamente antes de cada sessão de exercícios (5 a 10 min). Já para efeitos crônicos associados ao treinamento de resistência (esteira) a irradiação deve ser realizada imediatamente antes e imediatamente após cada sessão de exercício (5 a 10 min). Com isso, podemos observar que a janela terapêutica não possui consenso, principalmente em corredores, pois trata-se de uma nova população de estudo sobre o tema. Portanto, a investigação do tempo de resposta (melhor momento para promover o pré-condicionamento muscular) representa um ponto importantíssimo no campo de pesquisa sobre a FBM e a melhoria no desempenho de exercício e recuperação muscular.

3.3.3 Dosagem

Além da eficácia ergogênica, outro ponto que permanece sob debate na literatura é a dosagem de FBM. Parece haver uma janela terapêutica ideal (efeito dose-resposta), na qual a dose de irradiação pode resultar em efeitos positivos, negativos ou nulos – um fenômeno denominado de Curva de Arndt-Schulz. Quando a quantidade de energia absorvida pelo tecido é insuficiente, pequenas ou nenhumas alterações podem acontecer; por outro lado, quando a quantidade de energia for excessiva pode resultar na supressão ou inibição do funcionamento celular; e por fim, se o estímulo for ideal há um aumento da função celular (DELLAGRANA;

ROSSATO; SAKUGAWA; LAZZARI *et al.*, 2018; LANFERDINI; KRÜGER; BARONI; LAZZARI *et al.*, 2018). Neste sentido, tem sido sugerido uma janela terapêutica de 60–330 J para melhoria do desempenho dos grandes grupos musculares e 360–510 J para melhoria do desempenho específico de corrida (FERRARESI; HUANG; HAMBLIN, 2016; VANIN; VERHAGEN; BARBOZA; COSTA *et al.*, 2018). Em adição, Leal Júnior, *et al*., (2019) sugeriram a dosagem de 20 a 60 J para pequenos grupos musculares, como por exemplo bíceps braquial e tríceps sural, e 60 a 300 J para grandes grupos musculares, como por exemplo quadríceps e isquiostibiais (LEAL-JUNIOR; LOPES-MARTINS; BJORDAL, 2019).

Estudos adicionais também foram realizados com o escopo de determinar a dose ideal de FBM para aumento do desempenho muscular. Por exemplo, Antonialli, *et al*., (2014) avaliaram os efeitos de três doses de FBM (60, 180 e 300 J por músculo) antes do exercício excêntrico de extensão de joelho. Todas as doses promoveram efeitos positivos em comparação com o placebo nos marcadores de dano muscular (força muscular, dor muscular de início retardado e níveis de creatina quinase), mas a dose de 180 J foi a mais promissora (ANTONIALLI; DE MARCHI; TOMAZONI; VANIN *et al.*, 2014). Por outro lado, Rossato, *et al*., (2020) ao avaliar diferentes doses de FBM (135, 270 e 540 J) 6 h antes e imediatamente antes de um protocolo de exercício isocinético verificaram uma similar redução da fadiga (25 a 75%) em todas as doses testadas, o que sugere um efeito ergogênico independentemente da dose irradiada (ROSSATO; DELLAGRANA; SAKUGAWA; BARONI *et al.*, 2020). Já, no estudo de Lanferdini, *et al*., (2018) foram testadas diferentes doses baixas de FBM (15, 30 e 45 J por local) imediatamente antes de um testes de ciclismo, e os autores observaram melhores resultados sobre a ativação muscular com a aplicação de 15 J, indicando não haver uma relação dose-resposta de FBM (LANFERDINI; BINI; BARONI; KLEIN *et al.*, 2018).

No contexto do desempenho de corrida, um limitado número de estudos examinou o possível efeito dose-resposta da FBM e os resultados permanecem contraditórios, com alguns estudos mostrando efeitos positivos após a aplicação de doses baixas (15-30 J) (DELLAGRANA; ROSSATO; ORSSATTO; SAKUGAWA *et al.*, 2020; DELLAGRANA; ROSSATO; SAKUGAWA; BARONI *et al.*, 2018) e outros relatando efeitos nulos com a aplicação de doses mais elevadas (30-180 J) (SEGABINAZI PESERICO; GAROZI; ZAGATTO; MACHADO, 2020). Esta discrepância da literatura pode ser explicada pelas diferenças metodológicas entre os estudos (tipo de equipamento, músculos irradiados, área irradiada, momento de irradiação, população estudada, teste aplicado, e parâmetros de irradiação), o que torna indispensável a realização de novos estudos com desenhos experimentais bem controlados para investigar a possível existência de um efeito dose-resposta

da FBM sobre o desempenho de corrida. Tais achados apresentam importante relevância teórico-prática para os profissionais da área da saúde e desempenho (treinadores, fisioterapeutas e fisiologistas), bem como para atletas amadores e recreacionais que atuam no contexto do desempenho de corrida.

4. DELINEAMENTO METODOLÓGICO

4.1 ENSAIO CLÍNICO RANDOMIZADO

4.1.1 Participantes

Participaram deste estudo 18 adultos jovens (14 homens e 4 mulheres), praticantes recreacionais de corrida, da cidade de Jacarezinho, Paraná. As características basais dos participantes estão descritas na tabela 1. Os critérios de inclusão na amostra foram: (1) ter idade entre 18-45 anos, (2) ser praticante de corrida em nível recreacional a pelo menos 2 anos. Os critérios de exclusão foram: (1) fazer uso de medicamentos que potencializassem ou bloqueassem a ação muscular, (2) apresentar histórico de doenças cardiorrespiratórias e/ou musculoesqueléticas nos últimos 6 meses, (3) estar envolvido em programas de restrição alimentar (ex: emagrecimento), e (4) ser usuário de produtos derivados de tabaco e drogas ilícitas. Todos os participantes foram esclarecidos sobre os objetivos, procedimentos, riscos e benefícios da pesquisa e assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido aprovado pelo Comitê de Ética em pesquisa da Universidade Norte do Paraná (UENP) (parecer n° 5.350.785) (ANEXO III). Todos os procedimentos estão de acordo com a declaração de Helsinki de 1995.

Tabela 1. Características basais dos participantes.

Idade (anos)	28,7 (7,83)
Altura (m)	1,72 (0,08)
Peso (kg)	71,8 (12,75)
IMC (kg/m^2)	24,1 (2,61)
Tempo de treinamento (anos)	2,9 (1,21)

*Valores apresentados em média (desvio padrão).

4.1.2 Cálculo Amostral

O cálculo do tamanho da amostra foi estimado com o software G-Power® (versão 3.0.1), baseado no estudo de PESERICO; ZAGATTO; MACHADO (2019), levando em consideração o tempo no teste de corrida de 5 km. Considerando um teste F (ANOVA para medidas repetidas com análise dentro do grupo) para um poder estatístico ($1 - \beta$) de 0.80 (α = 0,05 e moderado *effect size* = 0,8), pelo menos 12 participantes deveriam ser requeridos para este estudo.

4.1.3 Desenho experimental

Foi empregado um ensaio clínico randomizado, duplo-cego, com delineamento crossover, com o escopo de investigar os efeitos de diferentes doses de FBM sobre marcadores de desempenho na prova de corrida de 5 km. Os participantes foram submetidos à cinco momentos de avaliação (M1-M5), separados por um período *whashout* de 2 semanas. No momento M1 foi realizada a coleta de dados basais (antropometria) para caracterização da amostra e um teste de corrida de 5 km para a familiarização dos participantes. Nos momentos M2-M5 os participantes foram randomizados e contrabalanceados para receber os tratamentos de placebo (FBM inativa), e 300 J, 900 J e 1260 J de FBM ativa, imediatamente antes do teste de corrida de 5 km. A randomização foi realizada de forma automática por meio do website https://www.random.org/. O desenho experimental do estudo é apresentado na Figura 2.

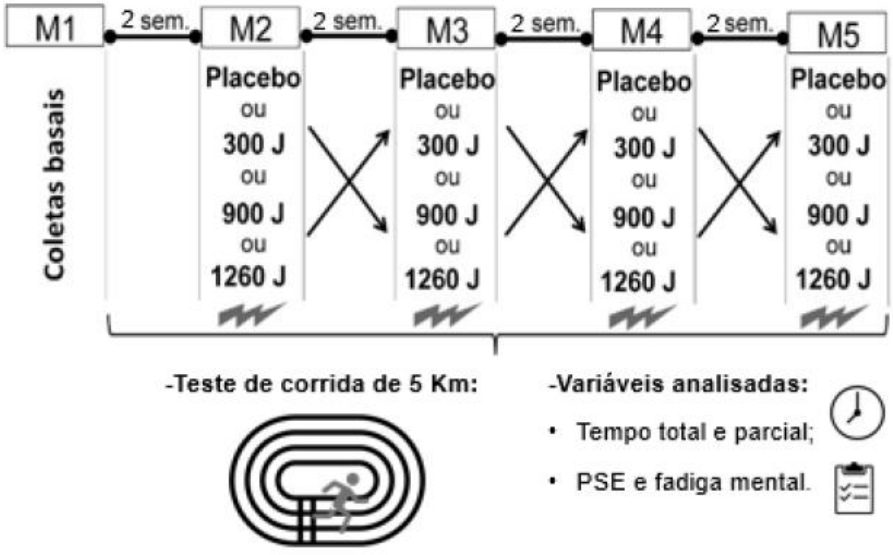


Figura 2. Desenho experimental.

4.1.4 Teste de corrida de 5 km

O teste de corrida de 5 km foi realizado em uma pista de atletismo de 400 m e precedido por um aquecimento total de 10 minutos composto por exercícios dinâmicos (movimentos ativos de cervical, membros superiores e inferiores) e exercícios educativos de corrida (skipping baixo e alto, dribling, kick off, anfersen, agachamento com salto e corrida lateral), sendo que cada exercício foi executado por 40 segundos seguido por 20 segundos de descanso. A estratégia de pacing utilizada pelos participantes foi livre, entretanto, foram orientados a realizar um teste preditivo máximo. O tempo total e parcial (a cada 400 metros) do teste foi registrado com a utilização de um cronômetro. Os corredores foram orientados a não realizar exercícios físicos e não ingerir suplementos nutricionais com no mínimo 96 horas antes dos testes de corrida.

4.1.5 Protocolo de fotobiomodulação e procedimentos de cegamento

A FBM foi aplicada nos músculos quadríceps, isquiostibiais e gastrocnêmio de ambos os membros inferiores, por meio de um dispositivo contendo 200 LEDs (100 LEDs vermelhos de 630 nm e 100 LEDs infravermelhos de 850 nm), distribuídos em uma placa de 420 cm^2 (30 x 14 cm) (Figura 3A e B). Os parâmetros de FBM estão apresentados na Tabela 2. Os parâmetros foram determinados com base em prévios estudos envolvendo medidas de desempenho de corrida (DELLAGRANA; ROSSATO; SAKUGAWA; BARONI *et al.*, 2018; DELLAGRANA; ROSSATO; SAKUGAWA; LAZZARI *et al*., 2018; PESERICO; ZAGATTO; MACHADO, 2019; SEGABINAZI PESERICO; GAROZI; ZAGATTO; MACHADO, 2020).

Os participantes foram blindados em relação à luz do dispositivo com a utilização de uma venda escura/opaca na região dos olhos (Figura 4), e o tempo total de permanência da manta sobre o músculo do participante foi padronizado em 420 segundos, permanecendo ligado apenas pelo tempo respectivo de cada dose (Tabela 2). Uma caneleira de 3 kg foi posicionada sobre o dispositivo para garantir maior contato da luz com a área irradiada (Figure 3). O fisioterapeuta que aplicou a terapia de FBM não participou na aplicação dos testes de corrida. Outros dois avaliadores que aplicaram os testes de corrida, assim como o pesquisador que realizou os testes estatísticos, foram blindados quanto aos tratamentos de FBM.

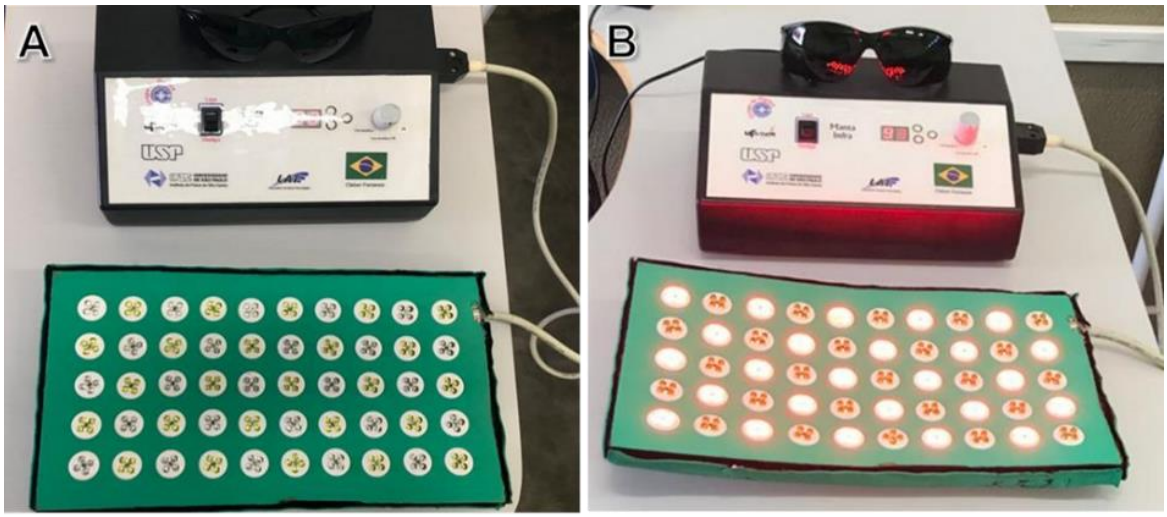


Figura 3. Dispositivo de LED desativado (A) e ativado (B). Fonte: própria.

Figura 4. Aplicação da terapia de fotobiomodulação. Fonte: própria.

Tabela 2. Parâmetros de fotobiomodulação

Parâmetros	**LEDs vermelho**	**LEDs Infravermelho**
Número de LEDs:	100	100
Número de clusters:	25	25
Comprimento de onda:	630±10 nm	850±20 nm
Frequência (Hz):	contínua	contínua
Área de cada cluster:	1.53 cm^2	1.53 cm^2
Potência ótica (cada cluster):	40 mW	80 mW
Densidade de potência (cada cluster)	26.14 mW/cm^2	52.28 mW/cm^2
Energia aplicada (cada cluster)	16.8 J	33.6 J
Energia total (50 clusters):	420 J (25x16.8 J)	840 J (25x33.6 J)
Potência ótica (50 clusters):	1,000 mW (25x40 mW)	2,000 mW (25x80 mW)
Densidade de potência (50 clusters)	7.14 mW/cm^2 (3,000 mW/ 420 cm^2)	
Área de irradiação do dispositivo	420 cm^2 (30 cm x 14 cm)	
Modo de aplicação:	contato	
	Dose = 300 J	
Tempo de irradiação:	100 seg.	
Densidade de energia (50 clusters):	0,71 J/cm^2 (300 J/ 420 cm^2)	
	Dose = 900 J	
Tempo de irradiação:	300 seg.	
Densidade de energia (50 clusters):	2,14 J/cm^2 (900 J/ 420 cm^2)	
	Dose = 1260 J	
Tempo de irradiação:	420 seg.	
Densidade de energia (50 clusters):	3,00 J/cm^2 (1,260 J/ 420 cm^2)	

4.1.6 Percepção subjetiva de esforço (PSE) e fadiga mental

A PSE foi registrada por meio da escala de Borg (6-20) (BORG, 1982) (ANEXO I), contendo 15 pontos que variam de 6 “nenhum esforço” a 20 “esforço máximo” (20). A PSE foi reportada mediante uma escala plastificada de dimensões reduzidas fixada no pulso do braço dominante do participante. A PSE foi registrada nos momentos pré e pós-teste, e cada 400 metros de corrida. A fadiga mental foi registrada por meio de uma escala de 10 pontos, variando de 0 a 10, com as extremidades variando de "nada" (0) a "extremamente" (10) fatigado (SALAM; MARCORA; HOPKER, 2018) (ANEXO II). Todos os participantes foram orientados a realizar uma autoavaliação da percepção de fadiga mental momentânea - "como você se sente neste momento?" – nos momentos pré e pós-teste de corrida.

4.1.7 Análise estatística

Para análise estatística dos dados foi utilizado o software SPSS (versão 20.0; Chicago, IL, USA). A normalidade e homogeneidade das medidas foram testadas pelos testes de Shapiro-Wilk e Levene, respectivamente. Testes de ANOVA para medidas repetidas (condição x tempo) foram realizados para avaliar as diferenças entre as condições (placebo, 300, 900 e 1260 J) no tempo de prova, PSE e fadiga mental. As diferenças específicas entre as condições e tempos foram detectados pelo teste post-hoc de Bonferroni. Os valores foram expressos como média e desvio-padrão. O nível de significância foi de $p < 0.05$.

