

PARÂMETROS E EFEITOS DA TERAPIA POR FOTOBIMODULAÇÃO EM ÚLCERAS DE PÉ DIABÉTICO: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

PARAMETERS AND EFFECTS OF PHOTOBIMODULATION THERAPY IN DIABETIC FOOT ULCERS: A SYSTEMATIC REVIEW

PARÁMETROS Y EFECTOS DE LA TERAPIA DE FOTOBIMODULACIÓN EN LAS ÚLCERAS DEL PIE DIABÉTICO: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA

Hugo Lima Silva¹

Cianny Ximenes Rodrigues Silva²

Francisco Dimitre Rodrigo Pereira Santos³

Marcia Guelma Santos Belfort⁴

Hanari Santos de Almeida Tavares⁵

Arthur Barros Fernandes⁶

Claudia Regina de Andrade Arrais Rosa⁷

¹Acadêmico do Curso de Enfermagem da Universidade Estadual do Tocantins (Unitins), Augustinópolis-TO, Brasil. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9458-8770>

²Acadêmica do Curso de Enfermagem da Universidade Estadual do Tocantins (Unitins), Augustinópolis-TO, Brasil. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2732-7276>

³Fisioterapeuta pela Faculdade Montes Belos (FMB). Mestre em Ciências da Saúde pela Universidade Federal do Tocantins (UFT). Doutorando em Engenharia Biomédica pela Universidade Anhembi Morumbi (UAM). Docente Universidade Estadual do Tocantins (Unitins), Augustinópolis-TO, Brasil. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3036-7631>

⁴Farmacêutica-Bioquímica e Mestre em Patologia das Doenças Tropicais pela Universidade Federal do Pará (UFPA). Doutorando em Engenharia Biomédica pela Universidade Anhembi Morumbi (UAM). Docente da Universidade Estadual do Tocantins (Unitins), Augustinópolis-TO, Brasil. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3131-2237>

⁵Enfermeira pela Faculdade do Bico do Papagaio (FABIC). Mestre em Ensino de Ciências Ambientais pela Universidade Federal do Pará (UFPA). ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0265-0245>

⁶Médico pela Universidade Federal do Maranhão (UFMA). Mestrando em Medicina Tropical pela Universidade de Brasília (UnB). Docente Universidade Estadual do Tocantins (Unitins), Augustinópolis-TO, Brasil. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6061-4392>

⁷Enfermeira pela Universidade Federal do Maranhão (UFMA). Mestre em Ciências Ambientais. Universidade de Taubaté (UNTAU). Doutora em Biotecnologia. Rede Nordeste de Biotecnologia. Docente da Universidade Federal do Maranhão (UFMA). ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1683-8855>

Autor correspondente

Francisco Dimitre Rodrigo Pereira Santos
R. Planalto, n.601, Centro, Augustinópolis-TO, Brasil. CEP: 77960-000, telefone: +55(63) 3456-1811,
e-mail: franciscodimitre@hotmail.com.

RESUMO

Objetivo: verificar os parâmetros e os efeitos da terapia por fotobimodulação em úlceras de pé diabético. **Método:** revisão sistemática seguindo os critérios de *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and MetaAnalyses*. Utilizamos as bases eletrônicas de dados: *Cochrane Library*, *Embase*, *MEDLINE/PubMed* (via *National Library of Medicine*), *Scopus* e *Web of Science* e como estratégia de busca os Descritores em Ciências da Saúde/*Medical Subject Headings*, combinamos aos operadores booleanos, operadores de truncamento e extractores de busca. Incluímos ensaios clínicos que utilizaram fotobimodulação em adultos de ambos os gêneros com diabetes mellitus e feridas/úlceras diabéticas de membros inferiores. **Resultados:** o laser de baixa intensidade foi usado como intervenção para a cicatrização de úlceras diabéticas em três dos estudos analisados e um estudo utilizou o *Light Emitting Diodes* como intervenção terapêutica. Notamos que os parâmetros da fotobimodulação utilizados no tratamento de úlceras de pé diabético variam substancialmente. A terapia por fotobimodulação é uma intervenção que melhora e auxilia no processo de cicatrização em pacientes com pés diabéticos. **Conclusão:** foi notório que os parâmetros da fotobimodulação utilizados no tratamento de úlceras de pé diabético variam substancialmente e apresentam resultados benéficos.

Palavras-Chave: Diabetes Mellitus; Pé Diabético; Complicações do Diabetes; Cicatrização; Terapia a Laser.

ABSTRACT

Objective: to verify the parameters and effects of photobimodulation therapy in diabetic foot ulcers. **Method:** systematic review following the Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and MetaAnalyses criteria. We used the electronic databases: *Cochrane Library*, *Embase*, *MEDLINE/PubMed* (via *National Library of Medicine*), *Scopus* and *Web of Science* and as search strategy the Health Sciences Descriptors/*Medical Subject Headings*, we combined Boolean operators, operators truncation and search extractors. We included clinical trials that used photobimodulation in adults of both genders with diabetes mellitus and diabetic wounds/ulcers of the lower limbs. **Results:** low-intensity laser was used as an intervention for the healing of diabetic ulcers in three of the studies analyzed and one study used *Light Emitting Diodes* as therapeutic intervention. We note that the photobimodulation parameters used in the treatment of diabetic foot ulcers vary substantially. Photobimodulation therapy is an intervention that improves and assists in the healing process in patients with diabetic feet. **Conclusion:** it was clear that the photobimodulation parameters used in the treatment of diabetic foot ulcers vary substantially and present beneficial results.

Keywords: Diabetes Mellitus; Diabetic Foot; Complications of Diabetes; Healing; Laser Therapy.

RESUMEN

Objetivo: verificar los parámetros y efectos de la terapia de fotobimodulación en las úlceras del pie diabético. **Método:** revisión sistemática siguiendo los criterios de elementos de informe preferidos para revisiones sistemáticas y metaanálisis. Se utilizaron las bases de datos electrónicas: *Cochrane Library*, *Embase*, *MEDLINE/PubMed* (vía *National Library of Medicine*), *Scopus* y *Web of Science* y como estrategia de búsqueda los Health Sciences Descriptors/*Medical Subject Headings*, combinamos operadores booleanos, operadores de truncamiento y búsqueda. extractores. Se incluyeron ensayos clínicos que utilizaron fotobimodulación en adultos de ambos sexos con diabetes mellitus y heridas/úlceras diabéticas en las extremidades inferiores. **Resultados:** el láser de baja intensidad se utilizó como intervención para la curación de las úlceras diabéticas en tres de los estudios analizados y un estudio utilizó *Diodos Emisores de Luz* como intervención terapéutica. Observamos que los parámetros de fotobimodulación utilizados en el tratamiento de las úlceras del pie diabético varían sustancialmente. La terapia de fotobimodulación es una intervención que mejora y ayuda en el proceso de curación en pacientes con pie diabético. **Conclusión:** quedó claro que los parámetros de fotobimodulación utilizados en el tratamiento de las úlceras del pie diabético varían sustancialmente y presentan resultados beneficiosos.

