

**FOTOBIMODULAÇÃO NA CICATRIZAÇÃO DE ÚLCERAS PÓS
AMPUTAÇÕES****PHOTOBIMODULATION IN THE HEALING OF POST-AMPUTATION
ULCERS****FOTOBIMODULACIÓN EN LA CICATRIZACIÓN DE ÚLCERAS POST-
AMPUTACIÓN**

10.56238/revgeov16n5-048

Mônica Ribeiro Ventura

Doutora em Biofotônica Aplicada à Ciências da Saúde
Instituição: Universidade Nove de Julho (UNINOVE)
E-mail: venturamr63@gmail.com.br

Lais da Conceição Carvalho

Especialista em Reabilitação nas Unidades de Emergência e Urgência
Instituição: Universidade Cidade de São Paulo
E-mail: laiscarvalho17@hotmail.com

Carina Nunes dos Santos dos Santos Ferreira

Pós-graduada em Fisioterapia Pélvica e Acupunturista
Instituição: Universidade Serra Geral
E-mail: carinanunes053@gmail.com

Gabriel de Sousa Ferreira

Pós-graduado em Fisioterapia Cardiorrespiratória
Instituição: Universidade Santa Marcelina
E-mail: gsf0421@icloud.com

Edson Shigueo Gondo

Pós-graduado em Acupuntura
Instituição: Escola Brasileira de Medicina Chinesa (EBRAMEC)
E-mail: shigondo@gmail.com

Clayton Gomes Crozariol

Especialista em Fisioterapia Cardiorrespiratória Adulto e Neonatal
Instituição: Universidade Cidade de São
E-mail: clayton.ef.fisio@gmail.com

Matheus Henrique Costa

Pós-graduado em Fisioterapia Cardiorrespiratória
Instituição: Universidade de Mogi das Cruzes (UMC)
E-mail: matheuscosta2423@gmail.com



Cristina Braga

Doutora em Ciências da Saúde

Instituição: Universidade Nove de Julho, Instituto de Assistência Médica ao Servidor Público
Estadual de S. Paulo

E-mail: cris.br@terra.com.br

Alfredo Ribeiro Filho

Mestre em Farmácia

Instituição: Universidade Nove de Julho

E-mail: arfmm@uol.com.br

Christian Douradinho

Mestre em Ciências Médicas Foco em Gerontologia

Instituição: Universidade Nove de Julho

E-mail: c.douradinho@uni9.pro.br

Neylor Rodrigo Oliveira Aragão

Especialista em Estomaterapia

Instituição: Empresa Brasileira de Serviços Hospitalares (EBSERH)

E-mail: wilde_br@yahoo.com.br

Gleyce Kelly de Brito Brasileiro Santos

Mestre em Enfermagem

Instituição: Universidade Federal de Sergipe e Empresa Brasileira de Serviços Hospitalares
(EBSERH)

E-mail gkbsantos@hotmail.com

Paulo Celso Pardi

Doutor em Ciências (Morfologia)

Instituição: Centro Universitário de Excelência Eniac

E-mail: drpaulopardi@gmail.com

Vânia Patrícia Teixeira Vianna

Doutora em Ciências

Instituição: Universidade Católica Dom Bosco

E-mail: vptvianna@gmail.com

Carlos Alberto Ocon

Doutor em Ciências da Saúde em Medicina

Instituição: Universidade Nove de Julho (UNINOVE)

E-mail: cocion@uni9.pro.br

RESUMO

INTRODUÇÃO: O Diabetes Mellitus (DM) é classificado como um agravo de saúde mundial no século XXI, sendo uma síndrome crônica e multifatorial caracterizada pela hiperglicemia resultante da ausência ou da incapacidade da insulina de exercer seus efeitos. As complicações associadas ao DM



estão entre as maiores causas de mortes globalmente. **OBJETIVO:** Descrever a ação da fotobiomodulação com laser na cicatrização de úlceras pós-amputações menores em pacientes com Diabetes Mellitus através de uma revisão integrativa. **METODOLOGIA.** O presente estudo é uma revisão integrativa que deu origem a um ensaio clínico controlado. A metodologia explorou dados qualitativos por meio de uma busca sistemática relacionada ao uso de laser na cicatrização de úlceras pós-amputação em pacientes com DM. Neste estudo foram apresentados 7 artigos de um total de 38 avaliados. **RESULTADOS E DISCUSSÃO - A FBM (Fotobiomodulação)** é definida como a aplicação de luz, geralmente nos espectros visíveis ou infravermelhos próximos, para estimular ou inibir funções celulares a fim de obter efeitos benéficos, como alívio da dor, redução da inflamação, regeneração tecidual e cicatrização de feridas. Os 7 estudos clínicos analisados relataram a ação da FBM no tratamento de lesões em pés diabéticos, demonstrando resultados favoráveis, uma vez que, de acordo com os estudos, estimula a proliferação de fibroblastos e queratinócitos dérmicos, vitais para a fase de proliferação celular no processo de cicatrização. **CONSIDERAÇÕES FINAIS:** O estudo fornece dados que demonstram que a fotobiomodulação com laser é eficaz, sendo capaz de reduzir a área da lesão e acelerar significativamente o processo de cicatrização em pacientes com DM. A efetividade e responsividade desta terapêutica foram evidenciadas pelos estudos analisados. Contudo, foi identificada a ausência de ensaios clínicos específicos que utilizassem a Terapia a Laser de Baixa Intensidade (LLLT) em lesões pós-amputações menores, embora haja vasta literatura sobre o tratamento de úlceras de pé diabético.