4.2 REVISÃO SISTEMÁTICA

4.2.1 Critérios de elegibilidade

As diretrizes gerais Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis (PRISMA) (LIBERATI; ALTMAN; TETZLAFF; MULROW *et al.*, 2009; PAGE; MCKENZIE; BOSSUYT; BOUTRON *et al*., 2021) foram seguidas. Os estudos foram incluídos se os seguintes critérios fossem atendidos: (1) ensaios clínicos randomizados (ECRs) com desenhos paralelos ou cruzados, (2) em que a intervenção primária foi terapia de FBM com laser e/ou diodos emissores de luz (LEDs), (3) em adultos saudáveis (sem patologia diagnosticada) (4) para o desempenho de corrida (teste contrarrelógio ou tempo até a exaustão). Os critérios de elegibilidade para a seleção dos estudos foram determinados por meio do processo PICOS (Tabela 3).

Tabela 3. Critérios de inclusão e exclusão dos estudos selecionados para revisão.

		Inclusion criteria	Exclusion criteria
P	**Population**	- Healthy adults.	- Elderly, neuromuscular disorders, use of nutritional supplements or steroids, and being engaged in a dietary restriction program.
I	**Intervention**	- Photobiomodulation therapy	- Photobiomodulation therapy combined with other therapeutic interventions (e.g., cryotherapy or massage).
C	**Comparison**	- Placebo	- Studies without placebo group or who used another therapy as a placebo.
O	**Outcome**	- Time trials - Time to exhaustion	- Indirect performance measures (blood lactate levels, maximum oxygen intake, and running economy, etc.
S	**Study type**	- Randomized control trials	- Systematic review, cross-sectional study, quasi-experimental study, case report, observational study, narrative review, protocol study, qualitative study.

4.2.2 Busca nas bases de dados

Uma busca eletrônica da literatura foi realizada nas bases de dados *online* PubMed/Medline e na biblioteca Cochrane até setembro de 2022 por um autor (A.P.N.) e checada por outro autor (A.F.A.). Os estudos publicados na literatura cinzenta não foram incluídos. Os termos de pesquisa incluíram uma mistura de *Medical Subject Headings* (termos MeSH) e palavras de texto livre para conceitos-chave relacionados à terapia de FBM e medidas de desempenho de corrida (ou seja, contrarrelógio ou tempo até a exaustão). A estratégia de busca utilizada foi "("*photobiomodulation*" *OR* "*phototherapy*" *OR* "*photobiomodulation therapy*" *OR* "*low-level laser therapy*" *OR* "*laser therapy*" *OR* "*light-emitting diode therapy*" *OR* "*LLLT*" *OR* "*LEDT*" *OR* "*LED irradiation*" *OR* "*LED therapy*" *OR* "*laser*" *OR* "*light-emitting diodes*" *OR* "*super-pulsed laser*"*) AND (*"*runners*" *OR* "*running*" *OR* "*run*" *OR* "*running performance*" *OR* "*distance running*" *OR* "*running economy*" *OR* "*distance running performance*" *OR* "*running time*" *OR* "*time to exhaustion*" *OR* "5-km *running time*" *OR* "*endurance running*" *OR* "*maximal running speed*" *OR* "3000 *m running performance*" *OR* "3000-m *running performance*"*)*". Estes termos foram combinados com uma estratégia de

busca sensível para identificar ECRs. Nenhuma restrição de idioma foi aplicada durante a busca. Todos os estudos que não atenderam aos critérios mencionados anteriormente ou publicações duplicadas foram excluídas. O fluxograma que ilustra a seleção de estudos está resumido na Figura 5.

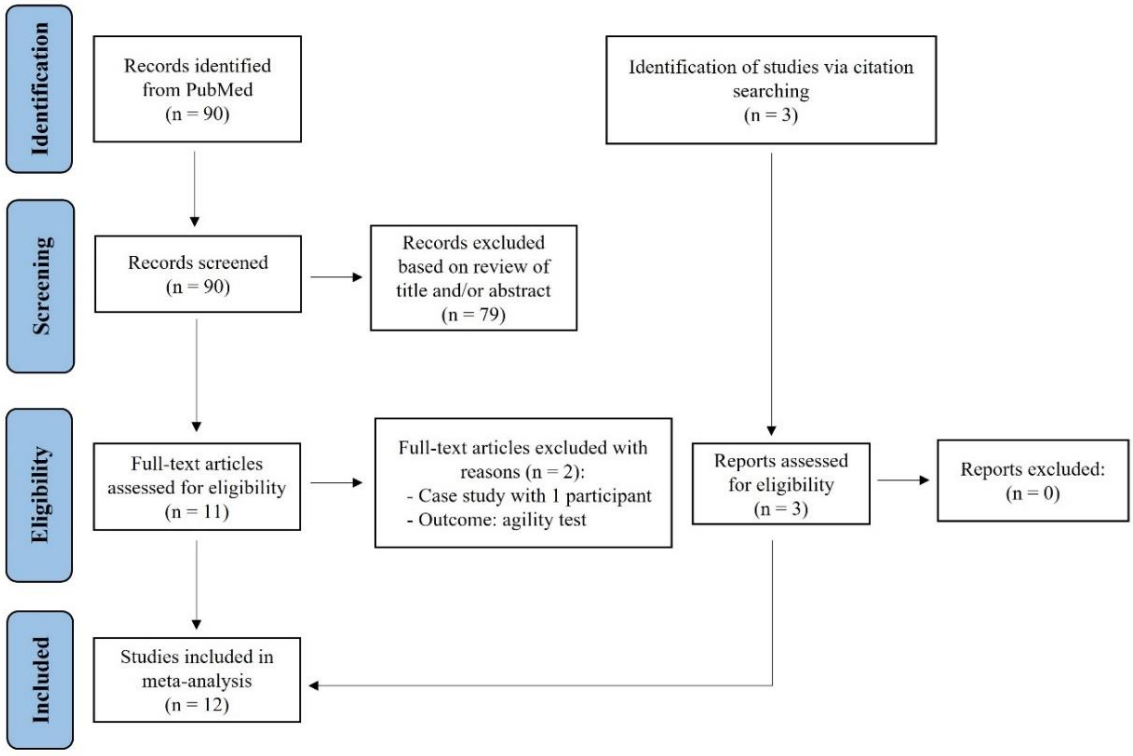


Figura 5. Fluxograma dos estudos incluídos na meta-análise.

4.2.3 Identificação dos estudos, extração de dados e avaliação da qualidade

Os textos foram triados primeiramente pelo título e resumo. Em seguida, eles foram avaliados quanto à elegibilidade após uma leitura aprofundada. Os artigos finalmente incluídos foram analisados usando a seguinte estrutura: autor, ano, características dos participantes, desenho do estudo, parâmetros de FBM, intervenções com FBM e placebo, e resultados em termos de desempenho na corrida. Foi utilizada uma planilha do Excel padronizada e predefinida. Os dados extraídos dos estudos e dos participantes incluíram, mas não se limitaram à variáveis relacionadas aos detalhes da publicação (primeiro autor, ano); desenho do estudo, características dos participantes (sexo, idade e tamanho da amostra); parâmetros de FBM (fonte de luz, dose, grupos musculares tratados e tempo); descrição da execução do teste; efeitos da FBM; qualidade do estudo; e medidas de resultado (média e desvio padrão [DP]). Dois revisores (A.P.N e A.F.A) avaliaram independentemente o risco de viés para os estudos incluídos usando a escala PEDro (*Physiotherapy Evidence Database*) (YAMATO; MAHER; KOES;

MOSELEY, 2017). O resultado máximo na escala PEDro foi 10 pontos (ou seja, o primeiro item não está incluso na pontuação total) seguindo as classificações: 9–10 = "excelente"; 6-8 = "bom"; 4-5 = "moderado"; e, 0–3 = "pobre" (CASHIN; MCAULEY, 2020). Os coeficientes *Kappa* foram calculados para avaliar a concordância entre os revisores. Discordâncias foram resolvidas com discussão. Os estudos não foram excluídos com base em sua qualidade metodológica.

4.2.4 Análise estatística

As análises foram realizadas usando o *software Comprehensive Meta-Analysis* (CMA, versão 2.2.064, Biostat, NJ, EUA). A significância estatística bilateral foi estabelecida em $p < 0,05$. A medida de desfecho primário foi o desempenho de corrida (ou seja, teste contrarrelógio e tempo até a exaustão). Os dados do estudo foram agrupados usando um modelo de efeitos aleatórios e as diferenças entre as condições de FBM e placebo foram analisadas com o método de diferenças médias padronizadas (SMDs) e intervalos de confiança de 95% (IC 95%). As inconsistências foram estimadas pela estatística I^2. O treinamento físico (presença ou ausência) foi incluso como fator moderador e analisado por meio de uma análise de variância (ANOVA baseada no teste Q). Além disso, a meta-regressão foi realizada para a dose de irradiação para identificar uma possível relação dose-resposta entre dose e desempenho na corrida. A assimetria do gráfico de funil para identificar o viés de publicação foi avaliada por meio de inspeção visual dos gráficos. Adicionalmente, o cálculo de trim and fill de Duval e Tweedie foi utilizado para estimar o efeito do viés de publicação sobre os resultados (DUVAL; TWEEDIE, 2000).

5 RESULTADOS

5.1 ENSAIO CLÍNICIO RANDOMIZADO

5.1.1 Tempo de teste de 5 Km

O tempo de prova nas condições de FBM ativa e PLA estão mostrados na Figura 6. Houve um aumento do tempo de prova entre as distâncias parciais (200-5000 m) (tempo, $p < 0,05$), sem qualquer diferença significante entre as condições de tratamento (placebo, 300, 900 e 1260 J) (interação condição x tempo, $p > 0,05$).

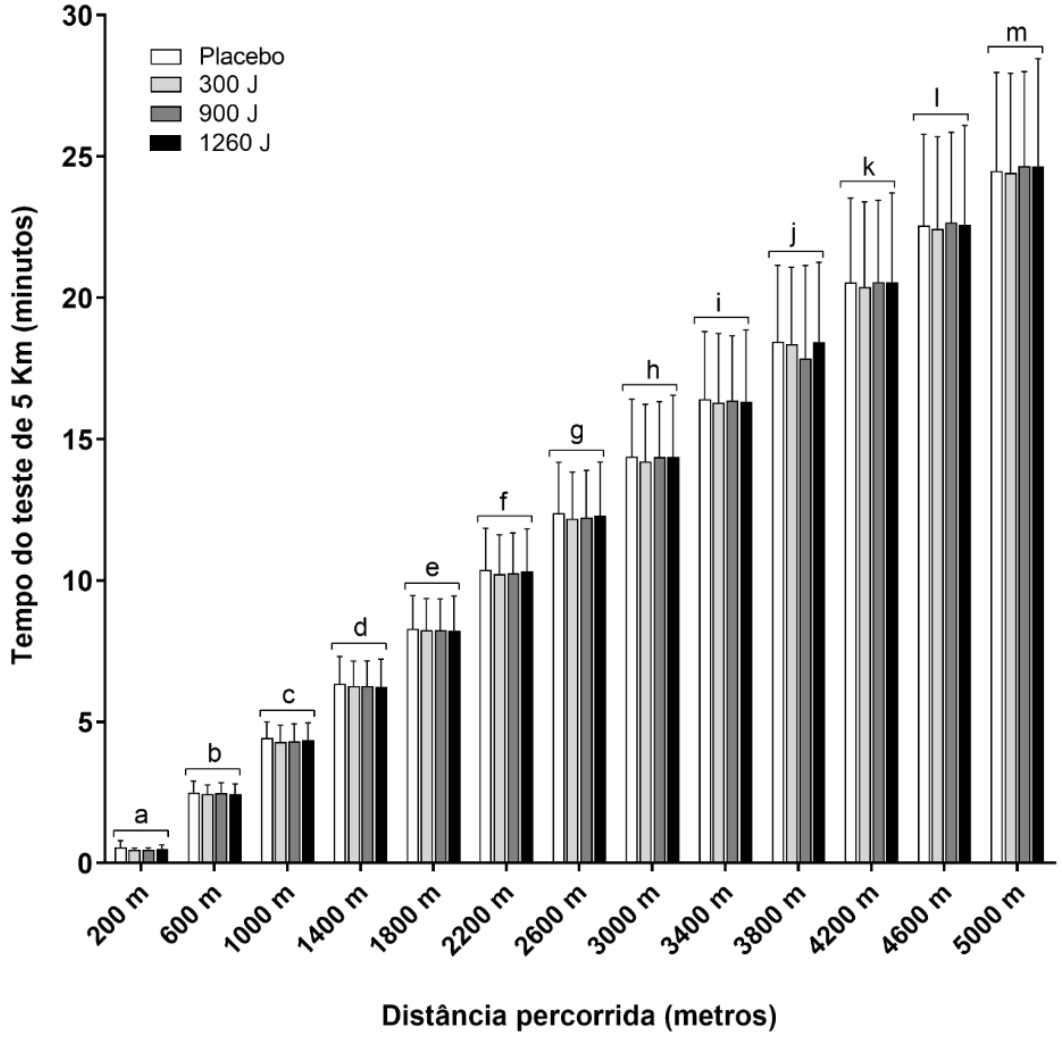


Figura 6. Tempos nas distâncias parciais (200-5000 m) do teste de 5 km entre as condições de tratamento da FBM (placebo, 300, 900, e 1260 J). Letras diferentes indicam um efeito do tempo ($p < 0,05$) entre as distâncias parciais para todas as condições de tratamento. Não houve diferença significante entre as condições de tratamento.

5.1.2 Percepção Subjetiva de Esforço

Os dados da PSE são apresentados na Figura 7. Houve um aumento na PSE entre as distâncias parciais (200-5000 m) (tempo, $p < 0,05$), sem qualquer diferença significante entre as condições de tratamento (placebo, 300, 900 e 1260 J) (interação condição x tempo, $p > 0,05$). A PSE média durante o teste de 5 km foi similar ($p > 0,05$) entre as condições de tratamento (Placebo: 12,4±2,5 *vs.* 300 J: 12,5±2,2 *vs*. 900 J: 12,5±2,5 *vs*. 1260 J: 12,9±2,6) (Figura 8).

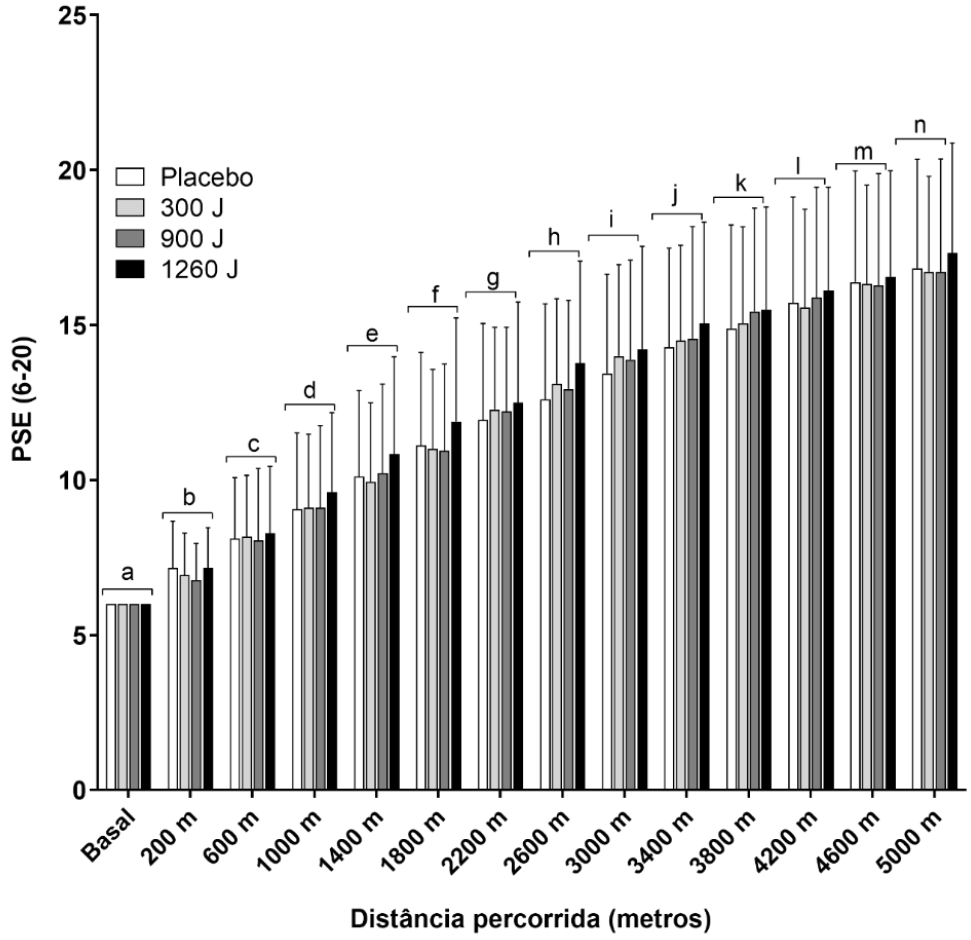


Figura 7. Percepção subjetiva de esforço (PSE) nas distâncias parciais (200-5000 m) do teste de 5 km entre as condições de tratamento da FBM (placebo, 300, 900, e 1260 J). Letras diferentes indicam um efeito do tempo ($p < 0,05$) entre as distâncias parciais para todas as condições de tratamento. Não houve diferença significante entre as condições de tratamento.

