



# FOTOBIMODULAÇÃO COM ILIB TRANSDÉRMICA COMO TERAPIA ADJUVANTE NA SÍNDROME METABÓLICA: PROTOCOLO DE ENSAIO CLÍNICO RANDOMIZADO

## PHOTOBIMODULATION WITH TRANSDERMAL ILIB AS AN ADJUVANT THERAPY IN METABOLIC SYNDROME: PROTOCOL FOR A RANDOMIZED CLINICAL TRIAL

Thaís Fernanda Queiroz de SOUZA<sup>1,2</sup>, Carmem Costa MARTINS<sup>1,2</sup>, Laís GOMES<sup>2</sup>, Tiago Souza LANSONI<sup>2</sup>, Giovani Dellaqua GONÇALVES<sup>2</sup>, Milena Panula NASCIMENTO<sup>2</sup>, Ana Clara Arnoni GARCIA<sup>2</sup>, Janaina Aparecida Soares Ferro LARANJO<sup>1</sup>, Ana Laura ANDRADE<sup>1</sup>, Carla Roberta TIM<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* (Doutorado) em Engenharia Biomédica pelo Instituto Científico e Tecnológico, São Paulo, São Paulo, Brasil

<sup>2</sup>Departamento de Medicina, Centro Universitário de Santa Fé do Sul, Santa Fé do Sul, Brasil

### Autores correspondentes:

Thaís Fernanda Queiroz de Souza  
thaisaqueirozdesouza@gmail.com

**Como citar:** Souza TFQ de, Martins CC, Gomes L, Lansoni TS, Gonçalves GD, Nascimento MP, Garcia ACA, Laranjo JASF, Andrade AL, Tim CR. Fotobiomodulação com ILIB transdérmica como terapia adjuvante na síndrome metabólica: protocolo de ensaio clínico randomizado. *Biosciences and Health*. 2026; 04:1-9. <https://doi.org/10.62331/2965-758X.v4.2026.80>

### RESUMO

A síndrome metabólica (SM) é uma condição multifatorial caracterizada pela associação de fatores de risco cardiometabólicos, como obesidade abdominal, hipertensão arterial, dislipidemias e alterações no metabolismo da glicose, estando relacionada ao aumento do risco de doenças cardiovasculares e diabetes mellitus tipo 2. Embora mudanças no estilo de vida e terapias farmacológicas constituam a base do tratamento, estratégias complementares vêm sendo investigadas. Nesse contexto, a fotobiomodulação (PBM), especialmente por meio da técnica de irradiação intravascular do sangue a laser (ILIB), tem despertado interesse devido ao seu potencial de modular processos metabólicos, inflamatórios e microcirculatórios. Este estudo tem como objetivo descrever e fundamentar um protocolo de ensaio clínico randomizado destinado à avaliação dos efeitos da PBM com ILIB transdérmica como terapia adjuvante no tratamento de indivíduos com SM. Trata-se de um protocolo de ensaio clínico randomizado, controlado e de grupos paralelos. Serão recrutados 60 participantes, de ambos os sexos, com idade entre 30 e 80 anos, diagnosticados com SM, distribuídos aleatoriamente entre grupo controle (tratamento convencional) e grupo ILIB (tratamento convencional associado à PBM). A intervenção será realizada duas vezes por semana, durante 120 dias. Serão avaliados parâmetros bioquímicos, hemodinâmicos e qualidade de vida. Espera-se que a PBM com ILIB transdérmica possa contribuir para melhora do controle glicêmico, perfil lipídico, parâmetros hemodinâmicos e qualidade de vida dos participantes. Este protocolo poderá contribuir para a compreensão do potencial terapêutico da PBM como estratégia adjuvante no manejo da SM.