Palavras-chave: Fotobiomodulação. Úlceras. Tratamento. Amputações.

ABSTRACT

INTRODUCTION: Diabetes Mellitus (DM) is classified as a global health problem in the 21st century. It is a chronic, multifactorial syndrome characterized by hyperglycemia resulting from the absence or inability of insulin to exert its effects. Complications associated with DM are among the leading causes of death globally. **OBJECTIVE:** To describe the effect of laser photobiomodulation on the healing of minor post-amputation ulcers in patients with Diabetes Mellitus through an integrative review. **METHODOLOGY:** This study is an integrative review that led to a controlled clinical trial. The methodology explored qualitative data through a systematic search related to the use of laser in the healing of post-amputation ulcers in patients with DM. This study presented seven articles out of a total of 38 evaluated. **RESULTS AND DISCUSSION - PBM (Photobiomodulation)** is defined as the application of light, typically in the visible or near-infrared spectrum, to stimulate or inhibit cellular functions for beneficial effects such as pain relief, reduced inflammation, tissue regeneration, and wound healing. The seven clinical studies analyzed reported the action of PBM in the treatment of diabetic foot injuries, demonstrating favorable results, as it stimulates the proliferation of fibroblasts and dermal keratinocytes, vital for the cell proliferation phase of the healing process. **FINAL CONSIDERATIONS:** The study provides data demonstrating that laser photobiomodulation is effective, capable of reducing the lesion area and significantly accelerating the healing process in patients with DM. The effectiveness and responsiveness of this therapy were demonstrated by the studies analyzed. However, the absence of specific clinical trials using Low-Level Laser Therapy (LLLT) in minor post-amputation injuries was identified, although there is vast literature on the treatment of diabetic foot ulcers.

Keywords: Photobiomodulation. Ulcers. Treatment. Amputations.

RESUMEN

INTRODUCCIÓN: La diabetes mellitus (DM) se clasifica como un problema de salud global en el siglo XXI. Es un síndrome crónico y multifactorial caracterizado por hiperglucemia resultante de la ausencia o incapacidad de la insulina para ejercer sus efectos. Las complicaciones asociadas con la



DM se encuentran entre las principales causas de muerte a nivel mundial. **OBJETIVO:** Describir el efecto de la fotobiomodulación láser en la cicatrización de úlceras menores postamputación en pacientes con diabetes mellitus mediante una revisión integrativa. **METODOLOGÍA:** Este estudio es una revisión integrativa que condujo a un ensayo clínico controlado. La metodología exploró datos cualitativos mediante una búsqueda sistemática relacionada con el uso del láser en la cicatrización de úlceras postamputación en pacientes con DM. Este estudio presentó siete artículos de un total de 38 evaluados. **RESULTADOS Y DISCUSIÓN** - La fotobiomodulación (PBM) se define como la aplicación de luz, generalmente en el espectro visible o infrarrojo cercano, para estimular o inhibir las funciones celulares con el fin de obtener efectos beneficiosos, como el alivio del dolor, la reducción de la inflamación, la regeneración tisular y la cicatrización de heridas. Los siete estudios clínicos analizados informaron sobre la acción de la PBM en el tratamiento de lesiones del pie diabético, con resultados favorables, ya que, según los estudios, estimula la proliferación de fibroblastos y queratinocitos dérmicos, vitales para la fase de proliferación celular del proceso de cicatrización. **CONSIDERACIONES FINALES:** El estudio proporciona datos que demuestran la eficacia de la fotobiomodulación láser, capaz de reducir el área de la lesión y acelerar significativamente el proceso de cicatrización en pacientes con DM. La eficacia y la capacidad de respuesta de esta terapia quedaron demostradas en los estudios analizados. Sin embargo, se identificó la ausencia de ensayos clínicos específicos que utilicen la terapia láser de baja intensidad (LLLT) en lesiones menores postamputación, a pesar de la amplia bibliografía sobre el tratamiento de las úlceras del pie diabético.

Palabras clave: Fotobiomodulación. Úlceras. Tratamiento. Amputaciones.



1 INTRODUÇÃO

Diabetes Mellitus (DM) é um dos agravos de saúde mundial no século XXI. Em 2015, havia 415 milhões de adultos com diagnóstico de diabetes. Há uma projeção de que em 2040 haverá mais de 600 milhões de adultos diabéticos, sendo que as complicações associadas ao DM são as maiores causas de mortes no mundo (International Diabetes Federation, 2024). A Diabetes uma síndrome multifatorial e crônica, caracterizada pela ausência de insulina e/ou da incapacidade de a insulina exercer adequadamente seus efeitos, com consequente hiperglicemia (Sociedade Brasileira de Diabetes - SBD, 2024).

No Brasil, de acordo com a Pesquisa Nacional de Saúde – PNS 2019, que indicou uma prevalência de 7,7% de diabetes no Brasil da população, com idade superior ou igual a 18 anos, informou ter diagnóstico médico de DM, sendo 8,4% mulheres e 6,9% homens (PNS, 2019). Este cenário vem aumentando a cada ano, com a prevalência de DM acentuando-se, uma vez que mais de um terço (37,8%) dos pacientes com diabetes referem ter alguma complicação, com problemas na visão (30,6%) e nos rins (9,7%), além das neuropatias que, na maioria dos casos, podem causar amputações (UMANE, 2024).