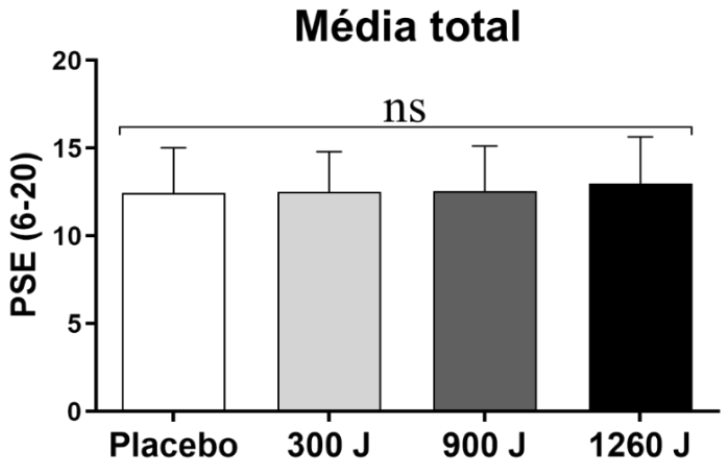


Figura 8. Percepção subjetiva de esforço (PSE) média em cada uma das condições de FBM (Placebo, 300, 900 e 1260 J). ns = não significante.

5.1.3 Fadiga mental

Os dados de fadiga mental são mostrados na Figura 9. Houve um aumento da fadiga mental do pré para o pós-teste nas condições placebo (Pré: 2,3±2,2 *vs.* Pós: 4,1±3,3; $p < 0,05$), 300 J (Pré: 2,6 ± 1,9 vs. Pós: 4,1±2,5; $p < 0,05$), e 900 J (Pré: 2,4 ± 1,7 vs. Pós: 4,6±3,2; $p < 0,05$), sem alteração significante na condição 1260 J (Pré: 2,4±2,3 vs. Pós: 3,7±3,0; $p > 0,05$). Isto indica que a FBM com 1260 J atenuou o aumento da fadiga mental durante o teste de 5 km.

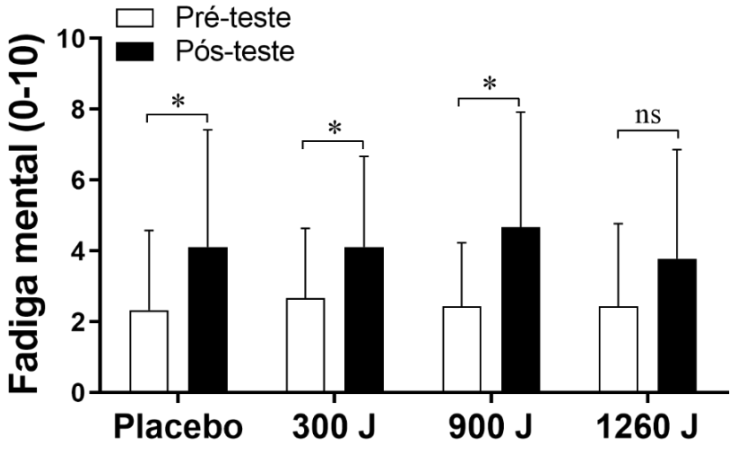


Figura 9. Fadiga mental no teste de corrida de 5 Km nas condições de tratamento da FBM (Placebo, 300, 900 e 1260 J). * Diferenças significante entre as condições pré e pós-teste. ns = não significante.

5.2 REVISÃO SISTEMÁTICA

5.2.1 Características dos estudos

Doze estudos controlados randomizados (DE MARCHI; LEAL JUNIOR; BORTOLI; TOMAZONI *et al*., 2012; DELLAGRANA; ROSSATO; SAKUGAWA; BARONI *et al*., 2018; PROBE; PINK, 2021; MALTA EDE; OF POLI; BRISOLA; MILIONI *et al*. ., 2016; MEZZAROBA; TOMAZONI; GRANDINETTI VDOS *et al*., 2016; PESERICO; ZAGATTO; MACHADO, 2019; ROSSATO; DELLAGRANA; SAKUGAWA; BARONI *et al*., 2020;) que preencheram os critérios de inclusão (Figura 5), envolvendo 19 avaliações em cada condição de FBM e placebo. As características dos participantes, desenhos de estudo, intervenções e efeitos no desempenho da corrida são mostrados na Tabela 4. Os tamanhos das amostras variaram entre 12 e 48 participantes em cada condição. A idade média dos participantes variou de ~18 a 34 anos. Onze estudos envolveram apenas homens e um estudo incluiu homens e mulheres.

5.2.2 Risco de viés nos estudos

A Tabela 5 mostra o risco de viés dos estudos incluídos. A classificação média da qualidade dos estudos avaliada pela escala PEDro foi de 7,75, indicando que o conjunto de estudos é de boa a excelente qualidade; nenhum estudo na análise foi classificado como de qualidade ruim a moderada. A correlação *kappa* mostrou boa concordância geral entre os pesquisadores (k=0,716 [IC 95%, 0,52;0,88], p < 0,001). Todos os estudos relataram medidas pontuais e de variabilidade para o desempenho da corrida, e os dados da linha de base foram semelhantes entre os grupos controle e intervenção. Os critérios para julgamento do risco de viés são apresentados no Apêndice II.

5.2.3 Risco de viés entre os estudos

O potencial viés de publicação foi avaliado por meio de inspeção visual do gráfico de funil (Figura 10). O modelo de correção de Duval e Tweedie (DUVAL; TWEEDIE, 2000) foi aplicado aos grupos de estudo de terapia de FBM para desempenho de corrida. A consistência dos estudos foi analisada usando I^2 (0,0 [P<0,001]) como teste de heterogeneidade para análises de subgrupos.

5.2.4 Principais resultados

A Figura 11 apresenta o *forest plot* (diferença média padrão [SMD] e 95% CI) comparando o desempenho global de corrida entre as condições de FBM e placebo. Não observamos um efeito geral favorecendo a terapia com FBM (SMD95%=0,13 [-0,03;0,28]; p = 0,11). O SMD agrupado por treinamento (Figura 12) não apresenta efeito significativo considerando a presença (SMD95%= 0,16 [-0,19;0,51]; p = 0,38) e ausência (SMD95%= 0,11 [-0,07;0,29]; p = 0,25) de treino de corrida. A Tabela 6 resume os resultados da análise de subgrupos, indicando um efeito médio semelhante para o treinamento (presença vs. ausência) [p = 0,797]. A análise de meta-regressão não indicou efeito dose-resposta para a dose de irradiação (*Slope*; p = 0,82) comparando o desempenho de corrida entre as condições de FBM e placebo (Figura 13).

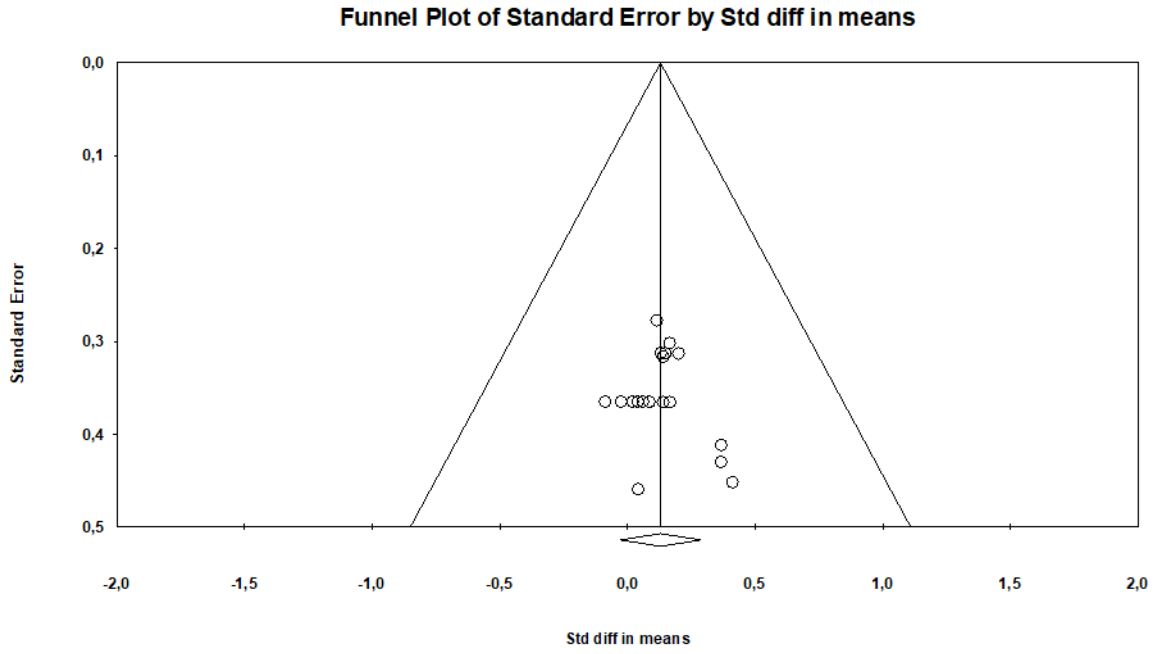


Figura 10. Gráfico de funil para viés de publicação.

Tabela 4. Características dos participantes, intervenção e efeito no desempenho da corrida.

Study	Participants	N	Study design	PBM light source	Total dose of PBM for both lower limbs	Muscle groups treated for both lower limbs	Timing	Running trial description	Outcome	Running performance effect
Dellagrana, et al. 2018	Recreationally male runners: PBM 420 J (27.0±4.7 y) PBM 840 J (27.1±4.8 y) PBM 1680 J (27.2±4.9 y)	15	Crossover	Cluster with 5 laser and 28 LED diodes: 12 LED diodes (670 nm), 8 LED diodes (880 nm), 8 LED diodes (950 nm).	3 doses: 420, 840 e 1680 J	Quadriceps: 8 sites, hamstrings: 4 sites and gastrocnemius: 2 sites.	Immediately before the running trial	Maximum incremental test	Test duration (s)	PBM: 420 J > PLA PBM: 840 J > PLA PBM: 1680 J = PLA
Dellagrana et al. (2020)	Recreationally trained Male runners (27.3±3,3 years)	19	Crossover	Cluster with 5 laser and 28 LED diodes (large cluster): 12 red LED diodes (670 nm), 5 infrared laser diodes (850 nm), 8 infrared LED diodes (880 nm) and 8 infrared LED diodes (950 nm).	840 J	Quadriceps: 8 sites; Hamstrings: 4 sites; and Plantar flexors: 2 sites.	Twenty minutes before the running trial	Time-trial performance test in 1500 m.	Test duration (s)	PBM = PLA
De Marchi, et al. 2012	Untrained men (22.02±3.02 years)	22	Crossover	5 laser diodes infrared with 810 nm.	720 J	Quadriceps: 6 sites, hamstrings: 4 sites and gastrocnemius: 2 sites.	Five minutes before the running trial	Incremental Test	Test duration (s)	PBM > PLA
Lanferdini et al. 2021	Male runners or triathletes (34 ±7.8 years)	20	Crossover	Cluster with 152 LEDs (880 nm).	3000 J	Quadriceps: 2 sites, Gluteus Maximus:1 site, Hamstrings: 1site, Gastrocnemius: 1 site.	Before the running trial	Time-trial performance test in 3000 m.	Test duration (s)	PBM > PLA
Malta et al. (2016)	Moderately active men (25.1±4.4 years)	15	Crossover	Cluster with 104 LEDs (56 diodes of 660 nm and 48 diodes of 850 nm).	600 J	Quadriceps: 2 sites, Hamstrings: 2 sites and Plantar flexors: 1 site.	Immediately before the running trial	Time to exhaustion	Test duration (s)	PBM = PLA
Mezzaroba et al. 2018	Physically active men (27.8±1.7 years)	26	Crossover	Cluster with 104 LEDs infrared (850 nm).	936 J	Quadriceps: 6 sites, hamstrings: 4 sites and gastrocnemius: 2 sites.	Five minutes before the running trial	Maximum incremental test	Test duration (s)	PBM > PLA

Miranda, et al. 2016	Healthy men (26±6.0 years)	20	Crossover	Cluster with 12-diode super pulsed lasers and LEDs (4 diodes of 905nm laser, 4 diodes of 875 nm infrared LEDs, 4 diodes of 640 nm red LEDs).	1020 J	Quadriceps: 9 sites, hamstrings: 6 sites and gastrocnemius: 2 sites.	Five to ten minutes before the running trial	Progressive test	Test duration (s)	PBM > PLA
Miranda, et al. 2018	Men and women: Active PBM (26.1±5.2 y) PLA (25.1 ± 4.6 years)	96 (48/group)	Parallel	Cluster with 12-diodes of super pulsed lasers and LEDs (905 nm - 4 red LED diodes 640 nm, 4 infrared LEDs diodes 875 nm).	1020 J	Quadriceps: 9 sites, hamstrings: 6 sites and gastrocnemius: 2 sites.	Five to ten minutes before the running trial	Progressive test	Test duration (s)	PBM > PLA
Peserico, et al. 2019	Untrained men Active PBM (27.4±3.7 y) PLA (27.3 ± 4.2 years)	30 (15/group)	Parallel	Cluster of LED: 56 diodes of red light (660 nm) and 48 diodes of infrared light (850 nm).	600 J	Quadriceps: 2 sites, hamstrings: 2 sites and gastrocnemius: 1 site.	Immediately before the running trial	Time to exhaustion and time-trial performance test in 5000 m.	Test duration (min.)	PBM = PLA (Time to exhaustion) PBM > PLA (5 Km)
Peserico, et al. 2020	Physically active men 300 J (25.3±3.9 years) 1200 J (25.4±3.10 years) 1800 J (25.5±3.11 years)	15	Crossover	Cluster of LED: 56 diodes of red light (660 nm) and 48 diodes of infrared light (850 nm).	3 doses: 300, 1200 e 1800 J	Quadriceps: 2 sites, hamstrings: 2 sites and gastrocnemius: 1 site.	Five to ten minutes before the running trial	Incremental Test	Test duration (min.)	PBM = PLA
Tomazoni, et al. 2019	High level football players (18.85±0.61 years)	22	Crossover	Cluster of lasers with 5 diodes of infrared (810 nm).	1700 J	Quadriceps: 9 sites, hamstrings: 6 sites and gastrocnemius: 2 sites.	Immediately before the running trial	Incremental Test	Test duration (s)	PBM > PLA
Ferreira-Júnior, et al. 2018	Physically active men (22.75 ± 1.54 years)	12	Crossover	Cluster with 69 LED diodes: 34 red diodes (660 nm) and 35 infrared diodes (850 nm).	417 J	Quadriceps: 2 sites, hamstrings: 2 sites and gastrocnemius: 1 site.	Five minutes before the running trial	Constant-load test until exhaustion at maximal aerobic speed	Test duration (s)	PBM = PLA

Photobiomodulation, PBM; Placebo, PLA; Light-emitting diodes, LED; Joules, J.

Tabela 5. Avaliação da qualidade do estudo (escala PEDro).

Study name	Eligibility criteria specified	Random allocation	Concealed allocation	Groups similar at baseline	Subject blinding	Therapist blinding	Assessor blinding	Less than 15% dropouts	Intention-to-treat analysis	Between-group statistical comparisons	Point measures and variability	Overall
Dellagrana et al. 2018	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	7
Dellagrana et al. 2020	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	8
De Marchi, et al. 2011	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	7
Lanferdini, et al. 2021	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	7
Malta et al. 2016	1	1	0	1	1	0	1	0	0	1	1	6
Mezzaroba, et al. 2018	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
Miranda, et al. 2016	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
Miranda, et al. 2018	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	7
Peserico, et al. 2019	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	8
Peserico et al. 2020	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	7
Tomazoni, et al. 2019	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
Ferreira-Júnior, et al. 2018	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	6

Study name	Std diff in means	Standard error	Variance	Lower limit	Upper limit	Z-Value	p-Value	PBM	PLA
Malta et al. (2016)	-0,025	0,365	0,133	-0,740	0,691	-0,068	0,946	15	15
Lanferdini et al. (2021)	0,140	0,317	0,100	-0,480	0,761	0,442	0,658	20	20
Tomazoni et a. (2019)	0,367	0,430	0,185	-0,476	1,210	0,853	0,394	11	11
Mezzaroba et al. (2018)	0,115	0,278	0,077	-0,429	0,659	0,414	0,679	26	26
De Marchi et al. (2012)	0,165	0,302	0,091	-0,427	0,757	0,547	0,584	22	22
Dellagrana et al. (2018) Dose: 420 J	0,139	0,366	0,134	-0,577	0,856	0,381	0,703	15	15
Dellagrana et al. (2018) Dose: 840 J	0,166	0,366	0,134	-0,551	0,883	0,454	0,650	15	15
Dellagrana et al. (2018) Dose: 1680 J	0,086	0,365	0,133	-0,630	0,802	0,236	0,814	15	15
Dellagrana et al. (2020)	0,041	0,460	0,211	-0,859	0,942	0,090	0,928	9	10
Miranda et al. (2016)	0,411	0,452	0,204	-0,475	1,296	0,909	0,363	10	10
Peserico et al. (2020) Dose: 300 J	0,061	0,365	0,133	-0,655	0,776	0,166	0,868	15	15
Peserico et al. (2020) Dose: 1200 J	0,041	0,365	0,133	-0,675	0,757	0,113	0,910	15	15
Peserico et al. (2020) Dose: 1800 J	0,020	0,365	0,133	-0,696	0,735	0,054	0,957	15	15
Miranda et al. (2018) Training 4 weeks	0,131	0,313	0,098	-0,482	0,744	0,418	0,676	21	20
Miranda et al. (2018) Training 8 weeks	0,200	0,313	0,098	-0,414	0,814	0,639	0,523	21	20
Miranda et al. (2018) Training 12 weeks	0,149	0,313	0,098	-0,464	0,762	0,477	0,633	21	20
Peserico et al. (2019) Time to exhaustion	-0,087	0,365	0,133	-0,803	0,629	-0,238	0,812	15	15
Peserico et al. (2019) Time trial	0,085	0,365	0,133	-0,631	0,801	0,232	0,816	15	15
Ferreira-Junior (2018)	0,367	0,412	0,169	-0,440	1,174	0,891	0,373	12	12
	0,128	0,081	0,007	-0,030	0,287	1,585	0,113		

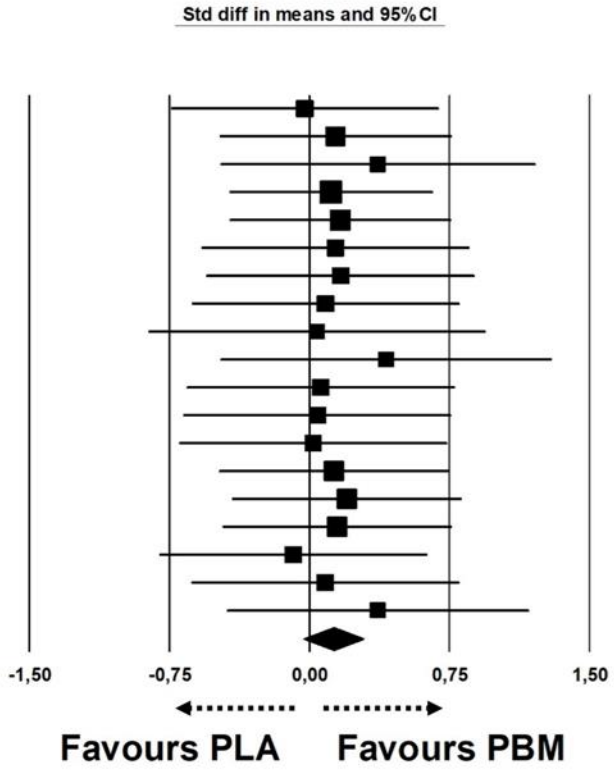


Figura 11. Forest plot da meta-análise comparando o desempenho global de corrida entre as condições de FBM) e placebo (PLA). Intervalo de confiança, IC.