Palabras clave: Diabetes Mellitus; Pie Diabético; Complicaciones de la Diabetes; Cicatrización; Terapia con Láser.

Submissão: 09-05-2024

Aprovado: 13-07-2024

INTRODUÇÃO

O diabetes mellitus (DM) é definido como um distúrbio metabólico caracterizado por um quadro hiperglicêmico, apresentando-se em tipo 1 e o diabetes tipo 2, com progressão clínica que pode variar consideravelmente⁽¹⁾. O início do diabetes tipo 1 pode ser mais variável em adultos, eles podem não apresentar os sintomas clássicos observados em crianças e podem apresentar remissão temporária da necessidade de insulina. Ocorre devido à destruição autoimune das células β , geralmente levando à deficiência absoluta de insulina, incluindo diabetes autoimune latente da idade adulta. Já o diabetes tipo 2 acontece devido a uma perda progressiva da secreção adequada de insulina das células β , frequentemente no contexto de resistência à insulina⁽²⁾.

Durante o tratamento para o DM, a úlcera é uma complicação comum a longo prazo, e seu impacto leva a morbidade e mortalidade perceptíveis. Os pacientes diabéticos apresentam falhas no mecanismo de cicatrização, caracterizando-se por uma resposta demorada e mais proliferativa da lesão do que exsudativa⁽³⁾.

Mesmo com o controle glicêmico, cuidados locais diários e curativos convencionais, as úlceras em pés diabéticas requerem tempo prolongado para cicatrização completa. Nesse contexto, o processo de reparação tecidual tem sido foco de muitos estudos em busca de tratamentos que possam aumentar a velocidade de cicatrização dessa complicação. Neste caso, terapias alternativas

tornam-se urgentes para reversão e controle do quadro clínico dos pacientes⁽⁴⁾.

A fotobiomodulação é um recurso que podem amenizar o progresso da doença visando uma melhor cicatrização e regeneração tecidual, por meio do laser de baixa intensidade (*Low Level Light*)⁽⁴⁾ e *Light Emitting Diode* (LED), com o intuito de uma cicatrização rápida e eficaz⁽⁵⁾. O tratamento com fotobiomodulação, trata-se de uma inovação tecnológica na área da saúde que utiliza fótons em uma irradiação não térmica através do laser de baixa intensidade e LED. Tais tratamentos podem estimular a produção de colágeno, elastina e angiogênese, promovendo também um efeito analgésico e antibacteriano⁽⁵⁻⁶⁾.

Com a fotoestimulação ocorre o aumento da atividade enzimática, produção de *adenosine triphosphate* (ATP) e inibição de prostaglandinas, desencadeando o processo anti-inflamatório. Além de estimular a angiogênese e a reprodução mitótica das células, o que acelera a cicatrização. O laser de baixa intensidade emite uma luz semicondutora que ao entrar em contato com as células estimula a síntese de colágeno, elastina e angiogênese, promovendo também um efeito analgésico. Já o LED com espectro azul possui um efeito antibacteriano, através da estimulação de cromóforos da membrana bacteriana e liberação de Espécies Reativas de Oxigênio (ERO), esta reação fotoquímica forma radicais livres para destruir as bactérias⁽⁷⁻⁸⁾.

Assim, o objetivo do estudo é identificar os parâmetros e os efeitos da terapia por fotobiomodulação em úlceras de pé diabético.

MÉTODOS

Tipo do estudo e registro

Estudo de revisão sistemática, conforme os critérios de verificação *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and MetaAnalyses* (PRISMA)⁽⁹⁾, e registro no *International Prospective Register of Systematic Reviews* (CRD42022313666).

Pergunta de pesquisa

Para a elaboração da pergunta de pesquisa utilizou-se a estratégia PICO, onde P: indivíduos adultos com úlcera do pé diabético, I: fotobiomodulação e Co: parâmetros e efeitos.

Assim chegou-se à pergunta de pesquisa: quais são os parâmetros e efeitos da fotobiomodulação no tratamento das úlceras do pé diabético em indivíduos adultos?

Estratégia de busca

A busca foi realizada nas bases eletrônicas de dados com estratégia de busca adequada para cada base, utilizando os Descritores em Ciências da Saúde (DeCS)/*Medical Subject Headings* (MeSH), combinamos aos operadores booleanos *AND* e *OR*, operadores de truncamento e extratores de busca, em única busca no dia 31 de maio de 2022 adscritos na Tabela 1.

Tabela 1-Base eletrônicas de dados e estratégia de busca.

Base Eletrônicas de Dados	Estratégia de Busca
Cochrane Library	MeSH descriptor: [Diabetic Foot] explode all trees ti,ab,kw=("diabetic foot" OR "diabetic feet" OR "diabetic ulcer*" OR "diabetic wound" OR (diabet* AND (ulcer* OR wound OR disease) AND (foot OR feet OR "lower limb*")) MeSH descriptor: [Low-Level Light Therapy] explode all trees ti,ab,kw=("light emitting diode" OR LED OR photobiomodulation OR "laser biostimulation" OR phototherap* OR "low-level light" OR "low level light" OR LLLT OR "low-level laser" OR "low level laser" OR "low-power level" OR "low power level" OR "low-power laser" OR "low power laser" OR "low-laser light" OR "low laser light" OR low-light OR "low light" OR "low-intensity laser" OR "low intensity laser" OR LILT OR "low-energy photon" OR "low energy photon" OR LEPT OR laser)
Embase	Emtree term-exploded='diabetic foot'/exp Title/Abstract='diabetic foot' OR 'diabetic feet' OR 'diabetic ulcer*' OR 'diabetic wound' OR ((diabet*' ('ulcer*' OR 'wound' OR 'disease')) ('foot' OR 'feet' OR 'lower limb*')) Emtree term-exploded='low level laser therapy'/exp Title/Abstract='light emitting diode' OR 'led' OR