No Brasil, segundo a Sociedade Brasileira de Diabetes (SBD), o país teve uma projeção de cerca de 16,6 milhões de pessoas de 20 a 79 anos vivendo com diabetes em 2024, o que o coloca como o sexto país do mundo com mais casos, existindo uma relação direta com o aumento da faixa etária: 0,6% entre 18 e 29 anos, 19,9% de 65 a 74 anos e 19,6% acima de 75 anos (International Diabetes Federation, 2025).

O número de indivíduos com DM vem aumentando em virtude do crescimento e do envelhecimento populacional, da maior urbanização, da crescente prevalência de obesidade e sedentarismo, bem como da maior sobrevida de pacientes com DM. Outro aspecto a destacar são as repercussões de mudanças no estilo de vida em curto período, em grupos de migrantes (WHO, 2024).

Clinicamente, o DM representa um grupo heterogêneo de distúrbios que possuem como características comuns a hiperglicemia. A Organização Mundial de Saúde (OMS) classifica o diabetes de acordo com sua etiologia (Brasil, 2013; SBD, 2016):

- Diabetes do tipo 1
 - a. imune mediada
 - b. idiopática
- Diabetes do tipo 2
- Outros tipos específicos de diabetes
- Diabetes mellitus gestacional

No Diabetes Mellitus tipo 1 (DM1), cerca de 10% do diabetes é primário, resultante da deficiência grave de insulina por uma diminuição de células beta e, em geral, desenvolve-se na



infância. Porém, a sua manifestação acontece na puberdade. A ausência de insulina leva estes pacientes a desenvolverem complicações graves, como cetoacidose aguda e coma (Brasil, 2023; SBD, 2024).

A maioria dos 90% dos indivíduos restantes acometidos pelo diabetes apresenta a denominada Diabetes Mellitus tipo 2 (DM2). Essa, geralmente ocorre por uma associação de alterações metabólicas: (1) distúrbio na secreção de insulina pelas células beta pancreáticas e/ou resistência à insulina nos tecidos periféricos e (2) obesidade, que produz um estresse excessivo nas células beta, levando estas ao esgotamento diante da necessidade contínua de insulina pelo organismo. O DM2 pode ocorrer em qualquer idade, sendo geralmente diagnosticado após os 40 anos (Brasil, 2013).

Com a evolução da doença há complicações macro e microvasculares, que comprometem a estrutura e função dos olhos, rins, sistema circulatório e sistema nervoso periférico (Alexiadou, 2012).

As alterações de membros inferiores são comuns e são conhecidas como “pé diabético”. As lesões são, em sua maioria, úlceras crônicas que pioram a qualidade de vida dos pacientes, aumentam a morbidade e mortalidade em longo prazo, uma vez que podem evoluir para amputações (Alexiadou, 2012; SBD, 2016; ADA, 2016).

Úlceras de pé diabético (UPD) têm alta incidência no Brasil. Um paciente com DM apresenta 25% mais chances de desenvolver as UPDs ao longo da vida e 85% de risco de amputações decorrentes de infecções nas úlceras. Anualmente, um milhão de pessoas com DM têm amputação de membros inferiores, ou seja, ocorre uma amputação a cada 3 minutos no mundo devido a complicações do DM (Boulton, 2005).

O manejo do pé diabético requer cuidados locais na lesão, garantia do suprimento sanguíneo adequado, prevenir e controlar infecções, de modo a assegurar o fechamento total da úlcera e concomitante controle da doença sistêmica (Bakker *et al.*, 2012); Alexiadou, 2012).

A escolha do tratamento para UPD tem como base a ação esperada do medicamento sobre o leito da lesão, como proteção do leito da úlcera, atividade antimicrobiana ou absorção de exsudato. Dessa forma, podem ser usados curativos com princípios ativos, biológicos e terapia por pressão negativa nas diferentes fases do tratamento, a saber: higienização, desbridamento, redução de colônias bacterianas, controle de exsudato e estímulo à formação de tecido de granulação (Smaniotto, 2012).

Apesar de haver uma ampla gama de terapias para o tratamento das UPDs, muitas vezes o objetivo de manter a homeostasia do membro não é alcançado, principalmente porque o tratamento é longo e nem todos os pacientes aderem às terapias convencionais. Assim, a amputação termina sendo a única solução para conter a infecção.

Uma vez que as terapias atuais não são capazes de induzir à cura completa em todos os pacientes, continua a existir uma necessidade de desenvolver tratamentos adjuvantes que possam melhorar ou acelerar o processo de cicatrização de UPD. Os estudos disponíveis sobre o uso de diodos



emissores de luz (LED) ou do laser em baixa intensidade têm mostrado resultados promissores no fechamento dessas lesões (Beckmann, 2014).

O objetivo deste estudo foi descrever a ação da fotobiomodulação com laser na cicatrização de úlceras pós-amputações menores em pacientes com Diabetes Mellitus através de uma revisão integrativa.