Group by Training	Study name	Std diff in means	Standard error	Variance	Lower limit	Upper limit	Z-Value	p-Value	PBM	PLA
PBM alone	Malta et al. (2016)	-0,025	0,365	0,133	-0,740	0,691	-0,068	0,946	15	15
PBM alone	Lanferdini et al. (2021)	0,140	0,317	0,100	-0,480	0,761	0,442	0,658	20	20
PBM alone	Tomazoni et a. (2019)	0,367	0,430	0,185	-0,476	1,210	0,853	0,394	11	11
PBM alone	Mezzaroba et al. (2018)	0,115	0,278	0,077	-0,429	0,659	0,414	0,679	26	26
PBM alone	De Marchi et al. (2012)	0,165	0,302	0,091	-0,427	0,757	0,547	0,584	22	22
PBM alone	Dellagrana et al. (2018) Dose: 420 J	0,139	0,366	0,134	-0,577	0,856	0,381	0,703	15	15
PBM alone	Dellagrana et al. (2018) Dose: 840 J	0,166	0,366	0,134	-0,551	0,883	0,454	0,650	15	15
PBM alone	Dellagrana et al. (2018) Dose: 1680 J	0,086	0,365	0,133	-0,630	0,802	0,236	0,814	15	15
PBM alone	Dellagrana et al. (2020)	0,041	0,460	0,211	-0,859	0,942	0,090	0,928	9	10
PBM alone	Miranda et al. (2016)	0,411	0,452	0,204	-0,475	1,296	0,909	0,363	10	10
PBM alone	Peserico et al. (2020) Dose: 300 J	0,061	0,365	0,133	-0,655	0,776	0,166	0,868	15	15
PBM alone	Peserico et al. (2020) Dose: 1200 J	0,041	0,365	0,133	-0,675	0,757	0,113	0,910	15	15
PBM alone	Peserico et al. (2020) Dose: 1800 J	0,020	0,365	0,133	-0,696	0,735	0,054	0,957	15	15
PBM alone	Peserico et al. (2019) Time to exhaustion	-0,087	0,365	0,133	-0,803	0,629	-0,238	0,812	15	15
PBM alone	Peserico et al. (2019) Time trial	0,085	0,365	0,133	-0,631	0,801	0,232	0,816	15	15
PBM alone	Ferreira-Junior (2018)	0,367	0,412	0,169	-0,440	1,174	0,891	0,373	12	12
PBM alone		0,120	0,090	0,008	-0,057	0,297	1,329	0,184		
PBM plus training	Miranda et al. (2018) Training 4 weeks	0,131	0,313	0,098	-0,482	0,744	0,418	0,676	21	20
PBM plus training	Miranda et al. (2018) Training 8 weeks	0,200	0,313	0,098	-0,414	0,814	0,639	0,523	21	20
PBM plus training	Miranda et al. (2018) Training 12 weeks	0,149	0,313	0,098	-0,464	0,762	0,477	0,633	21	20
PBM plus training		0,160	0,181	0,033	-0,194	0,514	0,886	0,376		
Overall		0,128	0,081	0,007	-0,030	0,287	1,585	0,113		

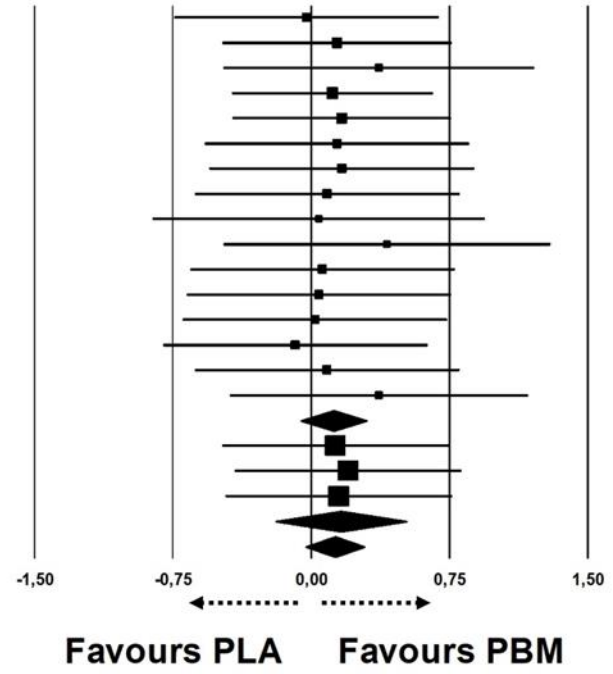


Figura 12. Forest plot da meta-análise comparando o desempenho de corrida entre as condições de FBM e placebo (PLA) na presença (FBM mais treinamento) ou ausência (FBM sozinho) de treinamento de corrida. Intervalo de confiança, IC.

Tabela 6. Análises de subgrupo comparando o desempenho de corrida entre condições de FBM e placebo (PLA) na presença (FBM mais treinamento) ou ausência (FBM sozinho) de treinamento de corrida.

				Heterogeneity test		
	N	**ES (95% CI)**	***P* (interaction)**	**Q**	***P***	**I^2**
Training			0.797			
Presence	3	0.160 (-0.194;0.514)		0.026	0.987	0.0
Absence	15	0.108 (-0.074;0.289)		1.445	1.000	0.0

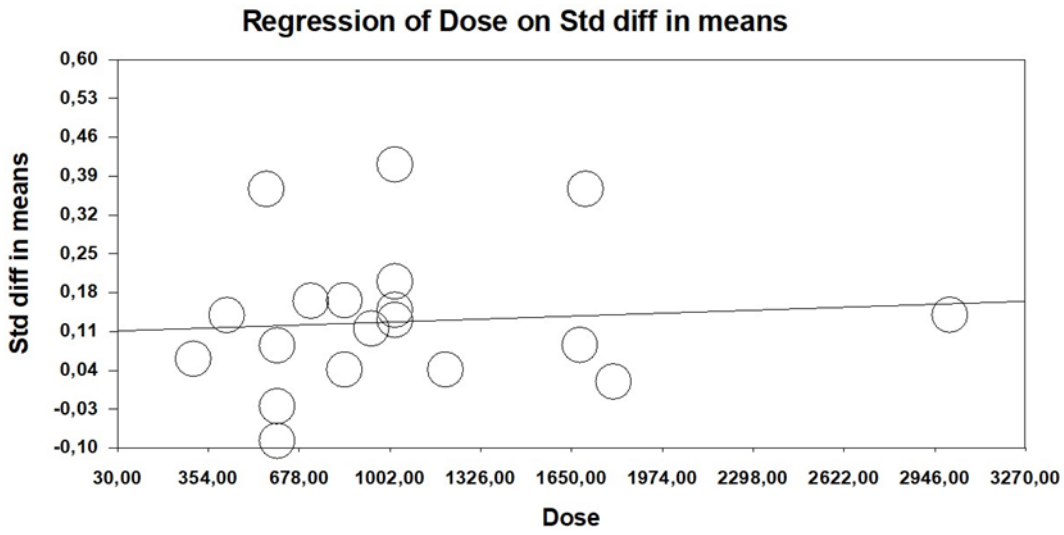


Figura 13. Meta-regressão para dose de irradiação (em joules) comparando o desempenho de corrida entre as condições de FBM e placebo (PLA). A análise de inclinação não indicou efeito dose-resposta para a dose de irradiação (p-valor = 0,82).

6 DISCUSSÃO

6.1 ENSAIO CLÍNICO RANDOMIZADO

O objetivo deste estudo foi identificar um possível efeito dose-resposta da terapia de FBM sobre marcadores de desempenho no teste de corrida de 5 km. Não houve um efeito benéfico da terapia de FBM sobre o tempo de prova e PSE para todas as doses testadas (300, 900, e 1260 J), comparado a condição placebo. Supreendentemente, o aumento da fadiga mental foi atenuado do pré para o pós-teste com a aplicação da dose de 1260 J, sem efeito significante para as outras doses (300 e 900 J).

Neste estudo dose-resposta testamos uma dose (300 J) abaixo da janela terapêutica (360-510 J) sugerida na literatura para praticantes de corrida (FERRARESI; HUANG; HAMBLIN, 2016; VANIN; VERHAGEN; BARBOZA; COSTA *et al.*, 2018) e duas doses (900 e 1260 J) acima da janela terapêutica. Nossos achados corroboram com o estudo de (SEGABINAZI PESERICO; GAROZI; ZAGATTO; MACHADO, 2020), no qual os autores não encontraram diferenças significativas no tempo até à exaustão do teste corrida entre as condições placebo e FBM ativa (doses de 300, 1200 e 1800 J aplicadas no pré-teste) em homens fisicamente ativos. Por outro lado, (DELLAGRANA; ROSSATO; SAKUGAWA; BARONI *et al.*, 2018)) aplicaram três doses de FBM (420, 840, e 1680 J pré-teste), com um dispositivo contendo laser e LEDs, em 15 homens corredores recreacionais, e observaram um aumento do tempo até à exaustão nas doses de 420 e 840 J, sem efeito significante na dose de 1680 J. Nossos resultados em conjunto com os estudos acima mencionados demonstram que os efeitos da FBM ainda são contraditórios, evidenciando a necessidade de novos estudos para confirmar a real eficácia desta terapia.

A literatura sugere a existência de uma possível resposta bifásica da terapia de FBM sobre o desempenho físico, na qual doses inferiores podem resultar em efeitos estimulantes, enquanto doses muito altas podem promover efeito potencialmente inibitório (HAMBLIN, 2017). Todavia, nossos resultados em conjunto com outros estudos envolvendo desempenho de corrida não suportam esta hipótese, uma vez que alguns estudos com dose baixa (300-420 J) (DELLAGRANA; ROSSATO; SAKUGAWA; LAZZARI *et al.*, 2018; SEGABINAZI PESERICO; GAROZI; ZAGATTO; MACHADO, 2020), intermediária (600-1000 J) (DE MARCHI; LEAL JUNIOR; BORTOLI; TOMAZONI *et al.*, 2012; DELLAGRANA; ROSSATO; ORSSATTO; SAKUGAWA *et al.*, 2020a; DELLAGRANA; ROSSATO; SAKUGAWA; LAZZARI *et al.*, 2018; MALTA EDE; DE POLI; BRISOLA; MILIONI *et al.*, 2016; PESERICO; ZAGATTO; MACHADO, 2019) e elevada (1000-3000 J)

(DELLAGRANA; ROSSATO; SAKUGAWA; LAZZARI *et al.*, 2018; LANFERDINI; SILVA; BOENO; SONDA; ROSA, 2021; MIRANDA; TOMAZONI; DE PAIVA; PINTO *et al.*, 2018; MIRANDA; VANIN; TOMAZONI; GRANDINETTI VDOS *et al.*, 2016; SEGABINAZI PESERICO; GAROZI; ZAGATTO; MACHADO, 2020; TOMAZONI; MACHADO; DE MARCHI, 2019) encontraram resultados divergentes, com alguns apresentando efeitos positivos e outros efeitos nulos.

Estes achados contraditórios da literatura podem ser parcialmente explicados pela ampla variedade de equipamentos (laser e LEDs isolados ou em equipamentos mistos) e parâmetros de FBM (dose, *timing*, e músculos irradiados), bem como pela diversidade de testes físicos (campo e laboratorial), e amostra investigada (sexo e nível de treinamento). Vale também ressaltar que a maioria dos estudos publicados até o momento apresentam baixa a moderada qualidade metodológica (VANIN; VERHAGEN; BARBOZA; COSTA *et al.*, 2018) e os estudos envolvendo desempenho de corrida aplicaram doses inferiores a 1200 J. Neste sentido, novos estudos de alta qualidade, particularmente com doses mais elevadas (> 1200 J), são necessários para determinar a real eficácia da terapia de FBM sobre o desempenho de corrida e estabelecer os melhores parâmetros para este fim.

Nossos achados também evidenciaram uma falta de efeito benéfico da FBM sobre a PSE durante o teste de corrida de 5 km. A PSE é validada para o monitoramento da intensidade do exercício (SCHERR; WOLFARTH; CHRISTLE; PRESSLER *et al.*, 2013) e tem sido utilizada como uma medida indireta de desempenho de corrida (DE MARCHI; LEAL JUNIOR; BORTOLI; TOMAZONI *et al.*, 2012; DELLAGRANA; ROSSATO; SAKUGAWA; LAZZARI *et al.*, 2018; FERRARESI; BELTRAME; FABRIZZI; DO NASCIMENTO *et al.*, 2015; MIRANDA; VANIN; TOMAZONI; GRANDINETTI VDOS *et al.*, 2016). Nossos resultados são consistentes com o estudo de (LANFERDINI; SILVA; BOENO; SONDA; ROSA; QUEVEDO; BARONI; REISCHAK-OLIVEIRA; VAZ; PEYRE-TARTARUGA, 2021), no qual não observaram um efeito benéfico da FBM (3000 J) sobre PSE em 20 corredores ou triatletas submetidos ao teste de corrida de 3 km. Adicionalmente, (SEGABINAZI PESERICO; GAROZI; ZAGATTO; MACHADO, 2020) não encontraram redução na PSE após teste incremental máximo em esteira em homens fisicamente ativos que receberam a aplicação de três diferentes doses de FBM com LEDs (300, 1200 e 1800 J). Por outro lado, (MEZZAROBA; PESSOA FILHO; ZAGATTO; MACHADO, 2018) relataram redução nos valores de PSE em homens fisicamente ativos que receberam a terapia de FBM com LEDs (936 J) antes do teste incremental máximo de corrida. Do mesmo modo, (DELLAGRANA; ROSSATO; SAKUGAWA; BARONI *et al.*, 2018) relataram redução da

PSE durante teste de corrida submáxima em esteira à 8 e 9 km/h em homens corredores recreacionais que receberam a terapia de FBM com 420 e 840 J. Curiosamente, os estudos que observaram efeito benéfico nos valores de PSE também observaram melhora no desempenho final do teste de corrida, indicando que a PSE podem ser uma importante ferramenta para medida indireta de desempenho de corrida em resposta à terapia de FBM. Todavia, esta suposição é meramente especulativa e requer futuras investigações.

Neste estudo também avaliamos os efeitos da terapia de FBM sobre a fadiga mental induzida pelo teste de corrida. A fadiga mental pode ser definida como um estado psicobiológico causado por esforço cognitivo prolongado que pode impactar no desempenho físico (MEEUSEN; VAN CUTSEM; ROELANDS, 2021). Entretanto, os mecanismos de influência da fadiga mental no desempenho físico, especialmente na corrida, ainda são desconhecidos (MARCORA; STAIANO; MANNING, 2009; SMITH; MARCORA; COUTTS, 2015). Evidências sugerem que a fadiga mental limite a tolerância ao exercício em humanos por meio de uma maior percepção de esforço. Em nosso estudo utilizamos uma escala de fadiga mental (0-10) baseada na escala utilizada em ciclistas (SALAM; MARCORA; HOPKER, 2018). Houve um aumento significante da fadiga mental após o teste de corrida nas condições placebo, 300 e 900 J; todavia, o tratamento com FBM à 1260 J atenuou o aumento da fadiga mental, sugerindo um possível efeito psicológico da terapia de FBM durante eventos de corrida de longa distância. Nosso estudo foi o primeiro a investigar os efeitos da FBM sobre a fadiga mental em teste de corrida; portanto, novos estudos são necessários para determinar como a terapia de FBM pode melhorar a fadiga mental em provas de corrida.