**Palavras-chave:** Fotobiomodulação; Síndrome metabólica; ILIB; Terapia com luz de baixa intensidade.

## ABSTRACT

Metabolic syndrome (MetS) is a multifactorial condition characterized by the coexistence of cardiometabolic risk factors, including abdominal obesity, arterial hypertension, dyslipidemia, and impaired glucose metabolism, and is associated with an increased risk of cardiovascular diseases and type 2 diabetes mellitus. Although lifestyle modifications and pharmacological therapies remain the cornerstone of treatment, complementary therapeutic strategies have increasingly been investigated. In this context, photobiomodulation (PBM), particularly through the intravascular laser irradiation of blood (ILIB) technique, has attracted scientific interest due to its potential to modulate metabolic, inflammatory, and microcirculatory processes. This study aims to describe and provide the rationale for a randomized clinical trial protocol designed to evaluate the effects of PBM with transdermal ILIB as an adjuvant therapy in individuals with MetS. This is a randomized, controlled, parallel-group clinical trial protocol. A total of 60 participants of both sexes, aged between 30 and 80 years, diagnosed with MetS, will be recruited and randomly allocated to either a control group (conventional treatment) or an ILIB group (conventional treatment associated with PBM). The intervention will be performed twice weekly over a period of 120 days. Biochemical, hemodynamic, and quality-of-life parameters will be assessed. It is expected that PBM with transdermal ILIB may contribute to improved glycemic control, lipid profile, hemodynamic parameters, and quality of life among participants. This protocol may contribute to a better understanding of the therapeutic potential of PBM as an adjuvant strategy in the management of MetS.

**Keywords:** Photobiomodulation; Metabolic syndrome; ILIB; Low-level light therapy.

## 1. Introdução

A síndrome metabólica (SM) constitui um importante problema de saúde pública, sendo caracterizada pela associação de fatores de risco cardiometabólicos inter-relacionados, incluindo obesidade abdominal, resistência à insulina, hipertensão arterial sistêmica, dislipidemias e alterações no metabolismo da glicose. Essa condição está associada ao aumento significativo do risco para o desenvolvimento de doenças cardiovasculares, diabetes mellitus tipo 2 (DM2), doença renal crônica e mortalidade precoce, configurando-se como uma das principais preocupações contemporâneas em saúde coletiva [1,2].

No contexto das doenças crônicas não transmissíveis (DCNTs), a SM apresenta elevada relevância epidemiológica devido à sua crescente prevalência em populações adultas, especialmente em países de média e baixa renda. No Brasil, as DCNTs permanecem entre as principais causas de morbimortalidade, sendo fortemente influenciadas por fatores de risco modificáveis, como alimentação inadequada, sedentarismo, obesidade, consumo excessivo de álcool e tabagismo, além de determinantes sociais, econômicos e ambientais que contribuem para a progressão dessas condições [3,4].

Segundo a Diretriz Brasileira de Diagnóstico e Tratamento da Síndrome Metabólica, a identificação precoce da SM é fundamental, uma vez que a presença simultânea de seus componentes potencializa o risco cardiovascular e metabólico de forma mais expressiva do que a ocorrência isolada de cada fator de risco. Nesse sentido, intervenções precoces voltadas à modificação do estilo de vida, associadas ao acompanhamento multiprofissional e tratamento farmacológico individualizado, representam estratégias fundamentais no manejo clínico da síndrome [5].

As abordagens terapêuticas convencionais para a SM concentram-se principalmente na adoção de

hábitos de vida saudáveis, incluindo reeducação alimentar, prática regular de atividade física e controle farmacológico dos distúrbios associados, como hipertensão arterial, hiperglicemia e dislipidemias. Entretanto, a natureza multifatorial da SM, associada às limitações relacionadas à adesão prolongada às intervenções convencionais, tem impulsionado a investigação de terapias complementares e adjuvantes com potencial para otimizar o controle metabólico e reduzir a progressão das complicações associadas [6-8].

Nesse cenário, a fotobiomodulação (*photobiomodulation* - PBM), anteriormente denominada terapia a laser de baixa intensidade, tem despertado crescente interesse científico devido ao seu potencial de modular respostas biológicas em diferentes tecidos. Trata-se de uma abordagem terapêutica não invasiva que utiliza luz não ionizante de baixa intensidade para estimular processos celulares relacionados ao metabolismo energético, reparação tecidual, modulação inflamatória e estresse oxidativo. Evidências experimentais e clínicas sugerem que a PBM pode influenciar positivamente parâmetros metabólicos relevantes, incluindo sensibilidade à insulina, metabolismo da glicose e perfil lipídico, especialmente em indivíduos com doenças metabólicas crônicas [9,10].

Entre as diferentes modalidades de PBM, destaca-se a técnica de irradiação intravascular do sangue a laser (*Intravascular Laser Irradiation of Blood* - ILIB), realizada de forma transdérmica sobre a artéria radial, geralmente utilizando comprimento de onda na faixa do vermelho. Essa técnica tem sido investigada devido ao seu potencial efeito sistêmico, incluindo melhora da microcirculação, modulação inflamatória, otimização do metabolismo celular e possíveis benefícios sobre parâmetros hemodinâmicos e bioquímicos relacionados às doenças metabólicas crônicas [11,12].