2 METODOLOGIA

O presente estudo trata-se de uma revisão interativa, que deu origem a um ensaio clínico controlado. No presente artigo foram explorados dados qualitativos por meio de uma busca sistemática relacionada ao uso de laser na cicatrização de úlceras pós-amputação em pacientes com Diabetes Mellitus. A questão de pesquisa foi formulada a partir da utilização da estratégia PICOS (Alves; Verde, 2025) que representa um acrônimo do inglês Population (paciente ou problema), Intervention (Intervenção), Comparison (Comparação), Outcomes (Desfecho) e Study design (Desenho do estudo). Os autores definiram como pergunta norteadora: “Qual a eficácia do laser na cicatrização de úlceras pós-amputação em pacientes com Diabetes Mellitus?”.

A estratégia de busca incluiu os seguintes descritores: (Diabetes mellitus tipo II, neuropatias diabéticas, tratamento do Diabetes Mellitus tipo II) AND (fotobiomodulação; laser terapia de baixa intensidade, laser com seus respectivos termos correspondentes em inglês e espanhol. A busca foi realizada nas bases de dados PubMed, Medical (MEDLINE), Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde (LILACS) e Scientific Electronic Library Online (SciELO).

Como critérios de inclusão e exclusão foram estabelecidos da seguinte forma:

- Critérios de inclusão: estudos publicados no corte temporal entre janeiro de 2009 e 2017 em inglês, português ou espanhol, com foco em ensaios clínicos relatando artigos cuja amostra fosse composta por indivíduos submetidos a fotobiomodulação e portadores de lesões causadas por neuropatias diabéticas.
- Critérios e Exclusão: estudos duplicados, in vitro e pesquisa em animais, e que fossem publicados fora do período analisado.

Na etapa inicial, foram avaliados os títulos e resumos dos estudos encontrados a partir da busca descrita, aplicados os critérios de elegibilidade previamente definidos na revisão. Os estudos selecionados na primeira etapa, foram lidos na íntegra, sendo aplicados critérios de elegibilidade, determinando, a inclusão ou não na pesquisa. Realizada posteriormente à categorização dos estudos selecionados. Após a escolha dos estudos definidos, os pesquisadores extraíram os dados de forma independente para um formulário no Excel. A base de dados final utilizada em 7 artigos, em um total de 28 artigos selecionados previamente, que utilizaram a fotobiomodulação no tratamento de úlceras pós-amputação em portadores de Diabetes Mellitus.



3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A abordagem do pé diabético consiste em tratamentos preventivos e curativos, tais como melhora da circulação, redução de edema, controle da dor, melhora do controle do metabolismo, descarga do peso (calçados terapêuticos, órteses, palmilhas, repouso no leito), tratamento de infecções, desbridamento, curativos, agentes tópicos, enxerto de pele, cirurgia do pé diabético, educação alimentar, mudanças no estilo de vida, estímulo da adesão ao tratamento (Grupo Internacional de pé diabético, 2023).

O cenário de saúde atual no que se refere à doenças crônico degenerativas, em especial a Diabetes, na 10ª edição do IDF Diabetes Atlas, que ocorreu em 2021, o Brasil foi listado em 6º lugar como país com maiores índices de Diabetes mellitus em adultos com idade entre 20 à 79 anos, um aumento significativo de 15,7 milhões no ano de 2021 para 23,2 milhões até 2045. De acordo com estudos, este cenário pode estar relacionado ao aumento da expectativa de vida, bem como hábitos de vida, como aumento da obesidade e sedentarismo, alimentação inadequada, em especial nos casos de diabetes mellitus do tipo 2. Indivíduos com DM apresentam maiores riscos de desenvolver o pé diabético, ou seja, úlcera do pé diabético impactando diretamente na sua vida pessoal e social e no sistema de saúde pública (Soares, 2025; Da Silva; Victória *et al*).

Outras abordagens adicionais para o tratamento das úlceras são: produtos bioativos (membranas de colágeno, fatores de crescimento, tecido de bioengenharia), terapia de oxigênio hiperbárico, curativos com nitrato de prata ou outros agentes antimicrobianos (Bakker *et al.*, 2012).

A escolha da cobertura primária tem como base a ação esperada sobre o leito da lesão. Encontramos no mercado um vasto arsenal terapêutico que pode ser classificado em curativos passivos, os com princípios ativos, inteligentes, biológicos e terapia por pressão negativa; que podem ser usados nas diferentes etapas do tratamento da lesão, como higienização, desbridamento, diminuir o número de bactérias, controle de exsudato e estímulo à formação de tecido de granulação (Smaniotto, 2012).

A fotobiomodulação (FBM) é a aplicação da luz geralmente nos espectros visíveis ou infravermelhos próximos para estimular ou inibir funções celulares a fim de alcançar efeitos benéficos, aliviar a dor e reduzir a inflamação (Farivar, 2014; Feitosa, 2015). O mecanismo de ação mais aceito são os fótons que são absorvidos pela cadeia respiratória e aumentam a produção de ATP, gerando níveis baixos de espécies reativas de oxigênio (ROS), responsáveis por estimular a proliferação e o metabolismo celular (Farivar, 2014; Karu, 1989).