6.2 REVISÃO SISTEMÁTICA

O objetivo desta revisão sistemática com meta-análise foi determinar o possível efeito da FBM no desempenho da corrida. Nosso estudo não encontrou efeito a favor da FBM sozinha ou combinada com programa de treinamento no desempenho de corrida em termos de teste de contrarrelógio e tempo até a exaustão, e nenhum efeito dose-resposta foi observado.

Todos os estudos incluídos em nossa revisão sistemática têm qualidade metodológica boa a excelente, conforme indicado pela escala PEDro (escore médio =7,75), e nenhum estudo obteve classificação de qualidade moderada a baixa. Isso indica que as evidências atuais sobre o tópico são supostamente confiáveis para determinar um possível efeito da FBM no desempenho da corrida. Uma análise de subgrupo foi realizada para verificar os efeitos da FBM combinada ao treinamento comparado a FBM sozinha, porém nenhum efeito a favor da FBM

foi identificado associada ou não ao treinamento de corrida (p=0,7). Vale ressaltar que apenas um estudo (MIRANDA; TOMAZONI; DE PAIVA; PINTO *et al*., 2018) investigou o efeito da FBM associada a um programa de treinamento de corrida aeróbica por 4, 8 e 12 semanas, respectivamente, indicando que mais estudos são necessários para confirmar o efeito da FBM mais o treinamento físico no desempenho da corrida.

Também realizamos uma análise de meta-regressão para investigar o efeito dose-resposta da FBM no desempenho da corrida, e nenhum efeito foi encontrado ao comparar FBM ativa e placebo. Apenas dois dos estudos incluídos em nossa revisão testaram três doses diferentes de FBM (variando de 300 a 1800 J) no desempenho de corrida em corredores recreativos do sexo masculino (DELLAGRANA; ROSSATO; SAKUGAWA; BARONI *et al*., 2018; SEGABINAZI PESERICO; GAROZI; ZAGATTO; MACHADO, 2020) e foram observados resultados contraditórios. Portanto, estudos adicionais de dose-resposta são necessários para determinar a eficácia da FBM no desempenho da corrida.

Outro achado de nossa revisão sistemática diz respeito à dose de irradiação utilizada nos estudos, a maior concentração de estudos aplicaram doses entre 350 e 1000 J. Apenas seis estudos utilizaram doses totais superiores a 1000 J incluídos em nossa revisão (DELLAGRANA; ROSSATO; SAKUGAWA; BARONI *et al*., 2018) (1680 J), (LANFERDINI; SILVA; BOENO; SONDA; ROSA, 2021) (3000 J), (MIRANDA; VANIN; TOMAZONI; GRANDINETTI VDOS *et al*., 2016) (1020 J), (MIRANDA; TOMAZONI; DE PAIVA; PINTO *et al*., 2018) (1020 J), (PESERICO; ZAGATTO; MACHADO, 2019) (1200 e 1800 J) e (TOMAZONI; MACHADO; DE MARCHI, 2019) (1700 Joules), indicando que mais estudos com doses superiores a 1000 J são necessários para determinar o efeito dose-resposta da FBM no desempenho da corrida.

Nossos achados são consistentes com uma meta-análise recente (DUTRA; MALTA; ELIAS; BROATCH *et al*., 2022), na qual também não foram encontradas diferenças estatísticas no desempenho de corrida (ou seja, tempo até a exaustão, contrarrelógio e *sprints* de corrida) entre as condições de FBM e placebo em 8 estudos analisados (n = 147 participantes). Uma das explicações dos autores para esse resultado se deve à heterogeneidade dos estudos, principalmente quanto à variedade de testes aplicados (testes de carga constante, testes máximos e testes de sprint) e parâmetros de FBM. No entanto, é importante notar que quase todos os estudos incluídos em nossa revisão mostraram um pequeno efeito a favor da terapia com FBM, em comparação ao placebo, o que pode ser decisivo em um contexto competitivo. Além disso, os estudos publicados até o momento sobre esse tema ainda não conseguiram

determinar o efeito dose-resposta da FBM no desempenho da corrida, sendo necessário investigar outras doses de irradiação, principalmente doses superiores a 1000 J.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A terapia de FBM com doses à 300, 900 e 1260 J não melhorou o tempo de prova e a PSE, mas atenuou o aumento da fadiga mental na dose de 1260 J durante o teste de corrida de 5 km. Em adição, no estudo de meta-análise envolvendo 12 ensaios clínicos randomizados não constatamos um efeito significante da FBM sobre o desempenho de corrida (tempo contrarrelógio e tempo até exaustão). A maioria dos estudos analisou o efeito isolado da terapia de FBM e utilizou doses inferiores a 1000 J, evidenciando a necessidade de novo estudos envolvendo a combinação de FBM com outras intervenções (ex: exercício físico) e doses superiores a 1000 J.

8 REFERÊNCIAS

ABREU, J. S. S.; DOS SANTOS, G. V.; FONSATI, L.; MARQUES, N. R. *et al.* Time-Response of Photobiomodulation Therapy by Light-Emitting Diodes on Muscle Torque and Fatigue Resistance in Young Men: Randomized, Double-Blind, Crossover and Placebo-Controlled Study. **Photobiomodul Photomed Laser Surg**, 38, n. 12, p. 750-757, Dec 2020.

ALMEIDA, J. N.; PRADO, W. L.; TERRA, C. M.; OLIVEIRA, M. G. *et al.* Effects of photobiomodulation on muscle strength in post-menopausal women submitted to a resistance training program. **Lasers Med Sci**, 35, n. 2, p. 355-363, Mar 2020.

ALVES, A. N.; FERNANDES, K. P.; DEANA, A. M.; BUSSADORI, S. K. *et al.* Effects of low-level laser therapy on skeletal muscle repair: a systematic review. **Am J Phys Med Rehabil**, 93, n. 12, p. 1073-1085, Dec 2014.

ANTONIALLI, F. C.; DE MARCHI, T.; TOMAZONI, S. S.; VANIN, A. A. *et al.* Phototherapy in skeletal muscle performance and recovery after exercise: effect of combination of super-pulsed laser and light-emitting diodes. **Lasers Med Sci**, 29, n. 6, p. 1967-1976, Nov 2014.

AZUMA, R. H. E.; MERLO, J. K.; JACINTO, J. L.; BORIM, J. M. *et al.* Photobiomodulation Therapy at 808 nm Does Not Improve Biceps Brachii Performance to Exhaustion and Delayed-

Onset Muscle Soreness in Young Adult Women: A Randomized, Controlled, Crossover Trial. **Front Physiol**, 12, p. 664582, 2021.

BAROLET, D. Light-emitting diodes (LEDs) in dermatology. **Semin Cutan Med Surg**, 27, n. 4, p. 227-238, Dec 2008.

BARONI, B. M.; LEAL JUNIOR, E. C.; DE MARCHI, T.; LOPES, A. L. *et al.* Low level laser therapy before eccentric exercise reduces muscle damage markers in humans. **Eur J Appl Physiol**, 110, n. 4, p. 789-796, Nov 2010.

BARONI, B. M.; LEAL JUNIOR, E. C.; GEREMIA, J. M.; DIEFENTHAELER, F. *et al.* Effect of light-emitting diodes therapy (LEDT) on knee extensor muscle fatigue. **Photomed Laser Surg**, 28, n. 5, p. 653-658, Oct 2010.

BINGÖL, U.; ALTAN, L.; YURTKURAN, M. Low-power laser treatment for shoulder pain. **Photomed Laser Surg**, 23, n. 5, p. 459-464, Oct 2005.

BORG, G. A. V. Psychophysical bases of perceived exertion. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, 14, n. 5, p. 377-381, 1982.

BORSA, P. A.; LARKIN, K. A.; TRUE, J. M. Does phototherapy enhance skeletal muscle contractile function and postexercise recovery? A systematic review. **J Athl Train**, 48, n. 1, p. 57-67, Jan-Feb 2013.

BROSSEAU, L.; ROBINSON, V.; WELLS, G.; DEBIE, R. *et al.* Low level laser therapy (Classes I, II and III) for treating rheumatoid arthritis. **Cochrane Database Syst Rev**, n. 4, p. CD002049, Oct 19 2005.

CASHIN, A. G.; MCAULEY, J. H. Clinimetrics: Physiotherapy Evidence Database (PEDro) Scale. **J Physiother**, 66, n. 1, p. 59, Jan 2020.

CASTANO, A. P.; DAI, T.; YAROSLAVSKY, I.; COHEN, R. *et al.* Low-level laser therapy for zymosan-induced arthritis in rats: Importance of illumination time. **Lasers Surg Med**, 39, n. 6, p. 543-550, Jul 2007.

CHUNG, H.; DAI, T.; SHARMA, S. K.; HUANG, Y. Y. *et al.* The nuts and bolts of low-level laser (light) therapy. **Ann Biomed Eng**, 40, n. 2, p. 516-533, Feb 2012.

DA CUNHA, R. A.; PINFILDI, C. E.; DE CASTRO POCHINI, A.; COHEN, M. Photobiomodulation therapy and NMES improve muscle strength and jumping performance in young volleyball athletes: a randomized controlled trial study in Brazil. **Lasers Med Sci**, 35, n. 3, p. 621-631, Apr 2020.

DE FREITAS, L. F.; HAMBLIN, M. R. Proposed Mechanisms of Photobiomodulation or Low-Level Light Therapy. **IEEE J Sel Top Quantum Electron**, 22, n. 3, May-Jun 2016.

DE MARCHI, T.; LEAL-JUNIOR, E. C. P.; LANDO, K. C.; CIMADON, F. *et al.* Photobiomodulation therapy before futsal matches improves the staying time of athletes in the court and accelerates post-exercise recovery. **Lasers Med Sci**, 34, n. 1, p. 139-148, Feb 2019.

DE MARCHI, T.; LEAL JUNIOR, E. C.; BORTOLI, C.; TOMAZONI, S. S. *et al.* Low-level laser therapy (LLLT) in human progressive-intensity running: effects on exercise performance, skeletal muscle status, and oxidative stress. **Lasers Med Sci**, 27, n. 1, p. 231-236, Jan 2012.

DE OLIVEIRA, H. A.; ANTONIO, E. L.; SILVA, F. A.; DE CARVALHO, P. T. C. *et al.* Protective effects of photobiomodulation against resistance exercise-induced muscle damage and inflammation in rats. **J Sports Sci**, 36, n. 20, p. 2349-2357, Oct 2018.

DELLAGRANA, R. A.; ROSSATO, M.; ORSSATTO, L. B. R.; SAKUGAWA, R. L. *et al.* Effect of Photobiomodulation Therapy in the 1500 m Run: An Analysis of Performance and Individual Responsiveness. **Photobiomodul Photomed Laser Surg**, 38, n. 12, p. 734-742, Dec 2020a.

DELLAGRANA, R. A.; ROSSATO, M.; SAKUGAWA, R. L.; BARONI, B. M. *et al.* Photobiomodulation Therapy on Physiological and Performance Parameters During Running Tests: Dose-Response Effects. **J Strength Cond Res**, 32, n. 10, p. 2807-2815, Oct 2018.

DELLAGRANA, R. A.; ROSSATO, M.; SAKUGAWA, R. L.; LAZZARI, C. D. *et al.* Dose-response effect of photobiomodulation therapy on neuromuscular economy during submaximal running. **Lasers Med Sci**, 33, n. 2, p. 329-336, Feb 2018.

DOMPE, C.; MONCRIEFF, L.; MATYS, J.; GRZECH-LESNIAK, K. *et al.* Photobiomodulation-Underlying Mechanism and Clinical Applications. **J Clin Med**, 9, n. 6, Jun 3 2020.

DUTRA, Y. M.; MALTA, E. S.; ELIAS, A. S.; BROATCH, J. R. *et al.* Deconstructing the Ergogenic Effects of Photobiomodulation: A Systematic Review and Meta-analysis of its Efficacy in Improving Mode-Specific Exercise Performance in Humans. **Sports Med**, Jul 8 2022.

DUVAL, S.; TWEEDIE, R. Trim and fill: A simple funnel-plot-based method of testing and adjusting for publication bias in meta-analysis. **Biometrics**, 56, n. 2, p. 455-463, Jun 2000.

ENWEMEKA, C. S. Intricacies of dose in laser phototherapy for tissue repair and pain relief. **Photomed Laser Surg**, 27, n. 3, p. 387-393, Jun 2009.

ESNOUF, A.; WRIGHT, P. A.; MOORE, J. C.; AHMED, S. Depth of penetration of an 850nm wavelength low level laser in human skin. **Acupunct Electrother Res**, 32, n. 1-2, p. 81-86, 2007.

FERRARESI, C.; BELTRAME, T.; FABRIZZI, F.; DO NASCIMENTO, E. S. *et al.* Muscular pre-conditioning using light-emitting diode therapy (LEDT) for high-intensity exercise: a randomized double-blind placebo-controlled trial with a single elite runner. **Physiother Theory Pract**, 31, n. 5, p. 354-361, Jul 2015.

FERRARESI, C.; BERTUCCI, D.; SCHIAVINATO, J.; REIFF, R. *et al.* Effects of Light-Emitting Diode Therapy on Muscle Hypertrophy, Gene Expression, Performance, Damage, and Delayed-Onset Muscle Soreness: Case-control Study with a Pair of Identical Twins. **Am J Phys Med Rehabil**, 95, n. 10, p. 746-757, Oct 2016.

FERRARESI, C.; DE BRITO OLIVEIRA, T.; DE OLIVEIRA ZAFALON, L.; DE MENEZES REIFF, R. B. *et al.* Effects of low level laser therapy (808 nm) on physical strength training in humans. **Lasers Med Sci**, 26, n. 3, p. 349-358, May 2011.

FERRARESI, C.; DE SOUSA, M. V.; HUANG, Y. Y.; BAGNATO, V. S. *et al.* Time response of increases in ATP and muscle resistance to fatigue after low-level laser (light) therapy (LLLT) in mice. **Lasers Med Sci**, 30, n. 4, p. 1259-1267, May 2015.

FERRARESI, C.; HAMBLIN, M. R.; PARIZOTTO, N. A. Low-level laser (light) therapy (LLLT) on muscle tissue: performance, fatigue and repair benefited by the power of light. **Photonics Lasers Med**, 1, n. 4, p. 267-286, Nov 1 2012.

FERRARESI, C.; HUANG, Y. Y.; HAMBLIN, M. R. Photobiomodulation in human muscle tissue: an advantage in sports performance? **J Biophotonics**, 9, n. 11-12, p. 1273-1299, Dec 2016.

FERRARESI, C.; KAIPPERT, B.; AVCI, P.; HUANG, Y. Y. *et al.* Low-level laser (light) therapy increases mitochondrial membrane potential and ATP synthesis in C2C12 myotubes with a peak response at 3-6 h. **Photochem Photobiol**, 91, n. 2, p. 411-416, Mar-Apr 2015.

FERREIRA JUNIOR, A.; KASPCHAK, L. A. M.; BERTUZZI, R.; OKUNO, N. M. Effects of light-emitting diode irradiation on time to exhaustion at maximal aerobic speed. **Lasers Med Sci**, 33, n. 4, p. 935-939, May 2018.

GOSTON, J. L.; CORREIA, M. I. Intake of nutritional supplements among people exercising in gyms and influencing factors. **Nutrition**, 26, n. 6, p. 604-611, Jun 2010.

GUR, A.; SARAC, A. J.; CEVIK, R.; ALTINDAG, O. *et al.* Efficacy of 904 nm gallium arsenide low level laser therapy in the management of chronic myofascial pain in the neck: a double-blind and randomize-controlled trial. **Lasers Surg Med**, 35, n. 3, p. 229-235, 2004.

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

HUANG, Y. Y.; SHARMA, S. K.; CARROLL, J.; HAMBLIN, M. R. Biphasic dose response in low level light therapy - an update. **Dose Response**, 9, n. 4, p. 602-618, 2011.

JOVICIĆ, M.; KONSTANTINOVIĆ, L.; LAZOVIĆ, M.; JOVICIĆ, V. Clinical and functional evaluation of patients with acute low back pain and radiculopathy treated with different energy doses of low level laser therapy. **Vojnosanit Pregl**, 69, n. 8, p. 656-662, Aug 2012.

KERKSICK, C. M.; WILBORN, C. D.; ROBERTS, M. D.; SMITH-RYAN, A. *et al.* ISSN exercise & sports nutrition review update: research & recommendations. **J Int Soc Sports Nutr**, 15, n. 1, p. 38, Aug 1 2018.

LANFERDINI, F. J.; BINI, R. R.; BARONI, B. M.; KLEIN, K. D. *et al.* Improvement of Performance and Reduction of Fatigue With Low-Level Laser Therapy in Competitive Cyclists. **Int J Sports Physiol Perform**, 13, n. 1, p. 14-22, Jan 1 2018.