Embora a PBM apresente resultados promissores em condições sistêmicas, persistem limitações relacionadas à heterogeneidade dos protocolos terapêuticos, diferenças nos parâmetros de aplicação e escassez de ensaios clínicos randomizados especificamente direcionados à SM. Além disso, permanecem lacunas quanto à padronização dos parâmetros de dose, tempo de exposição e frequência das sessões, dificultando a consolidação de evidências clínicas consistentes para sua incorporação como terapia adjuvante no manejo da SM [13,14].

Diante desse contexto, este estudo tem como objetivo descrever e fundamentar o protocolo de ensaio clínico randomizado proposto para avaliação dos efeitos da fotobiomodulação com ILIB transdérmica como terapia adjuvante no tratamento de pacientes com síndrome metabólica.

## 2. Materiais e método

### *Delineamento do estudo*

Trata-se de um protocolo de ensaio clínico randomizado, de natureza quantitativa, controlado e de grupos paralelos, que será conduzido com indivíduos diagnosticados com SM. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos do Centro Universitário de Santa Fé do Sul (UNIFUNEC - SP), sob nº 74672423.1.0000.5428, respeitando os princípios éticos estabelecidos pela Resolução nº 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde.

Todos os participantes serão previamente esclarecidos acerca dos objetivos, procedimentos, potenciais riscos e benefícios relacionados à pesquisa. A inclusão no estudo ocorrerá somente após a assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), garantindo a confidencialidade das informações, autonomia e segurança dos participantes.

## Participantes

Serão recrutados 60 participantes, de ambos os sexos, com idade entre 30 e 80 anos, diagnosticados com SM, conforme os critérios estabelecidos pela Diretriz Brasileira de Diagnóstico e Tratamento da Síndrome Metabólica da Sociedade Brasileira de Cardiologia.

Para o diagnóstico da SM, os participantes deverão apresentar obesidade abdominal associada a pelo menos dois dos seguintes critérios: triglicérides elevados; níveis reduzidos de lipoproteína de alta densidade (HDL-colesterol); pressão arterial elevada ou tratamento anti-hipertensivo em uso; e glicemia de jejum elevada ou diagnóstico prévio de DM2.

Após a avaliação inicial, os participantes serão distribuídos aleatoriamente em dois grupos:

- Grupo Controle

Composto por 30 participantes com SM, que receberão exclusivamente o tratamento convencional disponibilizado pela Unidade Básica de Saúde (UBS), incluindo acompanhamento clínico e farmacológico conforme indicação médica.

- Grupo ILIB Transdérmico Vermelho

Composto por 30 participantes com SM, os quais receberão o tratamento convencional ofertado pela UBS associado à terapia por PBM utilizando a técnica de ILIB transdérmica.

Serão excluídos do estudo participantes que apresentarem diagnóstico atual ou histórico de neoplasias, hanseníase, gestação ou período de lactação, diagnóstico de HIV/AIDS, hipersensibilidade conhecida ao tratamento proposto e condições clínicas que impossibilitem a realização segura da terapia ou do acompanhamento clínico.

## Procedimentos

Os participantes serão acompanhados durante um período total de 120 dias, correspondente ao período de intervenção terapêutica e monitoramento clínico.

Durante o acompanhamento, os participantes serão monitorados regularmente quanto à evolução clínica e possíveis eventos adversos relacionados ou não às intervenções propostas. Serão considerados eventos adversos quaisquer sinais, sintomas ou alterações clínicas relatadas pelos participantes ou identificadas pelos pesquisadores ao longo do estudo, independentemente da relação causal direta com a intervenção investigada.

Todos os participantes permanecerão sob acompanhamento clínico e médico, tanto pela equipe assistencial da UBS quanto pela equipe de pesquisa, conforme necessidade clínica.

### 2.1 Protocolo de Tratamento

#### *Acompanhamento clínico e terapêutico*

Todos os participantes serão acompanhados regularmente por profissional médico com experiência no manejo da SM, recebendo assistência clínica conforme as recomendações da Diretriz Brasileira de Diagnóstico e Tratamento da Síndrome Metabólica da Sociedade Brasileira de Cardiologia.