'photobiomodulation' OR 'laser biostimulation' OR 'phototherap*'
OR 'low-level light' OR 'low level light' OR 'lllt' OR 'low-level laser'
OR 'low level laser' OR 'low-power level' OR 'low power level' OR
'low-power laser' OR 'low power laser' OR 'low-laser light' OR 'low
laser light' OR 'low-light' OR 'low light' OR 'low-intensity laser' OR
'low intensity laser' OR 'lilt' OR 'low-energy photon' OR 'low energy
photon' OR 'lept' OR 'laser'
Title/Abstract='random*' AND 'control*' AND 'trial*'

MEDLINE/PubMed
(via *National Library
of Medicine*)

Mesh="Diabetic Foot"
Title/Abstract=(diabetic foot OR diabetic feet OR diabetic ulcer*
OR diabetic wound)
Title/Abstract=(diabet* AND (ulcer* OR wound OR disease AND
(foot OR feet OR lower limb*))
Mesh="Low-Level Light Therapy"
Title/Abstract=(light emitting diode OR LED OR
photobiomodulation OR laser biostimulation OR phototherap* OR
low-level light OR low level light OR LLLT OR low-level laser OR
low level laser OR low-power level OR low power level OR low-
power laser OR low power laser OR low-laser light OR low laser
light OR low-light OR low light OR low-intensity laser OR low
intensity laser OR LILT OR low-energy photon OR low energy
photon OR LEPT OR laser)

Scopus

TITLE-ABS-KEY ("diabetic foot" OR "diabetic feet" OR "diabetic
ulcer*" OR "diabetic wound" OR (diabet* W/2 ulcer* OR wound
OR disease W/2 foot OR feet OR lower limb*))
TITLE-ABS-KEY ("light emitting diode" OR LED OR
photobiomodulation OR "laser biostimulation" OR phototherap*
OR "low-level light" OR "low level light" OR LLLT OR "low-level
laser" OR "low level laser" OR "low-power level" OR "low power
level" OR "low-power laser" OR "low power laser" OR "low-laser
light" OR "low laser light" OR low-light OR "low light" OR "low-
intensity laser" OR "low intensity laser" OR LILT OR "low-energy
photon" OR "low energy photon" OR LEPT OR laser)
TITLE-ABS-KEY (random* AND control* AND trial*)

Web of Science

TI=(diabetic foot OR diabetic feet OR diabetic ulcer* OR diabetic
wound OR (diabet* AND (ulcer* OR wound OR disease) AND
(foot OR feet OR lower limb*))
AB=(diabetic foot OR diabetic feet OR diabetic ulcer* OR diabetic
wound OR (diabet* AND (ulcer* OR wound OR disease) AND
(foot OR feet OR lower limb*))
TI=(light emitting diode OR LED OR photobiomodulation OR laser
biostimulation OR phototherap* OR low-level light OR low level
light OR LLLT OR low-level laser OR low level laser OR low-
power level OR low power level OR low-power laser OR low
power laser OR low-laser light OR low laser light OR low-light OR
low light OR low-intensity laser OR low intensity laser OR LILT
OR low-energy photon OR low energy photon OR LEPT OR laser)
AB=(light emitting diode OR LED OR photobiomodulation OR
laser biostimulation OR phototherap* OR low-level light OR low
level light OR LLLT OR low-level laser OR low level laser OR

low-power level OR low power level OR low-power laser OR low power laser OR low-laser light OR low laser light OR low-light OR low light OR low-intensity laser OR low intensity laser OR LILT OR low-energy photon OR low energy photon OR LEPT OR laser)

Critérios de inclusão e exclusão

Foram incluídos, ensaios clínicos, publicados entre 01 de janeiro de 2018 a 01 de janeiro de 2022, que utilizaram fotobiomodulação (*Low Level Light* e/ou *Light Emitting Diode*) em adultos de ambos os gêneros com diabetes mellitus e feridas/úlceras diabéticas de membros inferiores. Foram estabelecidos como critérios de exclusão, estudos duplicados, incompletos, fora da temática, que apresentassem feridas/úlceras diabéticas infectadas, estudos voltados para grávidas, pacientes com *Human Immunodeficiency Virus/Acquired Immunodeficiency Syndrome* (HIV/Aids), em tratamento quimioterápico, fazendo uso de imunossupressores ou em falência orgânica em estágio terminal.

Protocolo de triagem

Os artigos encontrados foram salvos em formato *Research Information Systems* (RIS) e organizados com o auxílio da ferramenta *Rayyan-Intelligent Systematic Review*, onde aplicamos os critérios de inclusão e exclusão. Iniciamos a seleção dos estudos pela leitura dos títulos, seguida do resumo e por último a leitura completa do texto, com aplicação dos critérios de inclusão em todas as etapas. Visando garantir a confiabilidade da busca, foi realizado a identificação de forma independente por dois

pesquisadores, e as discordâncias foram resolvidas por um terceiro pesquisador cego.

Extração e síntese de dados

Dos trabalhos elegíveis após a leitura completa, coletamos as informações inerentes ao autor (ano), tipo de fotobiomodulação, frequência (Hz), comprimento de onda (nm), potência de saída, modo de emissão, local de irradiação, densidade de energia (J/cm^2), tempo de aplicação, número de sessões e frequência das sessões, instrumentos de avaliação, resultados e desfecho. Tais informações foram verificadas por mais dois pesquisadores cegos em momentos distintos.

Na síntese e apresentação dos dados foi utilizado um fichamento estruturado no *Microsoft Excel®* para estratificação dos dados. Para exibir visualmente os resultados de estudos e sínteses individuais utilizou-se uma tabela de apresentação. Visando explorar possíveis causas de heterogeneidade realizou-se uma análise de subgrupo, observado a condição clínica da úlcera relatada no estudo e quando não apresentadas consideramos uma possibilidade de viés.

Avaliação da qualidade metodológica e risco de viés

Para análise da qualidade metodológica, foi utilizada a escala de qualidade *Physiotherapy Evidence Database* (PEDro), que possui 11

critérios e o primeiro não é usado no cálculo da pontuação, portanto, a pontuação varia de 0 a 10. Para o risco de viés, foi utilizado o *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions*, que foi realizada por um avaliador independente. O risco de viés incluiu os domínios: risco de viés decorrente do processo de randomização, risco de viés devido aos desvios das intervenções pretendidas, resultados com dados ausentes risco de viés na mensuração do desfecho, risco de viés na seleção do resultado relatado e risco geral de viés⁽¹⁰⁾.

Figura 1-Fluxograma PRISMA (2020).

RESULTADOS

Na Figura 1 apresenta o processo da busca, que resultou no total de 967 artigos, dos quais 150 artigos foram excluídos por estarem duplicados, restando 817, dos quais 796 foram removidos após a leitura dos títulos e resumos. Em seguida, realiza-se a leitura na íntegra de 21 estudos, 17 foram removidos por não atenderem aos critérios de inclusão, resultando ao final 4 ensaios clínicos para análises, que estão descritos na Tabela 2.