LANFERDINI, F. J.; KRÜGER, R. L.; BARONI, B. M.; LAZZARI, C. *et al.* Low-level laser therapy improves the VO(2) kinetics in competitive cyclists. **Lasers Med Sci**, 33, n. 3, p. 453-460, Apr 2018.

LANFERDINI, F. J.; SILVA, E. S.; BOENO, F. P.; SONDA, F. C. *et al.* Effect of photobiomodulation therapy on performance and running economy in runners: A randomized double-blinded placebo-controlled trial. **J Sports Sci**, 39, n. 12, p. 1348-1355, Jun 2021.

LEAL-JUNIOR, E. C.; VANIN, A. A.; MIRANDA, E. F.; DE CARVALHO PDE, T. *et al.* Effect of phototherapy (low-level laser therapy and light-emitting diode therapy) on exercise performance and markers of exercise recovery: a systematic review with meta-analysis. **Lasers Med Sci**, 30, n. 2, p. 925-939, Feb 2015.

LEAL-JUNIOR, E. C. P.; LOPES-MARTINS RÁ, B.; BJORDAL, J. M. Clinical and scientific recommendations for the use of photobiomodulation therapy in exercise performance

enhancement and post-exercise recovery: current evidence and future directions. **Braz J Phys Ther**, 23, n. 1, p. 71-75, Jan-Feb 2019.

LEAL JUNIOR, E. C.; DE GODOI, V.; MANCALOSSI, J. L.; ROSSI, R. P. *et al.* Comparison between cold water immersion therapy (CWIT) and light emitting diode therapy (LEDT) in short-term skeletal muscle recovery after high-intensity exercise in athletes--preliminary results. **Lasers Med Sci**, 26, n. 4, p. 493-501, Jul 2011.

LEAL JUNIOR, E. C.; LOPES-MARTINS, R. A.; BARONI, B. M.; DE MARCHI, T. *et al.* Effect of 830 nm low-level laser therapy applied before high-intensity exercises on skeletal muscle recovery in athletes. **Lasers Med Sci**, 24, n. 6, p. 857-863, Nov 2009.

LEAL JUNIOR, E. C.; LOPES-MARTINS, R. A.; DALAN, F.; FERRARI, M. *et al.* Effect of 655-nm low-level laser therapy on exercise-induced skeletal muscle fatigue in humans. **Photomed Laser Surg**, 26, n. 5, p. 419-424, Oct 2008.

LEAL JUNIOR, E. C.; LOPES-MARTINS, R. A.; FRIGO, L.; DE MARCHI, T. *et al.* Effects of low-level laser therapy (LLLT) in the development of exercise-induced skeletal muscle fatigue and changes in biochemical markers related to postexercise recovery. **J Orthop Sports Phys Ther**, 40, n. 8, p. 524-532, Aug 2010.

LIBERATI, A.; ALTMAN, D. G.; TETZLAFF, J.; MULROW, C. *et al.* The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate healthcare interventions: explanation and elaboration. **BMJ**, 339, p. b2700, Jul 21 2009.

MACEDO, M. M.; MAFRA, F. F. P.; TEIXEIRA, C. B.; TORRES-SILVA, R. *et al.* Photobiomodulation Therapy Modulates Muscle Gene Expression and Improves Performance of Rats Subjected to a Chronic Resistance Exercise Protocol. **Photobiomodul Photomed Laser Surg**, 38, n. 12, p. 713-719, Dec 2020.

MALTA EDE, S.; DE POLI, R. A.; BRISOLA, G. M.; MILIONI, F. *et al.* Acute LED irradiation does not change the anaerobic capacity and time to exhaustion during a high-intensity running effort: a double-blind, crossover, and placebo-controlled study : Effects of LED irradiation on anaerobic capacity and performance in running. **Lasers Med Sci**, 31, n. 7, p. 1473-1480, Sep 2016.

MANDIĆ, M.; RANCIÉ, N. [Low power laser in the treatment of the acute low back pain]. **Vojnosanit Pregl**, 68, n. 1, p. 57-61, Jan 2011.

MARCORA, S. M.; STAIANO, W.; MANNING, V. Mental fatigue impairs physical performance in humans. **J Appl Physiol (1985)**, 106, n. 3, p. 857-864, Mar 2009.

MEEUSEN, R.; VAN CUTSEM, J.; ROELANDS, B. Endurance exercise-induced and mental fatigue and the brain. **Exp Physiol**, 106, n. 12, p. 2294-2298, Dec 2021.

MEINHARDT, M.; KREBS, R.; ANDERS, A.; HEINRICH, U. *et al.* Wavelength-dependent penetration depths of ultraviolet radiation in human skin. **J Biomed Opt**, 13, n. 4, p. 044030, Jul-Aug 2008.

MEZZAROBA, P. V.; PESSOA FILHO, D. M.; ZAGATTO, A. M.; MACHADO, F. A. LED session prior incremental step test enhance VO2max in running. **Lasers Med Sci**, 33, n. 6, p. 1263-1270, Aug 2018.

MIRANDA, E. F.; TOMAZONI, S. S.; DE PAIVA, P. R. V.; PINTO, H. D. *et al.* When is the best moment to apply photobiomodulation therapy (PBMT) when associated to a treadmill endurance-training program? A randomized, triple-blinded, placebo-controlled clinical trial. **Lasers Med Sci**, 33, n. 4, p. 719-727, May 2018.

MIRANDA, E. F.; VANIN, A. A.; TOMAZONI, S. S.; GRANDINETTI VDOS, S. *et al.* Using Pre-Exercise Photobiomodulation Therapy Combining Super-Pulsed Lasers and Light-Emitting Diodes to Improve Performance in Progressive Cardiopulmonary Exercise Tests. **J Athl Train**, 51, n. 2, p. 129-135, Feb 2016.

ORSSATTO, L. B. R.; ROSSATO, M.; VARGAS, M.; DIEFENTHAELER, F. *et al.* Photobiomodulation Therapy Effects on Resistance Training Volume and Discomfort in Well-Trained Adults: A Randomized, Double-Blind, Placebo-Controlled Trial. **Photobiomodul Photomed Laser Surg**, 38, n. 12, p. 720-726, Dec 2020.

PAGE, M. J.; MCKENZIE, J. E.; BOSSUYT, P. M.; BOUTRON, I. *et al.* The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. **Syst Rev**, 10, n. 1, p. 89, Mar 29 2021.

PESERICO, C. S.; ZAGATTO, A. M.; MACHADO, F. A. Effects of Endurance Running Training Associated With Photobiomodulation on 5-Km Performance and Muscle Soreness: A Randomized Placebo-Controlled Trial. **Front Physiol**, 10, p. 211, 2019.

PINHEIRO, A. L.; SOARES, L. G.; CANGUSSU, M. C.; SANTOS, N. R. *et al.* Effects of LED phototherapy on bone defects grafted with MTA, bone morphogenetic proteins and guided

bone regeneration: a Raman spectroscopic study. **Lasers Med Sci**, 27, n. 5, p. 903-916, Sep 2012.

ROSSATO, M.; DELLAGRANA, R. A.; SAKUGAWA, R. L.; BARONI, B. M. *et al.* Dose-Response Effect of Photobiomodulation Therapy on Muscle Performance and Fatigue During a Multiple-Set Knee Extension Exercise: A Randomized, Crossover, Double-Blind Placebo-Controlled Trial. **Photobiomodul Photomed Laser Surg**, 38, n. 12, p. 758-765, Dec 2020.

ROSSATO, M.; DELLAGRANA, R. A.; SAKUGAWA, R. L.; LAZZARI, C. D. *et al.* Time Response of Photobiomodulation Therapy on Muscular Fatigue in Humans. **J Strength Cond Res**, 32, n. 11, p. 3285-3293, Nov 2018.

SALAM, H.; MARCORA, S. M.; HOPKER, J. G. The effect of mental fatigue on critical power during cycling exercise. **Eur J Appl Physiol**, 118, n. 1, p. 85-92, Jan 2018.

SANTOS, C. P.; AGUIAR, A. F.; GIOMETTI, I. C.; MARIANO, T. B. *et al.* High final energy of gallium arsenide laser increases MyoD gene expression during the intermediate phase of muscle regeneration after cryoinjury in rats. **Lasers Med Sci**, 33, n. 4, p. 843-850, May 2018.

SANTOS, I. A. D.; LEMOS, M. P.; COELHO, V. H. M.; ZAGATTO, A. M. *et al.* Acute Photobiomodulation Does Not Influence Specific High-Intensity and Intermittent Performance in Female Futsal Players. **Int J Environ Res Public Health**, 17, n. 19, Oct 4 2020.

SCHERR, J.; WOLFARTH, B.; CHRISTLE, J. W.; PRESSLER, A. *et al.* Associations between Borg's rating of perceived exertion and physiological measures of exercise intensity. **Eur J Appl Physiol**, 113, n. 1, p. 147-155, Jan 2013.

SEGABINAZI PESERICO, C.; GAROZI, L.; ZAGATTO, A. M.; MACHADO, F. A. Does Previous Application of Photobiomodulation Using Light-Emitting Diodes at Different Energy Doses Modify the Peak Running Velocity and Physiological Parameters? A Randomized, Crossover, Double-Blind, and Placebo-Controlled Study. **Photobiomodul Photomed Laser Surg**, 38, n. 12, p. 727-733, Dec 2020.

SENEKAL, M.; MELTZER, S.; HORNE, A.; ABREY, N. C. G. *et al.* Dietary supplement use in younger and older men exercising at gyms in Cape Town. **South African Journal of Clinical Nutrition**, 34, n. 1, p. 1-8, 2019.

SILVER, M. D. Use of ergogenic aids by athletes. **J Am Acad Orthop Surg**, 9, n. 1, p. 61-70, Jan-Feb 2001.

SMITH, M. R.; MARCORA, S. M.; COUTTS, A. J. Mental Fatigue Impairs Intermittent Running Performance. **Med Sci Sports Exerc**, 47, n. 8, p. 1682-1690, Aug 2015.

TOMA, R. L.; TUCCI, H. T.; ANTUNES, H. K.; PEDRONI, C. R. *et al.* Effect of 808 nm low-level laser therapy in exercise-induced skeletal muscle fatigue in elderly women. **Lasers Med Sci**, 28, n. 5, p. 1375-1382, Sep 2013.

TOMA, R. L.; VASSÃO, P. G.; ASSIS, L.; ANTUNES, H. K. *et al.* Low level laser therapy associated with a strength training program on muscle performance in elderly women: a randomized double blind control study. **Lasers Med Sci**, 31, n. 6, p. 1219-1229, Aug 2016.

TOMAZONI, S. S.; MACHADO, C.; DE MARCHI, T.; CASALECHI, H. L. *et al.* Infrared Low-Level Laser Therapy (Photobiomodulation Therapy) before Intense Progressive Running Test of High-Level Soccer Players: Effects on Functional, Muscle Damage, Inflammatory, and Oxidative Stress Markers-A Randomized Controlled Trial. **Oxid Med Cell Longev**, 2019, p. 6239058, 2019.

TSUK, S.; LEV, Y. H.; FOX, O.; CARASSO, R. *et al.* Does Photobiomodulation Therapy Enhance Maximal Muscle Strength and Muscle Recovery? **J Hum Kinet**, 73, p. 135-144, Jul 2020.

TUCCI, H. T.; FIGUEIREDO, D. S.; DE PAULA CARVALHO, R.; SOUZA, A. C. F. *et al.* Quadriceps femoris performance after resistance training with and without photobiomodulation in elderly women: a randomized clinical trial. **Lasers Med Sci**, 34, n. 8, p. 1583-1594, Oct 2019.

VANIN, A. A.; MIRANDA, E. F.; MACHADO, C. S.; DE PAIVA, P. R. *et al.* What is the best moment to apply phototherapy when associated to a strength training program? A randomized, double-blinded, placebo-controlled trial : Phototherapy in association to strength training. **Lasers Med Sci**, 31, n. 8, p. 1555-1564, Nov 2016.

VANIN, A. A.; VERHAGEN, E.; BARBOZA, S. D.; COSTA, L. O. P. *et al.* Photobiomodulation therapy for the improvement of muscular performance and reduction of muscular fatigue associated with exercise in healthy people: a systematic review and meta-analysis. **Lasers Med Sci**, 33, n. 1, p. 181-214, Jan 2018.

VASSAO, P. G.; BALDINI, G. S.; VIEIRA, K.; BALAO, A. B. *et al.* Acute Photobiomodulation Effects Through a Cluster Device on Skeletal Muscle Fatigue of Biceps Brachii in Young and Healthy Males: A Randomized Double-Blind Session. **Photobiomodul Photomed Laser Surg**, 38, n. 12, p. 773-779, Dec 2020.

VASSÃO, P. G.; TOMA, R. L.; ANTUNES, H. K.; TUCCI, H. T. *et al.* Effects of photobiomodulation on the fatigue level in elderly women: an isokinetic dynamometry evaluation. **Lasers Med Sci**, 31, n. 2, p. 275-282, Feb 2016.

VASSÃO, P. G.; TOMA, R. L.; ANTUNES, H. K. M.; RENNO, A. C. M. Photobiomodulation and physical exercise on strength, balance and functionality of elderly women. **Fisioterapia em Movimento**, 31, n. 0, 2018.

VIEIRA, W. H.; FERRARESI, C.; PEREZ, S. E.; BALDISSERA, V. *et al.* Effects of low-level laser therapy (808 nm) on isokinetic muscle performance of young women submitted to endurance training: a randomized controlled clinical trial. **Lasers Med Sci**, 27, n. 2, p. 497-504, Mar 2012.

WILLIAMS, M. H. Ergogenic and ergolytic substances. **Med Sci Sports Exerc**, 24, n. 9 Suppl, p. S344-348, Sep 1992.

YAMATO, T. P.; MAHER, C.; KOES, B.; MOSELEY, A. The PEDro scale had acceptably high convergent validity, construct validity, and interrater reliability in evaluating methodological quality of pharmaceutical trials. **J Clin Epidemiol**, 86, p. 176-181, Jun 2017.

- ANEXOS -

ANEXO I

ESCALA DE PERCEPÇÃO SUBJETIVA DE ESFORÇO (PSE)

(BORG, 1982)

6.

7. MUITO FÁCIL

8.

9. FÁCIL

10

11. RELATIVAMENTE FÁCILO

12.

13. LIGEIRAMENTE CANSATIVO

14.

15. CANSATIVO

16.

17. MUITO CANSATIVO

18.

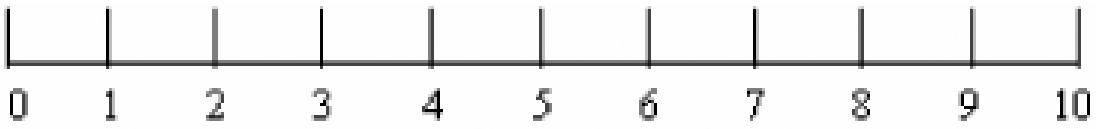
19. EXAUSTO

20.

ANEXO II

ESCALA DE FADIGA MENTAL

(SALAM; MARCORA; HOPKER, 2018)



ANEXO III

UNIVERSIDADE NORTE DO PARANÁ - UNOPAR

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: EFEITOS DA FOTOBIOMODULAÇÃO SOBRE MARCADORES DE DESEMPENHO DE CORRIDA EM ADULTOS JOVENS TREINADOS

Pesquisador: Andreo Fernando Aguiar

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 56269622.0.0000.0108

Instituição Proponente: EDITORA E DISTRIBUIDORA EDUCACIONAL S/A

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 5.350.785

Apresentação do Projeto:

As informações elencadas nos campos "Apresentação do Projeto", "Objetivo da Pesquisa" e "Avaliação dos Riscos e Benefícios" foram retiradas do arquivo Informações Básicas da Pesquisa (PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1904004.pdf, de 31/03/2022) e do Projeto Detalhado (Projeto_de_Pesquisa.pdf, de 24/02/2022).