A conduta terapêutica convencional será individualizada, considerando as necessidades clínicas de cada participante, incluindo orientações relacionadas à alimentação, atividade física e tratamento farmacológico das condições associadas, tais como hipertensão arterial, DM2 e dislipidemias. Ajustes medicamentosos poderão ser realizados ao longo do estudo, conforme necessidade clínica, com base em avaliações periódicas e resultados laboratoriais.

As avaliações clínicas ocorrerão em intervalos regulares ao longo do acompanhamento, visando monitorar a evolução clínica dos participantes, adesão terapêutica e possíveis intercorrências relacionadas ao estudo.

#### *Terapia por fotobiomodulação*

A terapia por PBM será realizada exclusivamente nos participantes alocados no Grupo ILIB Transdérmico Vermelho.

O dispositivo empregado será o equipamento de laser de baixa intensidade fornecido pela empresa IBRAMED, modelo Laserpulse, devidamente calibrado para utilização terapêutica.

#### *ILIB transdérmico vermelho*

A técnica de ILIB transdérmica será aplicada de forma não invasiva sobre a artéria radial, utilizando dispositivo de fixação específico para estabilização do emissor luminoso na região anatômica correspondente. A intervenção será realizada com laser contínuo vermelho, comprimento de onda de 660 nm, potência de 100 mW, energia total de 180 J por sessão, durante 30 minutos de aplicação, com frequência de duas sessões semanais, ao longo de 120 dias.

As sessões serão conduzidas em ambiente controlado, por profissional previamente treinado e capacitado, respeitando protocolos de biossegurança e padronização da técnica.

#### *Avaliação dos parâmetros hemodinâmicos*

A pressão arterial sistêmica será aferida conforme as recomendações estabelecidas pelas Diretrizes Brasileiras de Hipertensão Arterial. As mensurações serão realizadas em momentos padronizados, incluindo: imediatamente antes da sessão de PBM; imediatamente após a intervenção; e 30 minutos após o término da sessão. O objetivo dessas aferições será monitorar possíveis alterações hemodinâmicas agudas relacionadas à terapia ILIB ao longo do período experimental.

#### *Avaliação dos parâmetros bioquímicos*

Os participantes serão submetidos à coleta de amostras sanguíneas para avaliação dos parâmetros bioquímicos relacionados ao estado metabólico e clínico.

Os exames laboratoriais incluirão: hemograma completo; glicemia de jejum; hemoglobina glicada (HbA1c); colesterol total; lipoproteína de alta densidade (HDL-colesterol); lipoproteína de baixa densidade (LDL-colesterol); triglicerídeos; sódio; potássio; creatinina sérica.

As coletas sanguíneas serão realizadas em quatro momentos: até 24 horas antes do início da intervenção; na metade do período terapêutico; até 24 horas após o término do protocolo terapêutico; e 30 dias após a última sessão de tratamento. Em todas as coletas, os participantes serão orientados a permanecer em jejum de 12 horas.

#### *Avaliação da qualidade de vida*

A qualidade de vida dos participantes será avaliada por meio do instrumento *World Health Organization Quality of Life* (WHOQOL), aplicado em dois momentos: antes do início da intervenção; e após o término do protocolo terapêutico. Essa avaliação terá como objetivo analisar possíveis mudanças na percepção de bem-estar físico, psicológico, social e ambiental dos participantes ao longo do acompanhamento.

### *Análise estatística*

Os dados serão inicialmente submetidos à análise estatística descritiva, com apresentação das médias e desvios padrão correspondentes. A normalidade da distribuição dos dados será verificada por meio do teste de Shapiro-Wilk. Para a comparação de grupos com dados paramétricos, será utilizado o teste t, enquanto para dados não paramétricos, será empregado o teste de Mann-Whitney.

As análises estatísticas serão realizadas utilizando o software GraphPad Prism, versão 6.01 (GraphPad Software Inc., San Diego, CA, USA). Será adotado nível de significância de 5% ( $p \leq 0,05$ ), sendo considerados estatisticamente significativos os resultados com valor de p inferior ao nível estabelecido.

### **3. Resultados esperados**

Espera-se que a intervenção contribua para melhora de parâmetros metabólicos, hemodinâmicos e da qualidade de vida, especialmente relacionados ao controle glicêmico, perfil lipídico e bem-estar físico.