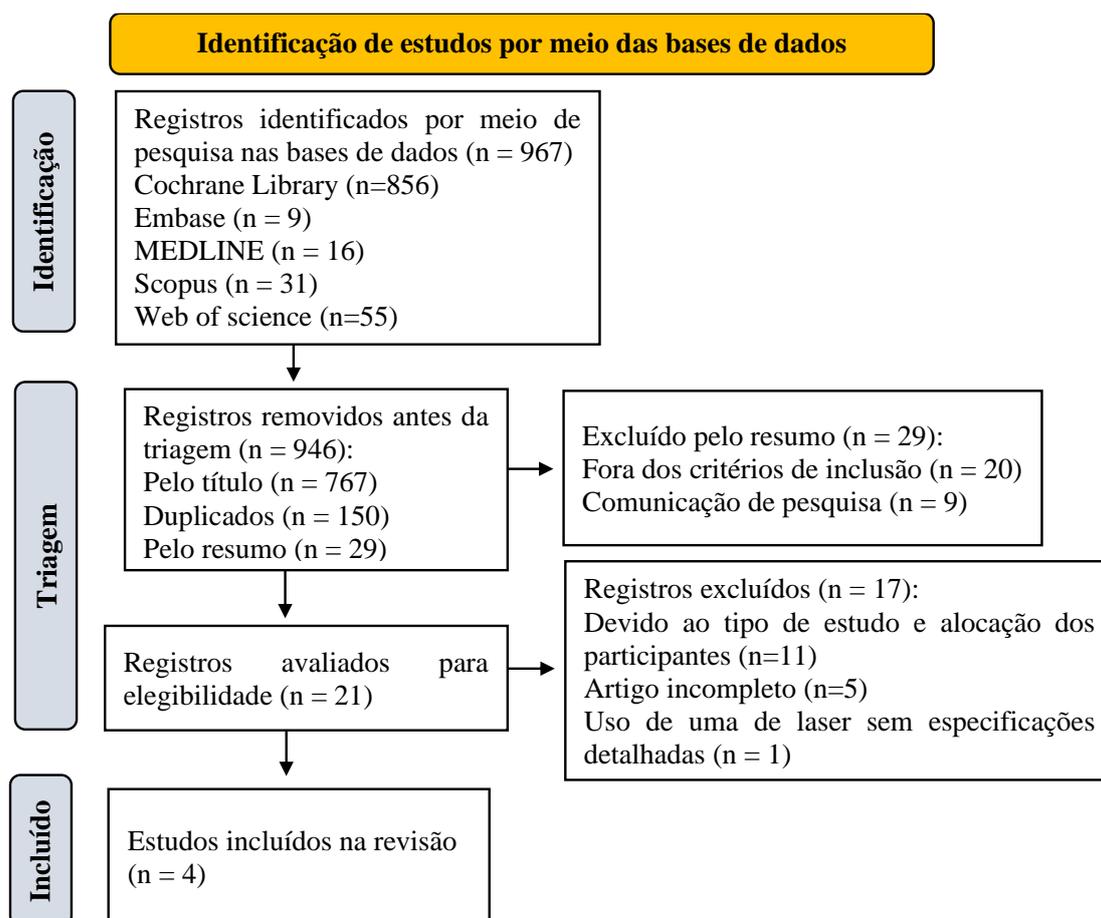


Tabela 2 - Caracterização dos estudos, amostras e intervenção utilizada.

Autor (ano)	Tipo de estudo	Amostra	Local de irradiação	Número de sessões	Frequência das sessões
Santos et al., (2018) ¹¹	Ensaio randomizado	clínico Amostra de 18 pacientes com úlcera crônicas no pé divididos em dois grupos: Controle e Terapia a Laser de Baixa Intensidade (TLBI)-Arseneto de Gálio-Alumínio (GaAlAs).	Em contato com a úlcera	16	4 vezes por semana
Wadee; Fahmy; Bahey El-Deen (2021) ¹²	Estudo randomizado	controlado Foram 75 pacientes com úlceras diabéticas crônicas divididos aleatoriamente em um dos três grupos: Oxigenoterapia Hiperbárica, Terapia a Laser de Baixa Intensidade (TLBI)-Arseneto de Gálio-Alumínio (GaAlAs) e Controle.	Em contato com a ferida usando uma película aderente na cabeça do aparelho	30	5 vezes por semana
Tantawy et al., (2018) ¹³	Estudo randomizado	controlado Fizeram parte 65 pacientes com úlceras do pé diabético divididos em dois grupos: Terapia a Laser de Baixa Intensidade (TLBI)-Hélio-Neônio e Terapia com Laser Infravermelho (TLI).	Em contato com a ferida usando uma película aderente na cabeça do aparelho	-	-
Frangjež, Nizič-Kos, Frangjež, (2018) ¹⁴	Estudo duplo-cego	prospectivo randomizado Amostra de 60 pacientes com úlcera de pé diabético divididos em dois grupos: <i>Light-Emitting Diodes</i> (LEDs) Ativo e LEDs Controle Placebo.	Borda da lesão no Pé diabético	24	3 vezes por semana

Tabela 3 - Caracterização da dosimetria utilizada nos grupos de intervenção com fotobiomodulação.

Autor (ano)	Tipo de fotobiomodulação	Frequência	Comprimento de onda (nm)*	Potência de saída (mW)†	Modo de emissão	Densidade de energia (J/cm ²)‡	Tempo de aplicação (s)§
Santos et al., (2018) ⁽¹¹⁾	Terapia a Laser de Baixa Intensidade - Hélio-Neônio	-	660	30	Contínuo	6	13
Wadee et al., (2021) ⁽¹²⁾	Terapia a Laser de Baixa Intensidade - Arseneto de Gálio-Alumínio	10 kHz	Um cluster com 33 aplicadores: 5 de 850 /12 de 670 /8 de 880 /8 de 950	1440	Contínuo	4	480
Tantawy et al., (2018) ⁽¹³⁾	Terapia a Laser de Baixa Intensidade - Hélio-Neônio	25 Hz	632	20	Varredura	5	90
	Terapia com Laser Infravermelho		904		Pulsado	6	
Frangéž, Nizič-Kos, Frangéž, (2018) ⁽¹⁴⁾	<i>Light Emitting Diodes</i>	Frequência não mencionada, com um ciclo de trabalho de 50%	Mistura de três comprimentos de onda: 625 /660 /850	-	Pulsado	2.4	300

*nm = Nanômetro; †Mw = Megawatt; ‡J/cm² = Joule por centímetros quadrados; §s = Segundos; ¶kHz = Kiloherztz; ||Hz = Hertz

Tabela 4 - Instrumentos de avaliação, resultados e desfechos dos estudos.