INTRODUÇÃO:

Praticantes de corrida geralmente utilizam diferentes estratégias ergogênicas, como por exemplo calçados, condições de superfície, suplementos nutricionais, e recursos farmacológicos, associadas ao programa de treinamento para melhorar o desempenho físico (DELLAGRANA; ROSSATO; SAKUGAWA; BARONI et al., 2018). Mais recentemente, a terapia de fotobiomodulação (FBM) também tem sido defendida como uma importante estratégia não farmacológica para melhorar o desempenho na corrida (DE MARCHI; LEAL JUNIOR; BORTOLI; TOMAZONI et al., 2012). A FBM é uma modalidade fototerápica não invasiva que emite luz que abrange do espectro vermelho ao infravermelho através do laser de baixa potência (LBP) ou diodos emissores de luz (LEDs). A ação da irradiação ocorre principalmente nas mitocôndrias musculares, resultando em mudanças estruturais e metabólicas que aumentam a síntese de adenosina trifosfato (ATP) (DELLAGRANA; ROSSATO; SAKUGAWA; LAZZARI et al., 2018). Desta forma, tem sido postulado que a FBM pode

Endereço: Rua Marselha, 591
Bairro: Jardim Piza **CEP:** 86.041-140
UF: PR **Município:** LONDRINA
Telefone: (43)3371-9849 **E-mail:** cep@unopar.br

Eventuais modificações no protocolo de pesquisa durante sua execução devem ser informadas ao CEP UNOPAR como EMENDA, identificando as alterações, juntamente com a apresentação da justificativa. Caso os relatórios pertinentes não sejam apresentados, o CEP poderá suspender temporariamente novas análises de outros protocolos de pesquisa do(a) mesmo(a) pesquisador(a) responsável.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1904004.pdf	31/03/2022 17:01:47		Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.pdf	31/03/2022 16:59:40	Andreo Fernando Aguiar	Aceito
Outros	Justificativa_de_preenchimento_grupos_experimentais.pdf	26/02/2022 09:50:57	Andreo Fernando Aguiar	Aceito
Folha de Rosto	FolhaDeRosto_Assinada.pdf	26/02/2022 09:38:43	Andreo Fernando Aguiar	Aceito
Outros	IPAQ.pdf	24/02/2022 16:46:40	Andreo Fernando Aguiar	Aceito
Outros	Questionario_de_triagem.pdf	24/02/2022 16:44:20	Andreo Fernando Aguiar	Aceito
Outros	Escala_de_Borg.pdf	24/02/2022 16:43:31	Andreo Fernando Aguiar	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_de_Pesquisa.pdf	24/02/2022 16:42:15	Andreo Fernando Aguiar	Aceito

Situação do Parecer:
Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:
Não

Endereço: Rua Marselha, 591
Bairro: Jardim Piza **CEP:** 86.041-140
UF: PR **Município:** LONDRINA
Telefone: (43)3371-9849 **E-mail:** cep@unopar.br

- APÊNDICES –

APÊNDICE I

QUESTIONÁRIO DE TRIAGEM

Nome:	
Data de Nascimento:	
Idade:	
Naturalidade:	
Endereço:	
Fone Res.:	
Fone Cel.:	
Fone familiar:	
Massa corporal	
Estatura:	
IMC:	

1) Qual é o seu estado civil?

Solteiro(a) ( )
Casado(a) ( )
Vivendo em concubinato ( )
Viúvo(a) ( )
Divorciado(a)/Separado(a) ( )

2) Qual a sua cor/ raça/etnia?

( ) branco ( ) pardo ( ) negro ( ) amarelo

3) Quantos anos você estudou?

0 – 4 anos ( ) 5 – 8 anos ( ) 9 – 11 anos ( ) ≥ 12 anos ( )

4) Quantos filhos você tem?

1 ( ) 2 ( ) 3 ( ) 4 ( ) 5 ( ) > 5 ( )

5) Quantas pessoas residem em sua casa, incluindo você?

1 ( ) 2 ( ) 3 ( ) > 3 ( )

6) Você é fumante?

Nunca fumou ( ) Parou de fumar há menos de 2 anos ( ) Parou de fumar há mais de 2 anos ( ) Fuma < 10 cigarros/dia ( ) Fuma 10-20 cigarros/dia ( ) Fuma > 20 cigarros/dia ( )

7) Você consome bebida alcoólica?

Sim ( ) Não ( ). Caso a resposta seja SIM, quantas vezes por semana?
( ) 1-5 vezes ( ) > 5 vezes ( )

8) Você é usuário de drogas?

Sim ( ) Não ( )

9) Você faz uso de algum medicamento?

Sim ( ) Não ( ). Caso a resposta seja SIM, qual a frequência?
( ) 1-2 x/sem. ( ) 2-4 x/sem. ( ) >4 x/sem.

10) Qual é o nome do medicamento que você usa?

11) Atualmente, você tem algum problema de saúde?

( ) Doenças infecciosas e parasitárias (Alguma infecção)	( ) Problemas cardíacos
( ) Câncer	( ) Tonturas
( ) Doenças do sangue (Problema no sangue)	( ) Hipertensão
( ) Doenças endócrinas, nutricionais e metabólicas. (Problema hormonal)	( ) Bronquite
( ) Transtornos mentais e de comportamento	( ) Asma
( ) Doenças do sistema nervoso (Problema nos nervos)	( ) Colesterol elevado
( ) Doença dos olhos	( ) Glicose elevada
( ) Doença do ouvido	( ) Diabetes
( ) Doenças do aparelho circulatório (Problema circulatório)	( ) Convulsões
( ) Doenças do sistema respiratório (Problema respiratório, nos pulmões)	( ) Fratura óssea / Local:
( ) Doenças do sistema digestivo (Problema digestivo)	( ) Cirurgia / Local:
( ) Doenças da pele e tecido subcutâneo (Problema na pele)	( ) Dor de cabeça frequente
( ) Doenças do sistema osteomuscular e pele (Problema nos ossos)	( ) Outra(s):
( ) Doenças do aparelho geniturinário	
( ) Malformações congênitas	

12) Teve ao longo da sua vida algum problema de saúde?

( ) Doenças infecciosas e parasitárias (Alguma infecção)	( ) Problemas cardíacos
( ) Câncer	( ) Tonturas
( ) Doenças do sangue (Problema no sangue)	( ) Hipertensão

( ) Doenças endócrinas, nutricionais e metabólicas. (Problema hormo	( ) Bronquite
( ) Transtornos mentais e de comportamento	( ) Asma
( ) Doenças do sistema nervoso (Problema nos nervos)	( ) Colesterol elevado
( ) Doença dos olhos	( ) Glicose elevada
( ) Doença do ouvido	( ) Diabetes
( ) Doenças do aparelho circulatório (Problema circulatório)	( ) Convulsões
( ) Doenças do sistema respiratório (Problema respiratório, nos pulmões)	( ) Fratura óssea / Local:
( ) Doenças do sistema digestivo (Problema digestivo)	( ) Cirurgia / Local:
( ) Doenças da pele e tecido subcutâneo (Problema na pele)	( ) Dor de cabeça frequente
( ) Doenças do sistema osteomuscular e pele (Problema nos ossos)	( ) Outra(s):
( ) Doenças do aparelho geniturinário	
( ) Malformações congênitas	

13) Você fez alguma cirurgia ao longo da vida?

Não ( ) ( ) Sim

Caso a resposta seja SIM: - Qual cirurgia? _____

Há quantos tempo atrás: ____anos

14) Você tem alguma restrição médica para a prática de exercício físico?

Não ( ) Sim ( )

Caso a resposta seja SIM, qual motivo? _____

15) Você está realizando de algum tipo de restrição alimentar (dieta) para emagrecimento?

Não ( ) Sim ( ) Qual? _____

16) Você tem problemas com coleta de sangue?

Não ( ) Sim ( ) Qual motivo? ( ) Desmaio ( ) Tontura ( ) Medo excessivo ( ) Outros:_____

17) Você tem alguma restrição médica para realizar exercício físico ou algum tipo de esforço físico?

Não ( ) Sim ( ) Qual: _____

18) Você pratica outra modalidade de exercício (musculação ou treinamento funcional)?

Não ( ) Sim ( ) Qual: _____

19) Você utilizou ou utiliza algum tipo de suplemento nutricional e/ou esteroides nos últimos 6 meses?

Não ( ) Sim ( ) Se sim qual: _____

20) Você pratica corrida há quanto tempo?

Menos de 1 ano ( ) 1 a 2 anos ( ) 2 a 3 anos ( ) >3 anos ( )

21) Quantas vezes por semana você corre?

1-2 vezes ( ) 3 a 4 vezes ( ) 4 a 5 vezes ( ) > 5 a 7 vezes ( )

APÊNDICE II

Appendix 1. Judgment and a support for the judgment for each entry in the PEDro risk of bias scale.

Authors	Type of bias	Judgment (yes or not)	Support for judgment
Malta et al. 2016	1. Eligibility criteria were specified	Yes	**Quote:** a: "15 caucasian males composed by students and professionals of physical education". b: "The inclusion criteria were as follows: .... The exclusion criterion is if the participant had the following: ...." **Comment:** The eligibility criteria were specified.
	2. Subjects were randomly allocated to groups	Yes	**Quote:** "The study was designed as double-blind, randomized, crossover, and placebo-controlled, then there was two groups: placebo and LED". **Comment:** Subjects were randomly allocated to groups.
	3. Allocation was concealed	No	**Quote:** "The order of the treatments was determined by means of a simple randomization method (raffle)". **Comment:** Didn't describe the allocation procedure.
	4. The groups were similar at baseline regarding the most important prognostic indicators	Yes	**Quote:** "age 25.1 ± 4.4 years; body mass 73.6 ± 9.7 kg; height 177.3 ± 7.0 cm; body mass index 23.2 ± 2.2 kg m− 2; maximal oxygen uptake 50.4 ± 3.9 mL kg−1 min−1". **Comment:** This study used a crossover design.
	5. There was blinding of all subjects	Yes	**Quote:** "The participants were blindfolded and wore headphones (i.e., hearing a standard song) so that the light and sound signals were not perceivable". **Comment:** There was blinding, and the procedures were informed.

	6. There was blinding of all therapists who administered the therapy	No	**Quote:** "The sessions were conducted by a technician who preset the control unit in the on- and off-modes (i.e., on-mode: LEDT; off-mode: placebo), accordingly to treatment mode". **Comment:** There was not blinding of therapists.
	7. There was blinding of all assessors who measured at least one key outcome	Yes	**Quote:** "The technician was instructed to communicate the type of treatment neither to the participants not to the researchers". **Comment:** There was blinding.
	8. Measures of at least one key outcome were obtained from more than 85% of the subjects initially allocated to groups	No	**Comment:** Didn't describe the number of participants analyzed.
	9. All subjects for whom outcome measures were available received the treatment or control condition as allocated or, where this was not the case, data for at least one key outcome was analyzed by "intention to treat"	No	**Comment:** Didn't describe the number of participants analyzed.
	10. The results of between-group statistical comparisons are reported for at least one key outcome	Yes	**Comment:** The information is available at Table 2.
	11. The study provides both point measures and measures of variability for at least one key outcome	Yes	**Comment:** The information is available at Table 2.
Peserico et al. 2020	1. Eligibility criteria were specified	Yes	**Quote:** a: "Fifteen healthy, caucasian active males". b:"The inclusion criteria for the study were as follows:.." **Comment:** The eligibility criteria were specified.
	2. Subjects were randomly allocated to groups	Yes	**Quote:** "This study was designed as a crossover, randomized, double-blind, and placebo-controlled trial. Then there was two groups: placebo and LED". **Comment:** Subjects were randomly allocated to groups.

3. Allocation was concealed	No	**Comment:** Didn't describe the allocation procedure.
4. The groups were similar at baseline regarding the most important prognostic indicators	Yes	**Quote:** "... (age 25.3 – 3.9 years; height 177.0 – 0.4 cm; body mass 79.4 – 11.6 kg; body mass index 25.2 – 2.7 kg/m2; and body fat 16.6 – 8.3%)". **Comment:** This study used a crossover design.
5. There was blinding of all subjects	Yes	**Quote:** "The participants remained standing wearing a headset with music and blindfolded to avoid identification of the experimental condition by audible and visual signals from the PBM device". **Comment:** There was blinding, and the procedures were informed.
6. There was blinding of all therapists who administered the therapy	Yes	**Quote:** "A second participating researcher programmed the LED device based on the randomization results [turning on the PBM equipment or not (PLA)]; this researcher was instructed not to inform the participants or the main researcher concerning the LED condition dose". **Comment:** There was blinding, and the procedures were informed.
7. There was blinding of all assessors who measured at least one key outcome	Yes	**Quote:** "The main researcher performed the assessments and the incremental protocol and did not have knowledge about the PBM condition". **Comment:** There was blinding.
8. Measures of at least one key outcome were obtained from more than 85% of the subjects initially allocated to groups	No	**Comment:** Didn't describe the number of participants analyzed.
9. All subjects for whom outcome measures were available received the treatment or control condition as allocated or, where this was not the case, data for at	No	**Comment:** There was no intention to treat.

	least one key outcome was analyzed by “intention to treat”		
	10. The results of between-group statistical comparisons are reported for at least one key outcome	Yes	**Comment:** The information is available at Table 2.
	11. The study provides both point measures and measures of variability for at least one key outcome	Yes	**Comment:** The information is available at Table 2.
Dellagrana, et al. 2020	1. Eligibility criteria were specified	Yes	**Quote:** a: "Twenty recreationally trained runners voluntarily". b:" The following inclusion criteria were adopted:..." **Comment:** The eligibility criteria were specified.
	2. Subjects were randomly allocated to groups	Yes	**Quote:** "The study was designed as crossover, randomized, double-blind, and placebo-controlled trial, then there was two groups: PBM or placebo". **Comment:** Subjects were randomly allocated to groups.
	3. Allocation was concealed	Yes	**Quote:** "A single researcher was responsible for the randomization of the PBMT and placebo applications. This researcher was instructed not to inform the participants or the other researchers regarding the treatment used in each testing phase". **Comment:** There was concealed.
	4. The groups were similar at baseline regarding the most important prognostic indicators	Yes	**Quote:** "...(27.3 – 3.3 years, 74.5 – 9.3 kg, and 178.9 – 6.5 cm)". **Comment:** This study used a cross-over design.
	5. There was blinding of all subjects	Yes	**Quote:** "The participants used opaque goggles that blocked the view during treatment application". **Comment:** There was blinding, and the procedures were informed.
	6. There was blinding of all therapists who administered the therapy	No	**Quote:** “A single researcher was responsible for the randomization of the PBMT and placebo applications. This researcher was instructed not

			to inform the participants or the other researchers regarding the treatment used in each testing phase". **Comment:** There was not blinding of therapists.
	7. There was blinding of all assessors who measured at least one key outcome	Yes	**Quote:** "The researchers responsible for testing were blinded to the participants allocation to the treatment". **Comment:** There was blinding.
	8. Measures of at least one key outcome were obtained from more than 85% of the subjects initially allocated to groups	Yes	**Comment:** Information shown in the figure 1. Only one runner was excluded by injury. 95% of voluntaries was analized.
	9. All subjects for whom outcome measures were available received the treatment or control condition as allocated or, where this was not the case, data for at least one key outcome was analysed by "intention to treat"	No	**Comment:** There was no intention to treat.
	10. The results of between-group statistical comparisons are reported for at least one key outcome	Yes	**Comment:** The information is available at Table 2.
	11. The study provides both point measures and measures of variability for at least one key outcome	Yes	**Comment:** The information is available at Table 2.
Lanferdini, et al. 2021	1. Eligibility criteria were specified	Yes	**Quote:** a: "Twenty male athletes (runners or triathletes)". b: "Exclusion criteria included:..." **Comment:** The eligibility criteria were specified.
	2. Subjects were randomly allocated to groups	Yes	**Quote:** "The present study was a randomized, crossover, double-blind, placebo-controlled trial, then there was two groups: PBM or placebo". **Comment:** Subjects were randomly allocated to groups.
	3. Allocation was concealed	Yes	**Quote:** "Treatments were coded as Placebo-Placebo (A) or PBMT-PBMT (B), and were given to researcher assistance who was

		responsible for administering the PBMT or placebo. This investigator was instructed not to communicate the treatment type to the athletes or the responsible investigator until the end of the data collection". **Comment**: There was concealed.
4. The groups were similar at baseline regarding the most important prognostic indicators	Yes	**Quote:**"Results of control variables [anthropometrics, wind speed, temperature and relative humidity in the first evaluation day, and at specific days to evaluate the placebo or photobiomodulation therapy (PBMT) effects on 3000 m test performance] evaluated in instants of time represented in Figure 1 ". **Comment:** This study used a cross-over design.
5. There was blinding of all subjects	Yes	**Quote:** "Athletes were blinded for the treatment type by using opaque goggles for eye protection and for blocking the PBMT infrared emission of the device". **Comment:** The authors did not describe the blinding procedures.
6. There was blinding of all therapists who administered the therapy	No	**Quote:** "Treatments were coded as Placebo-Placebo (A) or PBMT-PBMT (B), and were given to researcher assistance who was responsible for administering the PBMT or placebo. This investigator was instructed not to communicate the treatment type to the athletes or the responsible investigator until the end of the data collection". **Comment:** There was not blinding of therapists.
7. There was blinding of all assessors who measured at least one key outcome	Yes	**Quote:** "An alphanumeric code was used to protect the participants' privacy as well as to blind the subjects and researchers involved in the study, thereby characterizing it as a double-blinded study". **Comment:** There was blinding.
8. Measures of at least one key outcome were obtained from more than 85% of the subjects initially allocated to groups	No	**Comment:** Didn't describe the number of participants analyzed.

	9. All subjects for whom outcome measures were available received the treatment or control condition as allocated or, where this was not the case, data for at least one key outcome was analyzed by “intention to treat”	No	**Comment:** Didn't describe the number of participants analyzed.
	10. The results of between-group statistical comparisons are reported for at least one key outcome	Yes	**Comment:** The information is available at Table 2.
	11. The study provides both point measures and measures of variability for at least one key outcome	Yes	**Comment:** The information is available at Table 2.
Peserico et al. 2019	1. Eligibility criteria were specified	Yes	**Quote:** a:"30 young and untrained man". b: "Volunteers were excluded if..." **Comment:** The eligibility criteria were specified.
	2. Subjects were randomly allocated to groups	Yes	**Quote:** "The study was a randomized double-blinded PLA-controlled experimental trial, then there was two groups: PBM or placebo". **Comment:** Subjects were randomly allocated to groups.
	3. Allocation was concealed	No	**Comment:** Didn't describe the allocation procedure.
	4. The groups were similar at baseline regarding the most important prognostic indicators	Yes	**Quote:** "Table 1 shows the characteristics of the study participants". **Comment:** The groups were similar at baseline.
	5. There was blinding of all subjects	Yes	**Quote:** "During the application the participants from both groups remained standing wearing a headset with music and blindfolded to avoid identification of the experimental group by audible and visual signals from the LED device". **Comment:** There was blinding, and the procedures were informed.