A fotobiomodulação (PBM) é um termo que foi utilizado em 2014 pela Associação Norte-Americana de Terapia de Luz e a Associação Mundial de Terapia a Laser como uma técnica terapêutica no tratamento de diversas doenças, seu uso corresponde a modulação dos processos bioquímicos que utiliza a luz laser para tratar e promover o alívio de dor ou inflamação, estimula uma resposta imunológica, bem como a regeneração tecidual e a cicatrização



de feridas, seu uso propicia alguns mecanismos moleculares que são ativados através de uma interação entre luz e tecido, capaz de estimular a produção de ATP ao interagir com a enzima citocromo C oxidase e espécies reativas de oxigênio, induzindo a liberação de mediadores inflamatórios o que altera a permeabilidade da membrana induzindo a migração de macrófagos, linfócitos e fibroblastos, sendo este último, um produtor de colágeno, proteína fundamental na resistência e organização das fibras do tecido (Mansouri *et al*, 2020); (Silva da *et al*, 2025).

Os primeiros estudos para avaliar os efeitos dos lasers em tecidos biológicos foram estudos padrão de escalonamento de dose e observaram que a luz laser em baixas doses demonstrou aumento do crescimento capilar em ritmo acelerado e promoveu a cicatrização de feridas excisionais. Essa observação foi denominada "bioestimulação a laser". Dessa forma, renasceu o campo especializado da fototerapia, que utiliza luz de baixa dose para terapia clínica. Desde então, esta técnica se expandiu pelas fronteiras da ciência e muito se aprendeu sobre a base mecanística dessa terapia, incluindo o fato fundamental de que essa aplicação de luz a tecidos e organismos pode provocar respostas tanto estimulatórias quanto inibitórias, dependendo dos parâmetros de luz utilizados.

Neste estudo, pode-se observar a produção de vários artigos (clínicos e experimentais) que relatam a ação da fotobiomodulação (FBM) na cicatrização de feridas, conforme apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Estudos clínicos de tratamento de lesões em pés diabéticos com fotobiomodulação

Estudo	Desenho do estudo	Participantes	Intervenção	Resultados Esperados	Resultado do tratamento
Minatel <i>et al</i> 2009	Randomizado, Duplo cego; Placebo - controle	23 pacientes com úlceras crônicas diabéticas.	LED: 2 vezes por semana por 90 dias. 660nm a 890nm (Cluster - LEDs de luz vermelha e infravermelha) 3J/cm ² 100mW/cm ² 30s	Taxa de granulação e cicatrização	Grupo tratamento fechamento total em 90 dias de 100% das lesões enquanto grupo placebo apenas uma com fechamento total.
Landau <i>et al</i> 2011	Randomizado, Placebo – controle, Duplo cego.	14 pacientes com úlceras diabéticas e 2 pacientes com ulcera venosa.	Vireo (lâmpada): 2 vezes por dia por 12 semanas, 400-800nm 43,2J/cm ² 180mW/cm ² 240 segundos	Taxa de cicatrização Redução do tamanho Tempo de fechamento da lesão	Grupo tratamento: cicatrização: 90%; redução do tamanho: 89%; tempo: 7,14 semanas. Grupo placebo: Cicatrização: 33%; redução do tamanho: 54%; tempo: 11,5 semanas.



Kaviani <i>et al</i>, 2011	Randomizado; Duplo cego; Placebo – controle	23 pacientes, com úlceras de pé diabético por mais de 3 meses.	Laser: 2 vezes por semana durante duas semanas. 685nm 10J/cm ² 50mW/cm ² 200 s	Redução do tamanho da úlcera e tempo de cicatrização	Redução significativa do tamanho da ulcera no grupo laser de 58 ± 10,4% para 23,5 ± 14,1% em duas semanas de tratamento, cicatrização em 11 semanas grupo placebo não houve resultados significantes em 14 semanas.
Kajagar <i>et al</i>, 2012	Randomizado, Grupo controle.	68 pacientes com ulceras cronicas de pé diabético.	Laser: durante 15 dias consecutivos. 2-4J/cm ² 60mW 5kHz	Redução da área da lesão.	Redução maior da área da lesão no grupo laser 36% em relação a lesão inicial.
Feitosa <i>et al</i> 2015	Randomizado, Controlado, Intervencionista.	16 pacientes com ulcerações em membros inferiores	Laser: 3 vezes por semana durante 4 semanas. 632,8nm 30mW 4J/cm ² 80s	Redução da área da lesão	Redução da área da lesão no grupo laser (7,98cm ² para 2,39 cm ²); grupo contrlooe aumento da área da lesão (2,55cm ² para 8,43 cm ²)
Frangez <i>et al</i> 2017	Randomizado Placebo - controle	79 pacientes com lesões crônicas em membros inferiores – diabéticos e não diabéticos	LED: 3 vezes por semana por 8 semanas. 625, 650 e 85anm 2,4J/cm ² / placebo: 0,72J//cm ² 300s	Aumento do fluxo sanguíneo local.	Houve aumento do fluxo sanguíneo no grupo tratamento (diabéticos ou não) o que não aconteceu no grupo placebo.
Mathur <i>et al</i> 2017	Randomizado, Placebo - controle	30 pacientes, úlceras de pé diabético.	Laser: durante 15 dias consecutivos. 660nm 50mW/cm ² 3J/cm ² 60s	Redução da área da lesão	Redução da área da lesão no grupo laser (37,2%); grupo placebo (15,12%)

Fonte: Autores.