Autor (ano)	Instrumentos de avaliação	Resultados	Desfecho
Santos et al., (2018) ⁽¹¹⁾	Escala PUSH - <i>Pressure Ulcer Scale For Healing</i> e <i>Visual Analog Scale</i> para monitorar o processo de reparo tecidual, software ImageJ para análise da superfície da ferida, régua adesiva para avaliar o comprimento e largura, câmera digital Sony 4.1 com flash ligado mesmo sob luz natural, com distância de 20cm (lesão-câmera) com zoom e ângulo padrão.	<p>Pré-intervenção: Observaram úlceras diabéticas com desgaste no tecido, abertas e não cicatrizadas.</p> <p>Pós-intervenção: Notaram uma melhoria no processo cicatricial em ambos os grupos, no entanto, o grupo TLBI apresentou uma resposta melhor em relação ao processo de reparo tecidual. Além disso, os dois grupos não apresentam diferença significativa em relação à escala visual analógica.</p>	Ambos os grupos apresentaram redução da área final da ferida, entretanto o grupo TLBI apresentou um aumento significativo no índice de reparo tecidual em comparação com o grupo controle, além de formação de tecido epitelial.
Wadee et al., (2021) ⁽¹²⁾	Jet Printer (M1005 MFP). Photoshop CS6 para processar a imagem.	<p>Pré-intervenção: Verificaram úlceras diabéticas crônicas com deficiência no processo de cicatrização e com desgaste no tecido.</p> <p>Pós-intervenção: Ficou evidenciada uma redução da superfície e do volume da úlcera em todos os grupos, no entanto, os participantes presentes nos grupos TLBI e Oxigenoterapia Hiperbárica apresentaram uma melhora significativa em relação ao grupo controle.</p>	Ambos os grupos apresentaram redução na superfície e volume das feridas, reparo tecidual e melhora na cicatrização, entretanto os grupos TLBI e Oxigenoterapia Hiperbárica mostraram-se mais eficazes no tratamento em um curto prazo.
Tantawy et al., (2018) ⁽¹³⁾	Folha de papel celofane para calcular a área de superfície da úlcera e régua métrica para medir o comprimento e a largura.	<p>Pré-intervenção: Observaram úlceras diabéticas abertas e com deficiência de cicatrização.</p> <p>Pós-intervenção: Nota-se redução significativa da área da superfície da úlcera nos dois grupos, entretanto os participantes presentes no grupo TLBI apresentaram uma redução mais</p>	Ambos os grupos apresentaram redução estatisticamente significativa da área de superfície da úlcera, entretanto o grupo TLBI apresentou maior redução na área da úlcera. No mais.

Frangéž,
Nizič-Kos,
Frangéž,
(2018)⁽¹⁴⁾

Amostras de sangue para contagem completa de células sanguíneas e diferencial de leucócitos, eletrólitos, proteína C reativa, fibrinogênio e velocidade de hemossedimentação (informação contida no estudo, mas sem apresentação dos resultados).
Escore de Falange para avaliar a classificação da úlcera e progresso da cicatrização, software ImageJ para análise da superfície da ferida.

significativa em relação ao TLI.

Pré-intervenção:

Foi observado úlceras crônicas com grandes áreas na superfície na pele com cicatrização incompleta.

Pós-intervenção:

Notaram uma redução na superfície da área nas feridas (LEDs: 56% / Controle: 65%), após 2 semanas de intervenção ambos os grupos apresentavam a mesma pontuação do leito da ferida falange, entretanto em 4 semanas o grupo LEDs apresentou melhora significativa nesta pontuação enquanto a superfície da ferida ainda era comparável entre os dois grupos. O grupo LEDs apresentou melhora notável na granulação do leito e na redução da fibrina e escara entre a quarta e oitava semana, além de uma redução mais rápida, mas não significativa em relação ao grupo controle.

A superfície da ferida no grupo LED apresentou redução ligeira, mas não significativamente mais rápida em comparação com o grupo controle, no entanto, observa-se uma melhora notável na granulação do leito da ferida falange e redução de fibrina e escara.

O laser de baixa intensidade foi usado como intervenção para a cicatrização de úlceras diabéticas em três dos estudos analisados⁽¹¹⁻¹³⁾, sendo dois de Hélio-Neônio^(11,13) e um de Arseneto de Gálio-Alumínio⁽¹²⁾. Somente um estudo utilizou *Light Emitting Diodes* como intervenção terapêutica na cicatrização⁽¹⁴⁾.

Para a Terapia a Laser de Baixa Intensidade de Hélio-Neônio foi utilizado um comprimento de onda de 660 nm, potência de saída de 30 mW, densidade de energia 6 J/cm², modo de emissão contínuo e 13 s como o tempo de aplicação na borda da lesão que foi comparado do grupo controle. Ambos os grupos fizeram uso de um protocolo padrão com aplicação de solução fisiológica 0,9%, hidrogel 2mg e utilizaram gaze e bandagens como cobertura secundária⁽¹¹⁾.

Em relação ao processo cicatricial, observou-se resultados positivos em ambos os grupos, no entanto, o uso do Laser de Baixa Intensidade de Hélio-Neônio resultou em uma melhora mais significativa em relação ao volume da superfície da úlcera, evidenciando que o processo de regeneração tecidual neste grupo ocasionou uma redução maior da área final da ferida, aceleração do processo de regeneração tecidual⁽¹¹⁾.

Em outro estudo utilizando o Terapia a Laser de Baixa Intensidade de Arseneto de Gálio-Alumínio foi empregada uma dosimetria diferente, com um cluster de 33 aplicadores contendo 5 aplicadores de 850 nm, 12 aplicadores de 670 nm, 8 aplicadores de 880nm e 8 aplicadores de 950 nm, com uma densidade de

energia de 4 J/cm² por 8 minutos e com modo de emissão contínuo e comparada com a oxigenoterapia hiperbárica⁽¹²⁾.

Após ambos os grupos receberem sua intervenção, observou-se que o resultado foi mais satisfatório em relação à redução do volume da úlcera nos grupos de Oxigenoterapia Hiperbárica e Terapia de Laser de Baixa Intensidade do que no grupo controle. Evidenciando que ambas as intervenções foram favoráveis no tratamento⁽¹²⁾.