No âmbito metabólico, hipotetiza-se que a intervenção seja capaz de favorecer o controle glicêmico, refletido pela redução dos níveis de glicemia em jejum e hemoglobina glicada, além de possíveis efeitos benéficos sobre o perfil lipídico, incluindo colesterol total, triglicerídeos e lipoproteínas séricas. Esses achados são considerados particularmente relevantes no contexto da SM, uma vez que tais alterações representam fatores diretamente associados ao aumento do risco cardiometabólico.

Do ponto de vista hemodinâmico, espera-se observar possível modulação dos níveis pressóricos, considerando os potenciais efeitos da fotobiomodulação sobre a microcirculação, perfusão tecidual e disponibilidade de óxido nítrico, mecanismos frequentemente relacionados à regulação vascular e ao equilíbrio metabólico.

Adicionalmente, considera-se a possibilidade de efeitos favoráveis sobre parâmetros inflamatórios e metabólicos sistêmicos, decorrentes da modulação celular promovida pela fotobiomodulação, especialmente no que se refere ao metabolismo energético mitocondrial e ao estresse oxidativo.

No que se refere à percepção subjetiva de saúde, espera-se que os participantes submetidos à terapia adjuvante apresentem melhora nos escores de qualidade de vida avaliados por meio do instrumento WHOQOL, particularmente em aspectos relacionados ao bem-estar físico e funcional.

Por fim, espera-se que este protocolo contribua para o avanço do conhecimento científico acerca da aplicabilidade clínica da ILIB transdérmica no contexto da Síndrome Metabólica, oferecendo subsídios metodológicos para futuros ensaios clínicos randomizados e auxiliando na consolidação de evidências relacionadas à segurança, viabilidade e potencial terapêutico dessa modalidade de fotobiomodulação.

### **4. Discussão**

A SM representa um dos principais desafios contemporâneos em saúde pública, devido à sua elevada prevalência e à associação com aumento expressivo do risco cardiovascular, DM2 e outras complicações sistêmicas. Embora o tratamento convencional baseado em mudanças no estilo de vida e terapias farmacológicas continue sendo o principal recurso terapêutico, a complexidade fisiopatológica da SM e a dificuldade de adesão prolongada aos tratamentos têm impulsionado a investigação de estratégias complementares capazes de auxiliar no controle metabólico e na redução das complicações associadas [15,16].

Nesse contexto, a PBM tem despertado crescente interesse científico devido ao seu potencial de modular processos biológicos relacionados à inflamação, metabolismo energético celular, estresse oxidativo e microcirculação. Seus efeitos biológicos estão associados principalmente à interação da luz com cromóforos intracelulares, especialmente o citocromo c oxidase presente nas mitocôndrias, favorecendo aumento da produção de ATP, liberação de óxido nítrico e modulação de vias bioquímicas relacionadas à homeostase celular [17,18].

Estudos experimentais e clínicos prévios sugerem que a PBM pode exercer efeitos favoráveis sobre parâmetros metabólicos, incluindo melhora da sensibilidade à insulina, modulação do metabolismo glicídico e redução de marcadores inflamatórios associados às doenças metabólicas crônicas [9,10]. Adicionalmente, evidências têm indicado possível impacto positivo sobre o perfil lipídico e parâmetros hemodinâmicos, aspectos particularmente relevantes em indivíduos com SM [19,20].

Entre as modalidades de PBM, a técnica de ILIB tem sido investigada devido ao seu potencial efeito sistêmico, especialmente pela possibilidade de influenciar a microcirculação e modular respostas metabólicas e inflamatórias. Entretanto, apesar dos resultados promissores descritos na literatura, ainda existem limitações importantes relacionadas à heterogeneidade dos protocolos terapêuticos, diferenças nos parâmetros de aplicação, tamanho amostral reduzido e escassez de ensaios clínicos randomizados direcionados especificamente para indivíduos com SM [12,21].

Diante dessas lacunas, o presente protocolo de ensaio clínico randomizado foi delineado com o propósito de contribuir para a produção de evidências relacionadas ao uso da PBM por meio da técnica ILIB transdérmica como terapia adjuvante no manejo da SM. Espera-se que os resultados futuros possam ampliar a compreensão sobre os possíveis efeitos dessa intervenção sobre parâmetros metabólicos, hemodinâmicos e qualidade de vida, contribuindo para o desenvolvimento de estratégias terapêuticas complementares direcionadas a indivíduos com SM.

