

Protocolo desenvolvido para tratamento de feridas utilizando LED

Protocol developed for wound treatment using LED therapy

Luciane da Soledade Venâncio¹

Alcione Angelica dos Santos Sakugawa²

Carlos José de Lima³

Adriana Barrinha Fernandes⁴

Sílvia Móbille Awoyama⁵

Resumo

As feridas crônicas constituem um importante problema de saúde pública, devido à elevada prevalência, ao prolongado período de cicatrização, aos custos assistenciais e aos impactos físicos, funcionais e psicossociais ocasionados aos pacientes. Nesse contexto, a fotobiomodulação com diodos emissores de luz (LED) tem se destacado como uma terapia complementar não invasiva, segura e de baixo custo, capaz de estimular mecanismos envolvidos no reparo tecidual. A interação da luz com os tecidos biológicos promove efeitos fotoquímicos e celulares, incluindo aumento da produção de ATP, modulação da resposta inflamatória, estímulo à proliferação de fibroblastos, angiogênese e síntese de colágeno. O presente estudo teve como objetivo avaliar os efeitos da fotobiomodulação na regeneração de feridas, bem como validar um protocolo terapêutico para o tratamento de lesões cutâneas, utilizando diferentes comprimentos de onda de LED. A metodologia consistiu na aplicação sequencial de luzes violeta (400 nm), verde (530 nm), amarela (550 nm), azul (480 nm) e vermelha (630 nm), a uma distância aproximada de 5 cm da superfície cutânea, totalizando 240 segundos de exposição por sessão e uma dose energética de 9 J/cm². Os resultados foram avaliados por meio de registros fotográficos comparativos, realizados antes e após a intervenção terapêutica. As imagens evidenciaram redução das dimensões das lesões, indicando evolução favorável do processo cicatricial e resposta positiva ao protocolo aplicado.

¹<https://orcid.org/0009-0000-9440-0176>

²<https://orcid.org/0000-0002-6990-3166>

³<https://orcid.org/0000-0003-0528-1967>

⁴<https://orcid.org/0000-0003-2965-1299>

⁵<https://orcid.org/0000-0002-3011-5613>

Conclui-se que a fotobiomodulação com LED apresentou resultados promissores na regeneração das lesões de pele avaliadas, sugerindo sua eficácia como recurso terapêutico complementar no processo de cicatrização. A padronização de protocolos baseados em evidências científicas poderá contribuir para a segurança, a reprodutibilidade e a ampliação do uso dessa modalidade terapêutica na prática clínica multiprofissional.

Palavras-chave: Fotobiomodulação; LED; Feridas crônicas; Cicatrização; Regeneração tecidual; Lesões de pele.

Abstract

Chronic wounds represent a significant public health problem due to their high prevalence, prolonged healing time, healthcare costs, and the physical, functional, and psychosocial impacts they impose on patients. In this context, photobiomodulation with light-emitting diodes (LEDs) has emerged as a non-invasive, safe, and low-cost complementary therapy capable of stimulating mechanisms involved in tissue repair. The interaction of light with biological tissues promotes photochemical and cellular effects, including increased ATP production, modulation of the inflammatory response, stimulation of fibroblast proliferation, angiogenesis, and collagen synthesis. The present study aimed to evaluate the effects of photobiomodulation on wound regeneration, as well as to validate a therapeutic protocol for the treatment of skin lesions using different LED wavelengths. The methodology consisted of the sequential application of violet (400 nm), green (530 nm), yellow (550 nm), blue (480 nm), and red (630 nm) light at an approximate distance of 5 cm from the skin surface, totaling 240 seconds of exposure per session and an energy dose of 9 J/cm². The results were evaluated through comparative photographic records obtained before and after the therapeutic intervention. The images demonstrated a reduction in lesion dimensions, indicating favorable progression of the healing process and a positive response to the applied protocol. We concluded that LED photobiomodulation showed promising results in regenerating the evaluated skin lesions, suggesting its effectiveness as a complementary therapeutic resource in wound healing. The standardization of evidence-based protocols may contribute to the safety, reproducibility, and broader use of this therapeutic modality in multidisciplinary clinical practice.

Keywords: Photobiomodulation; LED; Chronic wounds; Wound healing; Tissue regeneration; Skin lesions.