Um dos ensaios apresentou em sua intervenção a comparação de duas terapias com laser, a Terapia a Laser de Baixa Intensidade de Hélio-Neônio e o Terapia com Laser Infravermelho. Com frequência de saída de 25 Hz, potência de saída de 20 mW, modo de emissão de varredura e pulsado, tempo de aplicação de 90 s para ambos. As diferenças entre as terapias estavam no comprimento de onda, sendo de 632 nm e 904 nm e na densidade de energia de 5 J/cm² e 6 J/cm² respectivamente⁽¹³⁾.

Após 4 semanas de tratamento à base da Terapia com laser de Hélio-neon (HNLT) e Terapia com laser infravermelho, observou-se uma redução estatisticamente significativa da área se superfície da úlcera em ambos os grupos⁽¹³⁾.

No estudo que utilizou os *Light Emitting Diodes*⁽¹⁴⁾, os autores randomizaram dois grupos e utilizaram uma frequência na faixa de kHz não mencionada com um ciclo de trabalho de 50%, modo de emissão pulsado por 5 minutos em ambos os grupos (ativo e controle). No grupo

ativo foi utilizada uma mistura de três comprimentos de onda: 625 nm/660 nm/850 nm, com uma densidade de energia de 2.4 J/cm².

Durante o tratamento, o grupo tratado com *Light Emitting Diodes* apresentou uma redução da superfície da ferida ligeiramente mais rápida em comparação ao grupo controle, mas não significativamente mais rápida. Notou-se que ao longo das 8 semanas de tratamento, os pacientes apresentaram uma melhora notável na granulação do leito da ferida, além da redução de fibrina e escara, sem a presença de efeitos colaterais em nenhum paciente⁽¹⁴⁾.

Dos estudos que analisamos, um⁽¹¹⁾ não apresentou a frequência utilizada, e quanto a potência de saída somente um ensaio⁽¹⁴⁾ não apresentou. O comprimento de onda variou consideravelmente entre os estudos, desde isolados no espectro de 660 nm⁽¹¹⁾, 632 nm e 904 nm⁽¹³⁾ a combinados. Um estudo combinou em um cluster quatro tipos simultâneos de comprimento, utilizando 850 nm, 670 nm, 880 nm e 950 nm⁽¹²⁾ e outro com três tipos: 625 nm, 660 nm e 850 nm⁽¹⁴⁾.

A potência de saída de 30mW foi utilizada em um ensaio clínico⁽¹¹⁾, os demais autores determinaram uma potência de 20 mW⁽¹³⁾, 1440 mW⁽¹²⁾. A frequência que

identificamos foi de 25 Hz⁽¹³⁾ e 10 kHz⁽¹²⁾. No que se refere o modo emissão, observamos que o contínuo foi empregado em dois dos estudos⁽¹¹⁻¹²⁾, o pulsado em dois⁽¹³⁻¹⁴⁾ e o de varredura em um¹⁴. As densidades de energia utilizada nos *Light Emitting Diodes* foi de 2,4 J/cm², sendo a mais baixa entre os estudos quando comparados ao laser de baixa intensidade⁽¹⁴⁾. Já o tempo de aplicação da fotobiomodulação oscilou de segundos a minutos, sendo 13 s⁽¹¹⁾ e 90 s⁽¹³⁾ a 5⁽¹⁴⁾ e 8 min⁽¹²⁾.

Na Tabela 4 são apresentados os julgamentos de todos os itens de qualidade metodológica dos quatro artigos incluídos nesta revisão, conforme a escala PEDro. O escore 9 foi identificado em apenas um estudo⁽¹⁴⁾, os demais estudos apresentaram escore de 7⁽¹²⁾, 6⁽¹¹⁾ e 5⁽¹³⁾.

O ponto de maior fragilidade metodológica dos estudos foi no cegamento. No risco de viés apresentado na Tabela 1b, dois estudos apresentaram algumas preocupações⁽¹¹⁻¹²⁾ no processo de randomização e um alto risco de viés⁽¹³⁾, no viés devido aos desvios das intervenções pretendidas dois estudos apresentaram algumas preocupações^(11,13) e apenas um estudo apresentou baixo risco de viés em todos os elementos inerente a qualidade metodológica⁽¹⁴⁾.

Tabela 4 - Qualidade dos estudos e risco de viés.

Critérios de Avaliação	Santos et al., (2018) ⁽¹¹⁾	Wadee et al., (2021) ⁽¹²⁾	Tantawy et al., (2018) ¹³	Frangež, Nizič-Kos, Frangež, (2018) ⁽¹⁴⁾
------------------------	---------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	---

a) Escala PEDro

Os critérios de elegibilidade foram especificados.

Os sujeitos foram aleatoriamente distribuídos por grupos.

A alocação dos sujeitos foi secreta.

Inicialmente, os grupos eram semelhantes no que diz respeito aos indicadores de prognóstico mais importantes.

Todos os sujeitos participaram de forma cega no estudo.

Todos os terapeutas que administraram a terapia fizeram-no de forma cega.

Todos os avaliadores que mediram pelo menos um resultado-chave fizeram-no de forma cega.

Mensurações de pelo menos um resultado-chave foram obtidas em mais de 85% dos sujeitos inicialmente distribuídos pelos grupos.

Todos os sujeitos a partir dos quais se apresentaram mensurações de resultados receberam o tratamento ou a condição de controle conforme a alocação.

Os resultados das comparações estatísticas inter-grupos foram descritos para pelo menos um resultado-chave.

O estudo apresenta tanto medidas de precisão como medidas de variabilidade para pelo menos um resultado-chave.

Total

	+	+	+	+
	-	+	-	+
	+	+	-	+
	-	-	-	+
	-	-	-	-
	-	-	-	+
	+	+	+	+
	+	+	+	+
	+	+	+	+
	+	+	+	+
Total	6	7	5	9

b) Risco de viés

Risco de viés decorrente do processo de randomização

Risco de viés devido aos desvios das intervenções pretendidas

Resultados com dados ausentes

Risco de viés na mensuração do desfecho

Risco de viés na seleção do resultado relatado

Risco geral de viés

	?	?	-	+
	?	+	?	+
	+	+	+	+
	+	+	+	+
	+	+	+	+
	?	+	?	+

DISCUSSÃO

Dentre os tipos de fotobiomodulação que encontrados nesta revisão, o laser de baixa potência foi utilizado em três ensaios e identificamos três tipos diferentes: Hélio-

Neônio⁽¹¹⁾, Arseneto de Gálio-Alumínio⁽¹²⁾ e Terapia com Laser Infravermelho⁽¹³⁾. Somente um estudo utilizou o *Light Emitting Diodes*⁽¹⁴⁾. Nota-se que tipos distintos de fotobiomodulação podem ser empregados no tratamento de úlceras

de pé diabético, assim como identificado em outro estudo de revisão sistemática⁽¹⁵⁾, ademais, a fotobiomodulação para úlceras de pé diabético é utilizada tanto no espectro do laser quanto do *Light Emitting Diode*.