## 5. Conclusão

A SM representa uma condição clínica complexa e multifatorial, associada a importantes repercussões metabólicas e cardiovasculares, exigindo estratégias terapêuticas integradas voltadas ao controle de seus múltiplos fatores de risco. Embora mudanças no estilo de vida e terapias farmacológicas permaneçam como pilares fundamentais do tratamento, a busca por abordagens complementares tem ampliado o interesse por intervenções não invasivas capazes de auxiliar no manejo clínico dessa condição.

Nesse contexto, a PBM, especialmente por meio da técnica de ILIB transdérmica, apresenta potencial terapêutico que ainda necessita de investigação científica mais robusta, sobretudo em indivíduos com SM. Apesar das evidências preliminares descritas na literatura, persistem lacunas relacionadas à padronização dos protocolos terapêuticos e à consolidação de evidências clínicas consistentes acerca de seus efeitos sistêmicos.

Dessa forma, espera-se que o presente protocolo de ensaio clínico randomizado contribua para a ampliação do conhecimento científico acerca da aplicação da PBM como terapia adjuvante na SM, fornecendo subsídios para futuras investigações e para o aprimoramento de estratégias terapêuticas direcionadas ao manejo das alterações metabólicas associadas à SM.

## Contribuição dos Autores

SOUZA TFQ de: participou da concepção do estudo, elaboração do protocolo de pesquisa, análise crítica

do conteúdo intelectual e organização metodológica; MARTINS CC: e redação inicial do manuscrito, contribuiu para o delineamento metodológico e revisão crítica do conteúdo científico; GOMES L: LANSONI TS: GONÇALVES GD: NASCIMENTO MP: GARCIA ACA: LARANJO JASF: ANDRADE AL: participaram na redação inicial do manuscrito, na construção metodológica do protocolo, revisão da literatura e revisão crítica do manuscrito; TIM CR: participou da concepção do estudo, delineamento metodológico, supervisão científica, supervisão acadêmica do estudo e aprovação da versão final. Todos os autores contribuíram intelectualmente para o desenvolvimento do estudo, revisaram e aprovaram a versão final do manuscrito.

### Conflitos de interesse

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

### Aprovação Ética

Aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa do Centro Universitário de Santa Fé do Sul - SP, Estado de São Paulo, Brasil, sob protocolo CAAE: 74672423.1.0000.5428.

### Agradecimentos

Não aplicável.

### Referências

1. Eckel RH, Grundy SM, Zimmet PZ. The metabolic syndrome. *Lancet*. 2005; 365(9468):1415-1428. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(05\)66378-7](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(05)66378-7)
2. Zhang X, Lerman LO. The metabolic syndrome and chronic kidney disease. *Transl Res*. 2017; 183:14-25. <https://doi.org/10.1016/j.trsl.2016.12.004>
3. Marmot M, Bell R. Social determinants and non-communicable diseases: time for integrated action. *BMJ*. 2019; 364:1251. <https://doi.org/10.1136/bmj.l251>
4. World Health Organization. Noncommunicable diseases progress monitor 2020. Geneva: World Health Organization; 2020. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/ncd-progress-monitor-2020>
5. Sociedade Brasileira de Hipertensão, Sociedade Brasileira de Cardiologia, Sociedade Brasileira de Endocrinologia e Metabologia, Sociedade Brasileira de Diabetes, Associação Brasileira para Estudos da Obesidade. I Diretriz Brasileira de Diagnóstico e Tratamento da Síndrome Metabólica. *Arq Bras Cardiol*, 2005; 84:3-28. Disponível em: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/lil-416952>
6. Lim S, Eckel RH. Pharmacological treatment and therapeutic perspectives of metabolic syndrome. *Rev Endocr Metab Disord*. 2014; 15(4):329-341. <https://doi.org/10.1007/s11154-014-9298-4>
7. Anderson JG, Taylor AG. The metabolic syndrome and mind-body therapies: a systematic review. *J Nutr Metab*. 2011; 2011:276419. <https://doi.org/10.1155/2011/276419>
8. Wang Q, Chair SY, Wong EML, Qiu X. Actively incorporating lifestyle modifications into daily life: the key to adherence in a lifestyle intervention programme for metabolic syndrome. *Front Public Health*. 2022; 10:929043. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.929043>
9. Gong L, Zou Z, Huang L, Guo S, Xing D. Photobiomodulation therapy decreases free fatty acid generation