Vários fatores podem interferir em uma ou mais fases do processo de cicatrização das complicações da neuropatia diabética, tais como a idade, a oxigenação, vascularização, estresse, hormônios sexuais, infecção, diabetes, medicamentos, obesidade, consumo de bebidas alcoólicas, tabagismo e estado nutricional (Guo, 2010).



Estudos relatam que pacientes que seguiram total ou parcialmente as orientações apresentaram uma boa resposta ao tratamento.

Segundo Zanchetta *et al* (2016), os profissionais de saúde devem se esforçar para identificar o impacto psicológico negativo que o Diabetes Mellitus (DM) pode causar e tentar propor soluções.

A estabilidade física e emocional, associada à aplicação da fotobiomodulação em lesões a pacientes com DM, tem um fator fundamental no processo de cicatrização.

Os estudos de Kajagar (2012), Landau (2011) e Kaviane (2011) demonstraram que o laser acelera o processo de cicatrização e contração da lesão, quando comparado ao tratamento convencional.

Outro fator importante é que a fotobiomodulação estimula a proliferação de fibroblastos e queratinócitos dérmicos, importantes na fase de proliferação celular do processo de cicatrização (Sperandio, 2015).

Dahmardehei *et al.* (2016) avaliaram a aplicação da fotobiomodulação em pacientes diabéticos com lesões por queimadura de 3º grau pós-enxertia de pele. Houve um aumento significativo do tecido de granulação e fechamento total da lesão em 8 semanas de tratamento.

Os achados de Minatel, (2009) onde foi realizado um delineamento duplo-cego, randomizado e controlado por placebo em 23 pacientes portadores de úlceras de perna diabéticas em dois grupos de 14 pacientes. As úlceras do grupo 1 foram limpas, tratadas com creme de sulfadiazina de prata a 1% e tratadas com fototerapia "placebo" ($<1,0 \text{ J cm}^{-2}$) duas vezes por semana, utilizando um dispositivo Dynatron Solaris 705®. As úlceras do grupo 2 foram tratadas de forma semelhante, mas receberam uma dose de 3 J cm^{-2} , este estudo concluiu que a combinação de luz de 660 e 890 nm promove granulação e cicatrização rápidas de úlceras diabéticas que não responderam a outras formas de tratamento.

Sousa *et al* (2016). O estudo foi através de uma revisão sistemática sobre a fotobiomodulação em lesões de diabéticos (clínicos e experimentais) e concluiu que densidade de energia entre 3 e 5 J/cm² apresenta melhor resultado no processo de redução de células inflamatórias.

Tarjano *et al* (2015). Estudo experimental em queimaduras de 2º grau em diabéticos demonstrou que na aplicação do laser na fase proliferativa há um aumento significativo do tecido de granulação, em comparação com os não tratados com laser.

Chaves *et al* (2014). Em uma revisão sistemática demonstrou que a fotobiomodulação de baixa intensidade diminui o número de células na fase inflamatória, aumenta a síntese de colágeno e a formação do tecido de granulação na fase proliferativa.

Sendo assim, a terapia por fotobiomodulação vem sendo uma terapia que vem obtendo bons resultados, na sua aplicabilidade desde que respeitados os parâmetros clínicos do paciente, bem como a natureza da lesão (Abrahamse, 2012).



A terapia de fotobiomodulação é um termo preciso e específico para esta aplicação eficaz e importante do uso da luz como forma de terapia. O uso universal deste termo reduziria, e potencialmente eliminaria, a confusão na área e na literatura científica e leiga. Isso geraria uma imagem unificada e positiva para mostrar as aplicações clínicas estimulantes que a terapia de fotobiomodulação pode oferecer para diversas aplicações médicas.

A fotobiomodulação promove a cicatrização de diversos tipos de lesões feridas por meio de diodos emissores de luz ou lasers. Apesar de ser utilizada em diferentes modelos animais, in vitro e clinicamente, a cicatrização das lesões é induzida por diversos comprimentos de onda e potências, sem que um conjunto ideal de parâmetros tenha sido ainda identificado, por este motivo, a importância de ensaios clínicos. Estudos sugerem que a iluminação simultânea com múltiplos comprimentos de onda seja mais eficaz do que com comprimentos de onda únicos; os comprimentos de onda únicos e múltiplos ideais devem ser melhor definidos para induzir uma cicatrização mais confiável e extensa de diferentes tipos de lesões (Tonazio; Girondi; De Almeida, 2023); (Calor, 2021).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo fornece evidências de que a fotobiomodulação com laser, nos parâmetros usados, pode ser capaz de reduzir a área da lesão acelerando o processo de cicatrização. Os estudos analisados evidenciaram a efetividade deste tipo de terapêutica e sua responsividade,

Entretanto, faz-se necessário, em estudos comparativos, que a análise seja normalizada em relação ao estado inicial da lesão, pois nem todos os pacientes respondem da mesma maneira, e quando analisados em grupo essas diferenças não aparecem e não refletem a realidade do estudo.

Um dado relevante deste estudo é que foi identificada a ausência de ensaios clínicos com o uso da LLLT em lesões pós-amputações menores, embora haja uma infinidade de estudos relacionados ao tratamento com fotobiomodulação em úlceras de pé diabético, que são encontrados na literatura. No entanto, mais estudos nesta área devem ser realizados com amostras de maior número, quem sabe um estudo multicêntrico, pois além de ser uma terapia não invasiva e com poucos efeitos colaterais, a eficácia deste tipo de tratamento vem sendo comprovada a cada dia.