	6. There was blinding of all therapists who administered the therapy	No	**Quote:** "A second researcher controlled the groups, turning on the LED equipment (PBM) or not (Placebo)". **Comment:** There was not blinding of therapists.
	7. There was blinding of all assessors who measured at least one key outcome	Yes	**Quote:** "Neither the participant nor the principal researcher knew about who received LED application or not". **Comment:** There was blinding.
	8. Measures of at least one key outcome were obtained from more than 85% of the subjects initially allocated to groups	Yes	**Quote:** "A total of 30 participants completed the study..." **Comment:** 100 % of participants were analyzed. The information is available at figure 1.
	9. All subjects for whom outcome measures were available received the treatment or control condition as allocated or, where this was not the case, data for at least one key outcome was analyzed by "intention to treat"	Yes	**Comment:** 100 % of participants were analyzed.
	10. The results of between-group statistical comparisons are reported for at least one key outcome	Yes	**Comment:** The information is available at Table 4.
	11. The study provides both point measures and measures of variability for at least one key outcome	Yes	**Comment:** The information is available at Table 4.
Tomazoni et al. 2019	1. Eligibility criteria were specified	Yes	**Quote:** a: "Twenty-two high-level male soccer players from the same team". b: "Inclusion Criteria: (i) High-level soccer players; (ii) Age between 18 and 35 years; (iii) Male gender..." **Comment:** The eligibility criteria were specified.
	2. Subjects were randomly allocated to groups	Yes	**Quote:** "Randomized, triple-blind (evaluators, therapist, and volunteers), placebo-controlled crossover trial, then there was two groups: PBM or placebo". **Comment**: Subjects were randomly allocated to groups.

3. Allocation was concealed	Yes	**Quote:** "Concealed allocation was achieved through the use of sequentially numbered, sealed, and opaque envelopes". **Comment**: There was concealed.
4. The groups were similar at baseline regarding the most important prognostic indicators	Yes	**Quote:** "The mean age of volunteers was 18.85 (±0.61), height was 175.84 cm (±4.01), and body mass was 68.22 kg (±8.26)". **Comment:** This study used a cross-over design.
5. There was blinding of all subjects	Yes	**Quote:** "To ensure blinding, the device emitted the same sound regardless of the programmed mode (active or placebo PBMT)"... "and the infrared light was not visible". **Comment:** There was blinding, and the procedures were informed.
6. There was blinding of all therapists who administered the therapy	Yes	**Quote:** "Randomization was performed by a participating researcher not involved with the recruitment or evaluation of volunteers. This same researcher was responsible for programming the PBMT device according to the result of the randomization and he/she was instructed not to disclose the programmed intervention to the therapist, the assessors, or any of the volunteers and other researchers involved in the study until its completion". **Comment:** There was blinding of therapists.
7. There was blinding of all assessors who measured at least one key outcome	Yes	**Quote:** "Randomization was performed by a participating researcher not involved with the recruitment or evaluation of volunteers". **Comment:** There was blinding, and the procedures were informed.
8. Measures of at least one key outcome were obtained from more than 85% of the subjects initially allocated to groups	Yes	**Quote:** "There were no dropouts..." **Comment:** 100 % of participants were analyzed. The information is available at figure 2.

	9. All subjects for whom outcome measures were available received the treatment or control condition as allocated or, where this was not the case, data for at least one key outcome was analyzed by “intention to treat”	Yes	**Quote:** "There were no dropouts and the intention to-treat analysis was not necessary". **Comment:** 100 % of participants were analyzed.
	10. The results of between-group statistical comparisons are reported for at least one key outcome	Yes	**Comment:** The information is available at Table 3.
	11. The study provides both point measures and measures of variability for at least one key outcome	Yes	**Comment:** The information is available at Table 3.
Mezzaroba, et al. 2018	1. Eligibility criteria were specified	Yes	**Quote:** a: "Twenty-six healthy, Caucasian, physically active, young men, aged between 20 and 30 years, volunteered to take part in this study". b: Exclusion criteria included ..." **Comment:** The eligibility criteria were specified.
	2. Subjects were randomly allocated to groups	Yes	**Quote:** "The experimental conditions were performed in random order with a double-blinded control, then there was two groups: LED or placebo". **Comment:** Subjects were randomly allocated to groups.
	3. Allocation was concealed	Yes	**Quote:** "Concealed allocation was achieved through the use of sequentially numbered, sealed, and opaque envelopes". **Comment:** There was concealed.
	4. The groups were similar at baseline regarding the most important prognostic indicators	Yes	**Quote:** "The characteristics of the subjects were age 27.8 ± 1.7 years, body weight 78.6 ± 9.1 kg, height 178.1 ± 5.9 cm, body mass index 24.9 ± 2.4 kg m−2, and body fat 17.5 ± 4.0%". **Comment:** The groups were similar at baseline.
	5. There was blinding of all subjects	Yes	**Quote:** "During the LED sessions, subjects remained seated, and to avoid the identification of the experimental condition by means of

		audible or visual signals emitted by the device, the subjects were blindfolded and used a headphone". **Comment:** There was blinding, and the procedures were informed.
6. There was blinding of all therapists who administered the therapy	Yes	**Quote:** "Randomization was performed by a participating researcher not involved with the recruitment or evaluation of volunteers. This same researcher was responsible for programming the PBMT device according to the result of the randomization and he/she was instructed not to disclose the programmed intervention to the therapist, the assessors, or any of the volunteers and other researchers involved in the study until its completion". **Comment:** There was blinding, and the procedures were informed.
7. There was blinding of all assessors who measured at least one key outcome	Yes	**Quote:** "Randomization was performed by a participating researcher not involved with the recruitment or evaluation of volunteers. This same researcher was responsible for programming the PBMT device according to the result of the randomization and he/she was instructed not to disclose the programmed intervention to the therapist, the assessors, or any of the volunteers and other researchers involved in the study until its completion". **Comment:** There was blinding, and the procedures were informed.
8. Measures of at least one key outcome were obtained from more than 85% of the subjects initially allocated to groups	Yes	**Comment:** 100 % of participants were analyzed. The information is available at table 2.
9. All subjects for whom outcome measures were available received the treatment or control condition as allocated or, where this was not the case, data for at least one key outcome was analysed by “intention to treat”	Yes	**Comment:** 100 % of participants were analyzed.

	10. The results of between-group statistical comparisons are reported for at least one key outcome	Yes	**Comment:** The information is available at Table 2.
	11. The study provides both point measures and measures of variability for at least one key outcome	Yes	**Comment:** The information is available at Table 2.
De Marchi, et al. 2011	1. Eligibility criteria were specified	Yes	**Quote:** a:"Twenty-two volunteers were selected". b:"Exclusion criteria included:..." **Comment:** The eligibility criteria were specified.
	2. Subjects were randomly allocated to groups	Yes	**Quote:** "The study was designed as a randomized double-blinded placebo-controlled crossover trial. Randomization was performed by a simple drawing of lots (A or B), which determined whether active (A) or placebo (B)". **Comment:** Subjects were randomly allocated to groups.
	3. Allocation was concealed	Yes	**Quote:** "Thus, the allocation of treatments was concealed to the participants and the therapist". **Comment:** There was concealed.
	4. The groups were similar at baseline regarding the most important prognostic indicators	Yes	**Quote:** "Volunteers in this study were 22.02±3.02 years old, body weight was 74.22±11.54 kg with a height of 176.30± 7.75 cm". **Comment:** This study used a crossover design.
	5. There was blinding of all subjects	Yes	**Quote:** "Blinding was further maintained by the use of opaque goggles by participants..." **Comment:** There was blinding, and the procedures were informed.
	6. There was blinding of all therapists who administered the therapy	Yes	**Quote:** "The code from the drawing of lots was delivered to a technician who preset the control unit accordingly to either active LLLT or placebo LLLT mode. The technician was instructed to not

			communicate the type of treatment neither to the participants nor to the therapist applying the LLLT source to the lower limbs". **Comment:** There was blinding, and the procedures were informed.
	7. There was blinding of all assessors who measured at least one key outcome	No	**Comment:** Didn't describe this procedure.
	8. Measures of at least one key outcome were obtained from more than 85% of the subjects initially allocated to groups	No	**Comment:** Didn't describe the number of participants analyzed.
	9. All subjects for whom outcome measures were available received the treatment or control condition as allocated or, where this was not the case, data for at least one key outcome was analysed by "intention to treat"	No	**Comment:** Didn't describe the number of participants analyzed.
	10. The results of between-group statistical comparisons are reported for at least one key outcome	Yes	**Comment:** The information is available at Table 2.
	11. The study provides both point measures and measures of variability for at least one key outcome	Yes	**Comment:** The information is available at Table 2.
Dellagrana, et al. 2018	1. Eligibility criteria were specified	Yes	**Quote:** a: "Eighteen male recreational runners voluntarily participated in this study". b: "The following inclusion criteria were adopted:.." **Comment:** The eligibility criteria were specified.
	2. Subjects were randomly allocated to groups	Yes	**Quote:** "This study was designed as a crossover, randomized, double-blind, and placebo controlled trial. Then there was groups: control, placebo and PBM (15 J, 30 J, 60 J)". **Comment:** Subjects were randomly allocated to groups.

3. Allocation was concealed	Yes	**Quote:** "A single researcher was responsible for the randomisation of the PBMT and placebo applications. This researcher was instructed not to inform the subjects or the other researchers regarding the treatment used in each testing session". **Comment:** There was concealed.
4. The groups were similar at baseline regarding the most important prognostic indicators	Yes	**Quote:** "...27.0 ± 4.7 years; 178.8 ± 5.5 cm; 76.2 ± 7.2 kg". **Comment:** This study used a crossover design.
5. There was blinding of all subjects		**Quote:** "...subjects used opaque goggles that blocked the view during treatment application". **Comment:** There was blinding, and the procedures were informed.
6. There was blinding of all therapists who administered the therapy	No	**Quote:** "A single researcher was responsible for the randomisation of the PBMT and placebo applications. This researcher was instructed not to inform the subjects or the other researchers regarding the treatment used in each testing session". **Comment:** There was not blinding of therapists.
7. There was blinding of all assessors who measured at least one key outcome	Yes	**Quote:** "The researchers responsible for testing were blinded to the subjects treatment allocation". **Comment:** There was blinding, and the procedures were informed.
8. Measures of at least one key outcome were obtained from more than 85% of the subjects initially allocated to groups	No	**Comment:** Information shown in the flowchart. 83,3% of participants were analyzed.
9. All subjects for whom outcome measures were available received the treatment or control condition as allocated or, where this was not the case, data for at least one key outcome was analysed by “intention to treat”	No	**Comment:** There was no intention to treat.

	10. The results of between-group statistical comparisons are reported for at least one key outcome	Yes	**Comment:** The information is available at Table 2.
	11. The study provides both point measures and measures of variability for at least one key outcome	Yes	**Comment:** The information is available at Table 2.
Miranda, et al. 2018	1. Eligibility criteria were specified	Yes	**Quote:** a: "96 healthy volunteers (48 men and 48 women)". b: "Volunteers were excluded if:..." **Comment:** The eligibility criteria were specified.
	2. Subjects were randomly allocated to groups	Yes	**Quote:** "We performed a triple-blind (assessors, therapists, and volunteers), placebo-controlled, randomized clinical trial. Then there was groups: PBM or placebo". **Comment:** Subjects were randomly allocated to groups.
	3. Allocation was concealed	Yes	**Quote:** "Randomization labels were created by using a randomization table at a central office where a series of sealed, opaque, and numbered envelopes ensured confidentiality". **Comment:** There was concealed.
	4. The groups were similar at baseline regarding the most important prognostic indicators	Yes	**Comment:** This information was observed at table 2.
	5. There was blinding of all subjects	Yes	**Quote:** "All volunteers were required to wear opaque goggles during treatments to safety and to maintain the triple-blind design". **Comment:** There was blinding, and the procedures were informed.
	6. There was blinding of all therapists who administered the therapy	No	**Quote:** "The researcher who programmed the PBMT device (manufactured by Multi Radiance Medical™, Solon, OH, USA) based on the randomization results was not involved in any other procedure of the study". **Comment:** There was not blinding of therapists.

	7. There was blinding of all assessors who measured at least one key outcome	Yes	**Quote:** "None of the researchers involved in aerobic endurance training assessments and data collection knew which program corresponded to active or placebo PBMT". **Comment:** There was blinding, and the procedures were informed.
	8. Measures of at least one key outcome were obtained from more than 85% of the subjects initially allocated to groups	No	**Comment:** Information shown in the flowchart. 80,2% of participants were analyzed.
	9. All subjects for whom outcome measures were available received the treatment or control condition as allocated or, where this was not the case, data for at least one key outcome was analysed by "intention to treat"	No	**Comment:** There was no intention to treat.
	10. The results of between-group statistical comparisons are reported for at least one key outcome	Yes	**Comment:** The information is available at Table 3.
	11. The study provides both point measures and measures of variability for at least one key outcome	Yes	**Comment:** The information is available at Table 3.
Miranda, et al. 2016	1. Eligibility criteria were specified	Yes	**Quote:** a: "We recruited 20 healthy male volunteers between 18 and 35 years of age with any skin color and without training or involvement in a regular exercise program (ie, exercise more than once per week)". b: "Volunteers were excluded if ..." **Comment:** The eligibility criteria were specified.
	2. Subjects were randomly allocated to groups	Yes	**Quote:** "This study was designed as a crossover. Then there was two groups: PBM or placebo". **Comment:** Subjects were randomly allocated to groups.

3. Allocation was concealed	Yes	**Quote:** "Randomization labels were created by using a randomization table at a central office where a series of sealed, opaque, and numbered envelopes ensured confidentiality". **Comment:** There was concealed.
4. The groups were similar at baseline regarding the most important prognostic indicators	Yes	**Quote:** "The characteristics of the volunteers are summarized in Table 2". **Comment:** This information was observed at table 2.
5. There was blinding of all subjects	Yes	**Quote:** "... not to inform the participants or other researchers of the PBMT dose (active or placebo)". **Comment:** There was blinding, and the procedures were informed.
6. There was blinding of all therapists who administered the therapy	Yes	**Quote:** "The researcher who performed the PBMT was blinded to the dose given to the volunteers. **Comment:** There was blinding of therapists.
7. There was blinding of all assessors who measured at least one key outcome	Yes	**Quote:** "not to inform the participants or other researchers of the PBMT dose (active or placebo)". **Comment:** There was blinding, and the procedures were informed.
8. Measures of at least one key outcome were obtained from more than 85% of the subjects initially allocated to groups	Yes	**Quote:** "After data collection, we analyzed the results of 20 volunteers, and there were no dropouts." **Comment:** 100 % of participants were analyzed. The information is available at figure 1.
9. All subjects for whom outcome measures were available received the treatment or control condition as allocated or, where this was not the case, data for at least one key outcome was analysed by “intention to treat”	Yes	**Comment:** 100 % of participants were analyzed.

	10. The results of between-group statistical comparisons are reported for at least one key outcome	Yes	**Comment:** The information is available at Table 3 and 4.
	11. The study provides both point measures and measures of variability for at least one key outcome	Yes	**Comment:** The information is available at Table 3 and 4.
Ferreira-Júnior, et al. 2018	1. Eligibility criteria were specified	Yes	**Quote:** "Twelve male subjects, physically active, took part in this study". **Comment:** The eligibility criteria were specified.
	2. Subjects were randomly allocated to groups	Yes	**Quote:** " During the second session, participants were crossed over to receive condition A or B, i.e., those who had not received LED irradiation in the first session received it in the second session and vice versa.". **Comment:** Subjects were randomly allocated to groups.
	3. Allocation was concealed	No	**Comment:** Allocation concealment procedures are not detailed in the study.
	4. The groups were similar at baseline regarding the most important prognostic indicators	Yes	**Quote:** "22.75 ± 1.54 years; 75.08 ± 14.84 kg; 1.81 ± 0.12 m". **Comment:** This study used a crossover design.
	5. There was blinding of all subjects	Yes	**Quote:** "In the placebo situation, the subjects did not know that the LED equipment was turned off, as they were blindfolded". **Comment:** There was blinding, and the procedures were informed.
	6. There was blinding of all therapists who administered the therapy	No	**Comment:** The authors did not describe the blinding procedures.
	7. There was blinding of all assessors who measured at least one key outcome	No	**Comment:** The authors did not describe the blinding procedures.

8. Measures of at least one key outcome were obtained from more than 85% of the subjects initially allocated to groups	No	**Comment:** Didn't describe the number of participants analyzed.
9. All subjects for whom outcome measures were available received the treatment or control condition as allocated or, where this was not the case, data for at least one key outcome was analysed by "intention to treat"	No	**Comment:** Didn't describe the number of participants analyzed.
10. The results of between-group statistical comparisons are reported for at least one key outcome	Yes	**Comment:** The information is available at figure 2.
11. The study provides both point measures and measures of variability for at least one key outcome	Yes	**Comment:** The information is available at figure 2.