Introdução

A incidência de feridas crônicas tem aumentado progressivamente em todo o mundo, constituindo um importante problema de saúde pública devido à elevada prevalência, ao longo tempo de tratamento e aos altos custos assistenciais. Esse cenário evidencia a necessidade de desenvolvimento e incorporação de terapias inovadoras que promovam a cicatrização de forma mais eficiente, reduzindo o tempo de recuperação e os custos em

saúde, e proporcionando melhor qualidade de vida aos pacientes (Noahl et al., 2023). As feridas crônicas comprometem a integridade estrutural e funcional dos tecidos em decorrência do atraso no processo cicatricial, ocasionando dor, limitação funcional, redução da mobilidade, alterações psicológicas e impactos sociais significativos (Freire et al., 2024).

No Brasil, estima-se que entre 1% e 2% da população apresente algum tipo de lesão crônica de pele, o que representa um importante desafio para os serviços de saúde, uma vez que aproximadamente 2% dos recursos destinados à saúde são empregados no tratamento dessas lesões (Paula, 2016). Além do impacto econômico, as feridas provocam sofrimento físico, comprometimento estético, isolamento social e redução da qualidade de vida. Estudos de Brito et al. (2017) demonstram que a população idosa constitui o grupo mais vulnerável ao desenvolvimento de feridas, em razão das alterações fisiológicas do envelhecimento e da elevada incidência de doenças crônicas associadas. Da mesma forma, Waidman et al. (2011) destacam que o elevado número de brasileiros acometidos por lesões cutâneas reforça a necessidade de estratégias terapêuticas eficazes, preventivas e complementares.

Nesse contexto, a fotobiomodulação tem se consolidado como uma importante modalidade terapêutica complementar no tratamento de lesões cutâneas. Diversos estudos demonstram sua capacidade de acelerar o processo cicatricial por meio da estimulação da angiogênese, aumento da vascularização, formação do tecido de granulação, modulação da resposta inflamatória, estímulo à proliferação fibroblástica e redução da dor (Moreira et al., 2022). Segundo Baracho et al. (2023), a utilização da fototerapia por meio de diodos emissores de luz (LED) promove significativa melhora no reparo tecidual de feridas crônicas, especialmente em pessoas com diabetes, aumentando a atividade fibroblástica, favorecendo a angiogênese e reduzindo a área das lesões, sendo considerada uma alternativa segura, eficaz e de baixo custo.

Do ponto de vista físico, a luz corresponde à radiação eletromagnética pertencente ao espectro visível, compreendido entre 400 e 700 nm de comprimento de onda, propagando-se através do ar, água, vácuo e tecidos biológicos. Ao interagir com os tecidos vivos, a luz pode desencadear efeitos físicos, químicos e biológicos capazes de modificar processos celulares relacionados ao reparo tecidual (Carmelo et al., 2023).

A absorção da energia luminosa ocorre por meio de moléculas fotoceptoras denominadas cromóforos. Entre eles, destaca-se o complexo enzimático citocromo c oxidase, localizado na membrana interna das mitocôndrias, considerado o principal fotorreceptor da luz vermelha e do infravermelho próximo. Sua ativação promove o aumento da produção de ATP, a modulação do estresse oxidativo, a ativação de vias de sinalização celular e o estímulo à proliferação celular, favorecendo significativamente os mecanismos fisiológicos da cicatrização (Costa et al., 2021).

Atualmente, os diodos emissores de luz (Light Emitting Diodes – LEDs) têm recebido crescente destaque devido às suas propriedades bioestimuladoras e ao excelente perfil de segurança, sendo amplamente empregados no tratamento de úlceras diabéticas, lesões por pressão, queimaduras, feridas cirúrgicas e diversas outras afecções dermatológicas (Silva, 2019). O uso terapêutico da luz, entretanto, não é recente. Duarte et al. (2006) relatam que os primeiros registros da utilização da fototerapia em doenças cutâneas remontam ao século XV, sendo seu desenvolvimento científico intensificado ao longo das últimas décadas.

Pesquisas de Silva et al. (2026) evidenciam que a fototerapia com LEDs apresenta benefícios expressivos tanto na cicatrização de feridas quanto em procedimentos pós-operatórios em humanos e animais, oferecendo vantagens clínicas e econômicas. De forma semelhante, Farias et al. (2022) concluíram que a aplicação da luz LED acelera as fases inflamatórias, proliferativas e remodeladoras da cicatrização, reduzindo o tempo de tratamento, o desconforto e os custos assistenciais, podendo ser associada a outras modalidades terapêuticas.