REFERÊNCIAS

ABRAHAMSE H. Regenerative medicine, stem cells, and low-level laser therapy: future directives. **Photomed Laser Surg.** 2012 Dec;30(12):681-2.

ADA - American Diabetes Association- Diagnosis and Classification of Diabetes mellitus. **Diabetes Care** 2016; 37 Suppl 1: S81-S90

ALEXIADOU, K.; DOUPIS, J. Tratamento de úlceras do pé diabético. **Diabetes Therapy** , v. 3, n. 1, p. 4, 2012.

ALVES, R.R.; VERDE, G. M.F. L. Aplicações clínicas do laser na ortodontia: Uma revisão integrativa sobre seus benefícios e limitações terapêuticas. **Research, Society and Development**, v. 14, n. 5, p. e7914548874-e7914548874, 2025.

American Diabetes Association (ADA).Standards of Medical Care in Diabetes - 2017.Diabetes Care. 2017. **Disponível em:**http://professional.diabetes.org/sites/professional.diabetes.org/files/media/dc_40_s1_fi_nal.pdf. Acesso em dezembro de 2017.

ANDERS, J. J.; LANZAFAME, R. J.; ARANY, P. R. Low-level light/laser therapy versus photobiomodulation therapy. **Photomedicine and laser surgery**, v. 33, n. 4, p. 183, 2015.

BAKKER *et al* International Working Group on Diabetic Foot Editorial Board.Practical guidelines on the management and prevention of the diabetic foot 2011.**Diabetes Metab Res Rev.** 2012 Feb;28 Suppl 1:225-31.

BECKMANN K.H. *et al.* Low-level laser therapy for the treatment of diabetic foot ulcers: a critical survey. **Evid Based Complement Alternat Med.** 2014:626127. doi: 10.1155/2014/626127 , 2014.

BOULTON A.J. *et al.*The Global burden of diabetic foot disease.**Lancet.** Nov 12;366(9498):1719-24. Review, 2005.

BRASIL. Ministério da Saúde. (IBGE) Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. Estratégias para o cuidado da pessoa com doença crônica: diabetes mellitus / Ministério da Saúde, **Secretaria de Atenção à Saúde, Departamento de Atenção Básica.** – Brasília: Ministério da Saúde, 160 p. : il. (Cadernos de Atenção Básica, n. 36), 2013.

CALOR, D.L. M. Fototerapia LED 590 nm e LASER 808 nm na cicatrização cutânea: estudo in vitro. **Tese de Doutorado.** Universidade de São Paulo, 2021.

CHAVES M.E., *et al.* Effects of low-power light therapy on wound healing: LASER x LED. **An Bras Dermatol.** Jul-Aug;89(4):616-23. Review, 2014.

CHEN Q, *et al.* Optimization of photo-biomodulation therapy for wound healing of diabetic foot ulcers *in vitro* and *in vivo*. **Biomed Opt Express.** 2022 Mar 25;13(4):2450-2466. doi: 10.1364/BOE.451135.

DAHMARDEHEI, M. *et al.* Effects of low level laser therapy on the prognosis of split-thickness skin graft in type 3 burn of diabetic patients: a case series. **Lasers in medical science**, v. 31, n. 3, p. 497-502, 2016.

DA SILVA O., Victoria R. *et al.* Fotobiomodulação como terapia complementar no tratamento de feridas diabéticas: efeitos sobre a sensibilidade dolorosa exteroceptiva, processo de cicatrização e



possíveis mecanismos moleculares. **Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo (USP). Instituto de Ciências Biomédicas (ICB/SDI), 2024.**

FARIVAR, S. *et al.* Biological effects of low level laser therapy. **Journal of lasers in medical sciences**, v. 5, n. 2, p. 58, 2014.

FEITOSA, M. C.P. *et al.* Effects of the Low-Level Laser Therapy (LLLT) in the process of healing diabetic foot ulcers. **Acta cirúrgica brasileira**, v. 30, n. 12, p. 852-857, 2015.

FRANGEZ, I. *et al.* The effect of LED on blood microcirculation during chronic wound healing in diabetic and non-diabetic patients—a prospective, double-blind randomized study. **Lasers in medical science**, v. 32, n. 4, p. 887-894, 2017.

GTIPD - Grupo de Trabalho Internacional sobre Pé Diabético. Consenso Internacional sobre Pé Diabético/ publicado sob a direção de Hermelinda Cordeiro Pedrosa; tradução de Ana Claudia de Andrade, Hermelinda Cordeiro Pedrosa Brasília: Secretaria de Estado de Saúde do Distrito Federal, 2001.

HUANG, J.; *et al.* The effect of low-level laser therapy on diabetic foot ulcers:A meta-analysis of randomised controlled trials. **International Wound Journal**. [S.I], v. 18, n. 1., p. 763–776, 2021.

International Diabetes Federation; disponível em <https://idf.org/>; acesso em 25 de jun de 2025.

KAJAGAR, B.M. *et al.* Efficacy of low level laser therapy on wound healing in patients with chronic diabetic foot ulcers—a randomised control trial. **Indian Journal of Surgery**, v. 74, n. 5, p. 359-363, 2012.

KARU, T. Photobiology of low-power laser effects. **Health physics**, v. 56, n. 5, p. 691-704, 1989.