Quanto aos parâmetros da dosimetria da fotobiomodulação, dois ensaios não informaram por completo os parâmetros utilizados. Um não apresentou a frequência em Hz⁽¹¹⁾ e outro a frequência na faixa de kHz que não foi mencionada e a potência de saída⁽¹⁴⁾. Nota-se que a maioria dos artigos analisados em outro estudo não descrevia os parâmetros detalhados em sua metodologia⁽¹⁵⁾.

No estudo, identificaram-se distintos comprimentos de onda entre os ensaios, contudo comprimentos de onda entre 660 e 890 nm, densidade de potência de 50 mW/cm², fluência de 2 J/cm² e tempo de irradiação de 30 s seriam os mais adequados para tratamento da úlcera do pé diabético⁽¹⁶⁾. Em um espectro mais amplo, outro estudo⁽¹⁷⁾ apontou o uso de comprimento de onda entre 400 e 904 nm, densidade de potência de 30 a 180 mW/cm² e fluência de 2 a 10 J/cm².

Mesmo com comprimentos de onda iguais^(8,11) no espectro de 660 nm, a potência de saída, densidade de energia (J/cm²) e tempo de aplicação são distintos, assim como se observou em um estudo analisado nesta revisão que utilizou um comprimento de onda de 632 nm⁽¹³⁾ e outro ensaio que utilizou um espectro aproximado, de 632,8 nm⁽¹⁸⁾. Constata-se a variação da dosimetria não somente no comprimento de onda, mas também nos outros

parâmetros da fotobiomodulação. Fato este, que pode estar relacionado as possíveis dimensões das úlceras, tempo de ulceração e níveis glicêmicos, que variaram nos estudos analisados nesta revisão.

A terapia por fotobiomodulação com comprimento de onda 632.8 nm e 830 nm e densidade de energia de 0.5 e 6 J/cm² é usado com mais frequência para o processo de cicatrização⁽¹⁹⁾. No que tange ao comprimento de onda e densidade de energia, todos os quatro ensaios analisados nesta revisão sistemática estão dentro dos parâmetros do estudo que mencionamos anteriormente, dois estudos utilizaram de forma isolada, um com 660 nm⁽¹¹⁾ e outro com 632 nm, já os outros dois combinaram comprimentos de onda, um com 670 nm⁽¹²⁾ e outro 625 nm e 660 nm. O único estudo⁽¹⁴⁾ que utilizou a densidade de energia mais baixa foi o que fez uso de *Light Emitting Diodes*, com 2.4 J/cm².

Outro ponto importante a destacar, é o local da aplicação da fotobiomodulação. Dois estudos realizaram a emissão da luz em contato com a úlcera⁽¹²⁻¹³⁾, outro na borda⁽¹¹⁾ e um com uma distância de 10 cm da úlcera⁽¹⁴⁾.

As principais limitações das evidências incluídas na revisão estão na homogeneidade da amostra e assim como apresentado anteriormente, dois estudos não apresentaram por completo a descrição dos parâmetros utilizados. Fatores este que interferiram diretamente no processo de revisão dos estudos, assim como observamos em outro estudo.

Mesmo sem uma padronização dos parâmetros

mais adequados para uma melhor cicatrização, é visto que a fotobiomodulação acelera a cicatrização e reduz a área das úlceras⁽²⁰⁾. O que á torna um tratamento eficaz e seguro para o tratamento⁽⁶⁾.

Um outro estudo de revisão^(5,21) observou em seus resultados que a terapia com fotobiomodulação, é fortemente utilizada como terapia complementar no tratamento de feridas diabéticas e apresenta-se eficiente no processo de cicatrização. Contudo, assim como visto no presente estudo, a maioria dos estudos estão associados a outras intervenções.

Sabendo que os enfermeiros desempenham um papel fundamental no cuidado às pessoas com diabetes⁽²²⁾, ressaltamos que os resultados encontrados nesta revisão sistemática podem subsidiar no processo de tomada de decisão clínica. Contudo, sugerimos a realização de novos ensaios clínicos com maior rigor na randomização e cegamento dos sujeitos, bem como a definição de uma amostra homogênea e descrição detalhada dos parâmetros utilizados. Uma vez que assim como no presente estudo, em outra revisão foi observada fragilidade nos desenhos dos estudos⁽²³⁾.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os parâmetros da fotobiomodulação utilizados no tratamento de úlceras de pé diabético variam substancialmente, uma vez que as feridas e os aparelhos de fotobiomodulação apresentam variações. Portanto, dentro dos parâmetros utilizados deve-se levar em consideração as características do aparelho e as

dimensões das lesões. Nota-se ainda que a terapia por fotobiomodulação é uma intervenção eficiente no processo de cicatrização em pacientes com pés diabéticos.

REFERÊNCIAS

1. Humphreys A, Bravis V, Kaur A, Walkey HC, Godslan IF, Misra S, et al. Individual and diabetes presentation characteristics associated with partial remission status in children and adults evaluated up to 12 months following diagnosis of type 1 diabetes: an ADDRESS-2 (After Diagnosis Diabetes Research Support System-2) study analysis. *Diabetes Res Clin Pract.* 2019;155:107789. doi: <https://doi.org/10.1016/j.diabres.2019.107789>
2. American Diabetes Association Professional Practice Committee. 2. Classification and Diagnosis of Diabetes: Standards of Medical Care in Diabetes-2022. *Diabetes Care.* 2022;45(Suppl 1):S17-S38. doi: <https://doi.org/10.2337/dc22-S002>
3. Mariadoss AVA, Sivakumar AS, Lee CH, Kim SJ. Diabetes mellitus and diabetic foot ulcer: Etiology, biochemical and molecular based treatment strategies via gene and nanotherapy. *Biomed Pharmacother.* 2022;151:113134. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2022.113134>
4. Huang J, Chen J, Xiong S, Huang J, Liu Z. The effect of low-level laser therapy on diabetic foot ulcers: A meta-analysis of randomised controlled trials. *Int Wound J.* 2021;18(6):763-76. doi: <https://doi.org/10.1111/iwj.13577>
5. Blascovich HB, Nogueira AG, Jesus Costa ACP de. Parâmetros e protocolos da laserterapia utilizados no tratamento de feridas diabéticas. *Rev. Enferm. Atual In Derme.* 2022; 96(38):e-021222. doi: <https://doi.org/10.31011/reaid-2022-v.96-n.38-art.1321>
6. Santos CMD, Rocha RBD, Hazime FA,