Estudos experimentais demonstram que a aplicação do LED vermelho na faixa de 660 nm, utilizando dose de 4 J/cm², promove aumento da expressão do fator de crescimento de fibroblastos (FGF), indicando elevado potencial regenerativo para o tratamento de feridas (Alberto et al., 2016). Dias et al. (2023) acrescentam que a luz emitida pelos LEDs não apresenta efeito citotóxico, sendo capaz de estimular reações fotoquímicas nas mitocôndrias, reduzir o estresse oxidativo, aumentar a síntese de ATP e modular a resposta inflamatória sem provocar danos aos tecidos.

A literatura também evidencia que diferentes comprimentos de onda apresentam efeitos terapêuticos específicos. Meyer et al. (2010) observaram que os LEDs verdes (515–525

nm) e vermelhos (620–630 nm) estimulam a cicatrização e exercem importante ação anti-inflamatória. Oliveira et al. (2018) verificaram que os LEDs azuis (420–490 nm) são eficazes no tratamento da acne e na melhora da hidratação cutânea, enquanto os LEDs verdes (515–570 nm) favorecem a proliferação fibroblástica e a regeneração tecidual. Lopes et al. (2023) acrescentam que os LEDs violeta possuem atividade bactericida quando associados ao LED azul; o LED amarelo estimula a síntese de colágeno e o LED verde contribui para a redução do edema.

Outra importante vantagem dos LEDs de baixa potência consiste na elevada segurança biológica. Esses dispositivos não produzem calor significativo nem energia suficiente para provocar danos celulares, apresentando risco mínimo aos tecidos e aos olhos quando utilizados corretamente. Além disso, estimulam a proliferação celular, síntese de colágeno, RNA, DNA, ATP e aumento da vascularização, sendo classificados como dispositivos de risco insignificante pela Food and Drug Administration (FDA) e pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), estando aprovados para utilização em aplicações biomédicas (Dourado et al., 2011).

Os mecanismos biológicos envolvidos na fotobiomodulação vêm sendo estudados há mais de um século. Zolet et al. (2015) descrevem os experimentos realizados por Alexander Gurwitsch, em 1920, que sugeriram a existência de comunicação celular por emissão de radiação luminosa, denominada posteriormente de radiação mitogénica. Complementando essa perspectiva, Lipton, citado por Nogueira et al. (2020), propõe que a membrana celular desempenha papel fundamental na recepção e transmissão de sinais ambientais, ressaltando a importância das interações biofísicas na regulação da atividade celular.

O avanço tecnológico dos equipamentos emissores de LED também merece destaque. Moreira et al. (2025) desenvolveram protótipos de LEDs de alto brilho alimentados por conversores eletrônicos, demonstrando maior eficiência energética, estabilidade da emissão luminosa e potencial para aplicações clínicas de alta precisão. Paralelamente, Koperdowska e Broen (2026) ressaltam que a evolução dos dispositivos profissionais e domiciliares amplia o acesso da população à fotobiomodulação, mantendo elevados padrões de segurança e eficácia quando utilizados dentro dos parâmetros terapêuticos estabelecidos.

Diante desse conjunto de evidências científicas, observa-se que a fotobiomodulação com LEDs representa uma tecnologia terapêutica inovadora, segura, não invasiva e de elevada aplicabilidade clínica, com efeitos bioestimuladores capazes de acelerar o reparo tecidual, modular processos inflamatórios, reduzir a dor, estimular a regeneração celular e melhorar a qualidade de vida dos pacientes. Dessa forma, a elaboração de protocolos clínicos fundamentados em evidências torna-se indispensável para padronizar sua utilização, otimizar os resultados terapêuticos e ampliar sua incorporação na prática clínica multiprofissional.

Objetivo Geral

Avaliar os efeitos da fotobiomodulação na regeneração de feridas.

Objetivos específicos

Analisar o protocolo de tratamento de lesões de pele utilizando a sequência de cores estabelecida.

Avaliar o processo cicatricial.

Metodologia

Trata-se de um estudo de natureza aplicada, com abordagem qualitativa e caráter intervencionista, desenvolvido com o objetivo de avaliar os efeitos da fotobiomodulação com diodos emissores de luz (LED) no tratamento de lesões de pele. O protocolo terapêutico para lesões de pele foi elaborado com base em evidências científicas relacionadas aos mecanismos biológicos da fotobiomodulação, buscando estimular o processo de reparo tecidual por meio da utilização sequencial de diferentes comprimentos de onda da luz visível.