KAVIANI, A. *et al.* A randomized clinical trial on the effect of low-level laser therapy on chronic diabetic foot wound healing: a preliminary report. **Photomedicine and laser surgery**, v. 29, n. 2, p. 109-114, 2011.

LANDAU, Z. *et al.* Visible light-induced healing of diabetic or venous foot ulcers: a placebo-controlled double-blind study. **Photomedicine and laser surgery**, v. 29, n. 6, p. 399-404, 2011.

MATHUR, R. K. *et al.* Low-level laser therapy as an adjunct to conventional therapy in the treatment of diabetic foot ulcers. **Lasers in medical science**, v. 32, n. 2, p. 275-282, 2017.

MINATEL, D. G. *et al.* Fototerapia (LEDs 660/890nm) no tratamento de úlceras de perna em pacientes diabéticos: estudo de caso. **Anais Brasileiros de Dermatologia**, v. 84, p. 279-283, 2009.

MANSOURI V. *et al.* Evaluation of Efficacy of Low-Level Laser Therapy. **J Lasers Med Sci**. 2020 Fall;11(4):369-380. doi: 10.34172/jlms.2020.60.

SILVA, A. M. da *et al.* A terapia de fotobiomodulação e fotodinâmica no tratamento de lesão por pressão: revisão de escopo. **Revista Latino-Americana de Enfermagem**, v. 33, p. e4488, 2025.

SOARES, F. dos S. *et al.* Miopatia diabética: padrões morfofuncionais e efeitos musculares da fotobiomodulação em portadores de Diabetes Mellitus tipo 2. Tese de Doutorado, **UNIOESTE**, 2025.



TONAZIO, C.H. S; GIRONDI, J B R; DE ALMEIDA S, R. Fotobiomodulação no tratamento de feridas: evidências para a atuação do enfermeiro. **Thieme Revinter**, 2023.

SDB - Diretrizes da Sociedade Brasileira de Diabetes - (2015-2016) / Adolfo Milech...[*et. al.*]; organização José Egidio Paulo de Oliveira, Sérgio Vencio - São Paulo: A.C. Farmacêutica, 2016.

GTIPD - Grupo de Trabalho Internacional sobre Pé Diabético. Consenso Internacional sobre Pé Diabético/ publicado sob a direção de Hermelinda Cordeiro Pedrosa; tradução de Ana Claudia de Andrade, Hermelinda Cordeiro Pedrosa Brasília: **Secretaria de Estado de Saúde do Distrito Federal**, 2001.

KAJAGAR, B.M. *et al.* Efficacy of low level laser therapy on wound healing in patients with chronic diabetic foot ulcers—a randomised control trial. **Indian Journal of Surgery**, v. 74, n. 5, p. 359-363, 2012.

KARU, T. Photobiology of low-power laser effects. **Health physics**, v. 56, n. 5, p. 691-704, 1989.

KAVIANI, A. *et al.* A randomized clinical trial on the effect of low-level laser therapy on chronic diabetic foot wound healing: a preliminary report. **Photomedicine and laser surgery**, v. 29, n. 2, p. 109-114, 2011.

LANDAU, Z. *et al.* Visible light-induced healing of diabetic or venous foot ulcers: a placebo-controlled double-blind study. **Photomedicine and laser surgery**, v. 29, n. 6, p. 399-404, 2011.

MATHUR, R. K. *et al.* Low-level laser therapy as an adjunct to conventional therapy in the treatment of diabetic foot ulcers. **Lasers in medical science**, v. 32, n. 2, p. 275-282, 2017.

MINATEL, D. G. *et al.* Fototerapia (LEDs 660/890nm) no tratamento de úlceras de perna em pacientes diabéticos: estudo de caso. **Anais Brasileiros de Dermatologia**, v. 84, p. 279-283, 2009.

MOHER, D. *et al.* Explicação e elaboração do CONSORT 2010: diretrizes atualizadas para relato de ensaios clínicos randomizados de grupos paralelos. **BMJ** , v. 340, 2010.

SMANIOTTO, P.H. de S. *et al.* Sistematização de curativos para o tratamento clínico das feridas. **Revista Brasileira de Cirurgia Plástica**, v. 27, p. 623-626, 2012.

SOUSA, R. G.de; BATISTA, K. de N. M. Laser therapy in wound healing associated with diabetes mellitus-Review. **Anais Brasileiros de Dermatologia**, v. 91, n. 4, p. 489-493, 2016.

TRAJANO, E. T. L. *et al.* Low-level red laser improves healing of second-degree burn when applied during proliferative phase. **Lasers in medical science**, v. 30, n. 4, p. 1297-1304, 2015.

UMANE. <https://observatoriosaudepublica.com.br/>, 2024.

ZANCHETTA, F.C.*et al.* Clinical and sociodemographic variables associated with diabetes-related distress in patients with type 2 diabetes mellitus. **Einstein (Sao Paulo)**, v. 14, n. 03, p. 346-351, 2016.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION *et al.* Use of glycated haemoglobin (HbA1c) in the diagnosis of diabetes mellitus abbreviated report of a WHO consultation. In: **Use of Glycated Haemoglobin (HbA1c) in the Diagnosis of Diabetes Mellitus Abbreviated Report of a WHO Consultation**. 2011. p. 25-25.