- and release in adipocytes to ameliorate insulin resistance in type 2 diabetes. *Cell Signal*. 2020; 67:109491. <https://doi.org/10.1016/j.cellsig.2019.109491>
10. Kurhaluk N, Tomin V, Kołodziejaska R, Tkaczenko H. Photobiomodulation and low-level laser therapy as complementary strategies in diabetes treatment. *Int J Mol Sci*. 2026; 27(4):2078. <https://doi.org/10.3390/ijms27042078>
11. Díaz L, Gil AC, Marttens AV, Basualdo J, Sotomayor C, Becerra AV, et al. The clinical efficacy of intravascular laser irradiation of blood (ILIB): a narrative review of randomized controlled trial. *Photodiagnosis Photodyn Ther*. 2025; 53:104618. <https://doi.org/10.1016/j.pdpdt.2025.104618>
12. Son Y, Lee H, Yu S, Kim HJ, Park J, Woo S, et al. Effects of photobiomodulation on multiple health outcomes: an umbrella review of randomized clinical trials. *Syst Rev*. 2025; 14:160. <https://doi.org/10.1186/s13643-025-02902-3>
13. Hamblin MR. Mechanisms and applications of the anti-inflammatory effects of photobiomodulation. *AIMS Biophys*. 2017; 4(3):337-361. <https://doi.org/10.3934/biophy.2017.3.337>
14. Dompe C, Moncrieff L, Matys J, Grzech-Leśniak K, Kocherova I, Bryja A, et al. Photobiomodulation-Underlying mechanism and clinical applications. *J Clin Med*. 2020; 9(6):1724. <https://doi.org/10.3390/jcm9061724>
15. Bassi N, Karagodin I, Wang S, Vassallo P, Priyanath A, Massaro E, et al. Lifestyle modification for metabolic syndrome: a systematic review. *Am J Med*. 2014; 127(12):1242.e1-10. <https://doi.org/10.1016/j.amjmed.2014.06.035>
16. Malta DC, Silva AG da, Gomes CS, Stopa SR, Oliveira MM de, Sardinha LMV, et al. Monitoramento das metas dos planos de enfrentamento das Doenças Crônicas Não Transmissíveis: resultados da pesquisa nacional de saúde, 2013 e 2019. *Epidemiol Serv Saúde*. 2022; 31:e2021364. <https://doi.org/10.1590/SS2237-9622202200008.especial>
17. Chung H, Dai T, Sharma SK, Huang YY, Carroll JD, Hamblin MR. The nuts and bolts of low-level laser (light) therapy. *Ann Biomed Eng*. 2012; 40(2):516-533. <https://doi.org/10.1007/s10439-011-0454-7>
18. de Freitas LF, Hamblin MR. Proposed mechanisms of photobiomodulation or low-level light therapy. *IEEE J Sel Top Quantum Electron*. 2016; 22(3):7000417. <https://doi.org/10.1109/JSTQE.2016.2561201>
19. Guo S, Gong L, Shen Q, Xing D. Photobiomodulation reduces hepatic lipogenesis and enhances insulin sensitivity through activation of CaMKK $\beta$ /AMPK signaling pathway. *J Photochem Photobiol B*. 2020; 213:112075. <https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2020.112075>
20. Brassolatti P, Parizotto NA, Guirro ECO, de Almeida LA, Tim CR, Nishioka MA, et al. Systemic photobiomodulation: an integrative review of evidence for intravascular laser irradiation of blood and vascular photobiomodulation. *Lasers Med Sci*. 2025; 40:35. <https://doi.org/10.1007/s10103-024-04233-6>
21. Magalhães FC, Ferraresi C. Photobiomodulation therapy on the treatment of insulin resistance: a narrative review. *Photobiomodul Photomed Laser Surg*. 2022; 40(9):597-603. <https://doi.org/10.1089/photob.2022.0031>

**Recebido:** 10 Março 2026 | **Aceito:** 23 Abril 2026 | **Publicado:** 28 Maio 2026



Souza et al. Este é um artigo de acesso aberto distribuído sob os termos da Licença Creative Commons Attribution CC-BY 4.0, que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o trabalho original seja devidamente citado.