Aspectos éticos

O estudo foi submetido à apreciação do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) e aprovado conforme Parecer Consubstanciado nº **7.197.868**, sob o Certificado de Apresentação para Apreciação Ética (CAAE) nº **81721824.8.0000.8116**, emitido em **31 de outubro de 2024**, em conformidade com os princípios éticos estabelecidos pela Resolução nº 466,

de 12 de dezembro de 2012, do Conselho Nacional de Saúde, que regulamenta pesquisas envolvendo seres humanos.

A participação dos voluntários ocorreu de forma livre e esclarecida, após a apresentação dos objetivos, procedimentos, riscos e benefícios da pesquisa, mediante assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Foram assegurados aos participantes o respeito aos princípios da autonomia, beneficência, não maleficência e justiça, bem como a confidencialidade das informações, o sigilo dos dados coletados e o anonimato na divulgação dos resultados. Também foi garantido o direito de recusa ou desistência da participação em qualquer etapa da pesquisa, sem qualquer prejuízo ao atendimento prestado.

Protocolo para lesões de pele

O protocolo de fotobiomodulação foi aplicado 3 vezes por semana diretamente na região da lesão, mantendo-se uma distância aproximada de 5 cm entre o dispositivo emissor de LED e a superfície da pele. Antes de cada aplicação, a lesão foi avaliada clinicamente e higienizada com soro fisiológico e solução limpadora polihexanida (PHMB 0,1%), garantindo condições adequadas para a realização do procedimento.

A intervenção consistiu na aplicação sequencial de diferentes comprimentos de onda, seguindo uma ordem previamente estabelecida, com a finalidade de potencializar os mecanismos celulares envolvidos na cicatrização e no reparo tecidual

A sequência terapêutica foi realizada da seguinte forma:

- Luz violeta (400 nm): 30 segundos;
- Luz verde (530 nm): 60 segundos;
- Luz amarela (550 nm): 60 segundos;
- Luz azul (480 nm): 30 segundos;
- Luz vermelha (630 nm): 60 segundos.
- O tempo total de exposição por sessão foi de 240 segundos (4 minutos), em uma área de 10 cm² correspondendo a uma dose energética total de 9 J/cm².
- As aplicações foram realizadas de forma padronizada durante todo o período de acompanhamento dos participantes, sendo registradas informações referentes à evolução clínica da lesão, incluindo aspecto do leito, presença de tecido de

granulação, redução da área lesionada, controle do processo inflamatório, presença de exsudato e evolução da cicatrização.

A Figura 1 ilustra todas as etapas e mecanismos de ação associados aos diferentes comprimentos de onda empregados no protocolo desenvolvido.