- Cardoso VS. A Systematic Review and Meta-Analysis of the Effects of Low-Level Laser Therapy in the Treatment of Diabetic Foot Ulcers. *Int J Low Extrem Wounds*. 2021;20(3):198-207. doi: <https://doi.org/10.1177/1534734620914439>
7. Glass GE. Photobiomodulation: The Clinical Applications of Low-Level Light Therapy. *Aesthet Surg J*. 2021;41(6):723-38. doi: <https://doi.org/10.1093/asj/sjab025>
8. Mathur RK, Sahu K, Saraf S, Patheja P, Khan F, Gupta PK. Low-level laser therapy as an adjunct to conventional therapy in the treatment of diabetic foot ulcers. *Lasers Med Sci*. 2017;32(2):275-82. doi: <https://doi.org/10.1007/s10103-016-2109-2>
9. Page MJ, Moher D, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. PRISMA 2020 explanation and elaboration: updated guidance and exemplars for reporting systematic reviews. *BMJ*. 2021;372:n160. doi: <https://doi.org/10.1136/bmj.n160>
10. Higgins JPT, Altman DG, Gotzsche PC, et al. The Cochrane Collaboration's tool for assessing risk of bias in randomised trials. *BMJ*. 2011;343:5928. doi: <https://doi.org/10.1136/bmj.d5928>
11. Santos JAF, Campelo MBD, de Oliveira RA, Nicolau RA, Rezende VEA, Arisawa EÂL. Effects of Low-Power Light Therapy on the Tissue Repair Process of Chronic Wounds in Diabetic Feet. *Photomed Laser Surg*. 2018;36(6):298-304. doi: <https://doi.org/10.1089/pho.2018.4455>
12. Wade AN, Fahmy SM, Bahey El-Deen HÁ. Low-level laser therapy (photobiomodulation) versus hyperbaric oxygen therapy on healing of chronic diabetic foot ulcers: a controlled randomized trial. *Physical Therapy Revie*. 2021;26(1):73-80. doi: <https://doi.org/10.1080/10833196.2021.1876380>
13. Tantawy SA, Abdelbasset WK, Kamel DM, Alrawaili SM. A randomized controlled trial comparing helium-neon laser therapy and infrared laser therapy in patients with diabetic foot ulcer. *Lasers Med Sci*. 2018;33(9):1901-06. doi: <https://doi.org/10.1007/s10103-018-2553-2>
14. Frangež I, Nizič-Kos T, Frangež HB. Phototherapy with LED Shows Promising Results in Healing Chronic Wounds in Diabetes Mellitus Patients: A Prospective Randomized Double-Blind Study. *Photomed Laser Surg*. 2018;36(7):377-82. doi: <https://doi.org/10.1089/pho.2017.4382>
15. Dos Santos Mendes-Costa L, de Lima VG, Barbosa MPR, Dos Santos LE, de Siqueira Rodrigues Fleury Rosa S, Tatmatsu-Rocha JC. Photobiomodulation: systematic review and meta-analysis of the most used parameters in the resolution diabetic foot ulcers. *Lasers Med Sci*. 2021;36(6):1129-38. doi: <https://doi.org/10.1007/s10103-020-03192-y>
16. Tchanque-Fossuo CN, Ho D, Dahle SE, Koo E, Li CS, Isseroff RR, Jagdeo J. A systematic review of low-level light therapy for treatment of diabetic foot ulcer. *Wound Repair Regen*. 2016;24(2):418-26. doi: <https://doi.org/10.1111/wrr.1239>
17. Li S, Wang C, Wang B, Liu L, Tang L, Liu D, et al. Efficacy of low-level light therapy for treatment of diabetic foot ulcer: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Diabetes Res Clin Pract*. 2018;143:215-24. doi: <https://doi.org/10.1016/j.diabres.2018.07.014>
18. Feitosa MC, Carvalho AF, Feitosa VC, Coelho IM, Oliveira RA, Arisawa EÂ. Effects of the Low-Level Laser Therapy (LLLT) in the process of healing diabetic foot ulcers. *Acta Cir Bras*. 2015;30(12):852-7. doi: <https://doi.org/10.1590/S0102-865020150120000010>
19. Karkada G, Maiya GA, Houreld NN, Arany P, Rao Kg M, Adiga S, et al. Effect of photobiomodulation therapy on inflammatory cytokines in healing dynamics of diabetic wounds: a systematic review of preclinical studies. *Arch Physiol Biochem*. 2023;129(3):663-670. doi: <https://doi.org/10.1080/13813455.2020.1861025>

20. Zhou Y, Chia HWA, Tang HWK, Lim SYJ, Toh WY, Lim XL, et al. Efficacy of low-level light therapy for improving healing of diabetic foot ulcers: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Wound Repair Regen.* 2021;29(1):34-44. doi: <https://doi.org/10.1111/wrr.12871>

21. Dhlamini T, Houreld NN. Clinical Effect of Photobiomodulation on Wound Healing of Diabetic Foot Ulcers: Does Skin Color Needs to Be Considered?. *J Diabetes Res.* 2022;2022:3312840. doi: <https://doi.org/10.1155/2022/3312840>

22. Cloete L. Diabetes mellitus: an overview of the types, symptoms, complications and management. *Nurs Stand.* 2022 Jan 5;37(1):61-66. doi: <https://doi.org/10.7748/ns.2021.e11709>

23. Sutton E, Ganie S, Chan C, Kaur A, Nussbaum E. Photobiomodulation and diabetic foot and lower leg ulcer healing: A narrative synthesis. *Foot (Edinb).* 2021;48:101847. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foot.2021.101847>

Fomento e Agradecimento

Os acadêmicos do Curso de Enfermagem, agradecem a bolsa de Iniciação Científica do Programa Institucional de Iniciação Científica da Universidade Estadual do Tocantins-Unitins.

Critérios de autoria (contribuições dos autores)

CXRS na obtenção, na análise e interpretação dos dados.

HLS na redação da versão publicada.

FDRPS e MGSB contribui substancialmente na concepção e planejamento do estudo.

HSA, ABF e CRAAR revisão crítica e aprovação final da versão publicada.

Declaração de conflito de interesses

Nada a declarar.

Editor Científico: Ítalo Arão Pereira Ribeiro. Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-0778-1447>