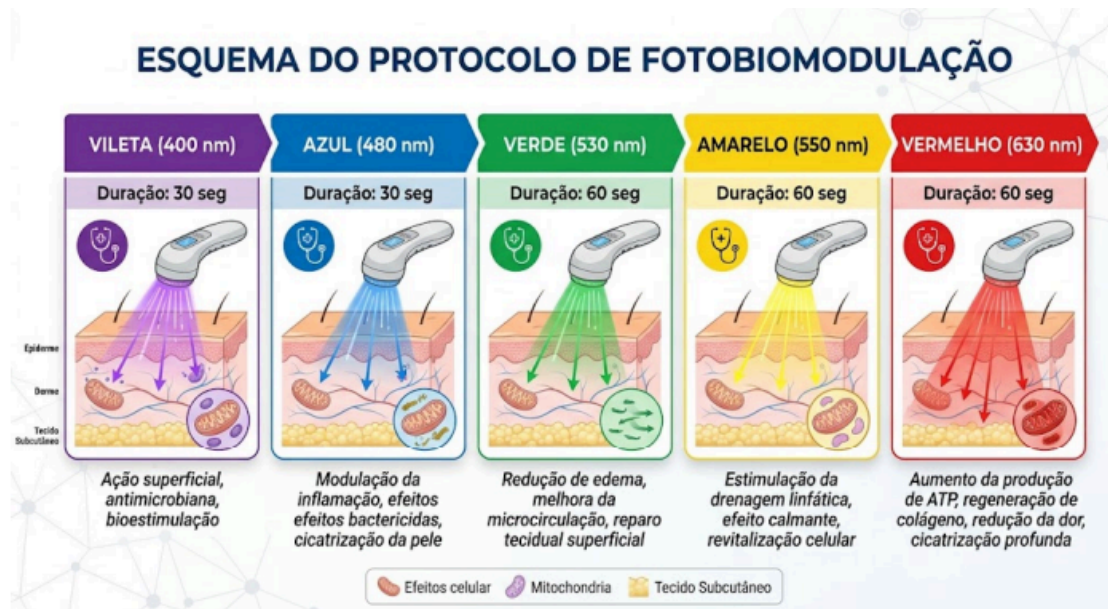


Figura 1. Protocolo desenvolvido para aplicação de fotobiomodulação em feridas. Gerada por IA, o prompt usado foi o protocolo descrito anteriormente. blob:<https://gemini.google.com/8eb62270-ee41-44f9-8461-39e87d3a7d38>.

Fundamentação científica do protocolo terapêutico

O protocolo terapêutico empregado neste estudo foi desenvolvido com base nos princípios da fotobiomodulação, utilizando diferentes comprimentos de onda da luz visível de forma sequencial, considerando que cada faixa espectral produz efeitos biológicos específicos sobre os tecidos. A Figura 1 destaca que o uso da combinação dos diferentes comprimentos de onda dos LED busca potencializar as diversas fases do processo de reparo tecidual, atuando desde o controle microbiológico e inflamatório até a proliferação celular, angiogênese, síntese de colágeno e remodelamento da matriz extracelular. xx

A primeira etapa do protocolo consistiu na aplicação do **LED violeta (400 nm)** durante 30 segundos. Embora existam menos estudos clínicos envolvendo essa faixa espectral quando comparada às demais cores, evidências demonstram que a luz violeta apresenta importante atividade fotobiológica, principalmente quando associada ao controle microbiológico superficial e à modulação inicial da resposta inflamatória. Segundo Ceron e Medeiros (2025), os comprimentos de onda situados entre o ultravioleta próximo e o violeta apresentam potencial para reduzir a carga microbiana da pele sem provocar danos significativos aos tecidos, favorecendo um ambiente mais adequado para o processo cicatricial. Além disso, Farias et al. (2024) destacam que a utilização combinada de diferentes comprimentos de onda amplia os efeitos terapêuticos da fotobiomodulação, uma vez que diferentes cromóforos celulares respondem seletivamente às diversas faixas do espectro luminoso.

Na sequência, foi empregada a **luz verde (530 nm)** durante 60 segundos. Embora existam poucos estudos específicos sobre sua aplicação em feridas, pesquisas envolvendo fotobiomodulação demonstram que esse comprimento de onda exerce importante ação moduladora da resposta inflamatória e da microcirculação local. A luz verde também está relacionada à redução do edema, ao equilíbrio vascular e à estimulação inicial da proliferação celular, favorecendo a transição entre as fases inflamatória e proliferativa da cicatrização. Lima (2025) ressalta que diferentes comprimentos de onda apresentam comportamentos fotobiológicos distintos, reforçando que a escolha da cor da luz influencia diretamente as respostas celulares desencadeadas pela fotobiomodulação.

Posteriormente, foi aplicada a **luz amarela (550 nm)** durante 60 segundos. A literatura demonstra que essa faixa espectral favorece a microcirculação, melhora a oxigenação tecidual e estimula a síntese de colágeno, sendo especialmente importante durante a fase proliferativa do processo cicatricial. A melhora da perfusão tecidual proporciona maior aporte de nutrientes e oxigênio para as células envolvidas na regeneração, favorecendo a organização da matriz extracelular e acelerando o reparo dos tecidos lesionados. Segundo Farias et al. (2024), a utilização sequencial de comprimentos de onda com diferentes mecanismos de ação potencializa o efeito bioestimulador da fotobiomodulação sobre a cicatrização.

Na quarta etapa foi utilizada a **luz azul (480 nm)** durante 30 segundos. O LED azul apresenta ampla utilização clínica devido à sua ação antimicrobiana e anti-inflamatória, sendo amplamente empregado no tratamento de acne, infecções superficiais e lesões contaminadas. Além do conhecido efeito bactericida decorrente da ativação de porfirinas produzidas por microrganismos, estudos recentes demonstram que essa faixa espectral também exerce efeitos diretos sobre fibroblastos. Carvalho et al. (2025), em revisão integrativa da literatura, observaram que a fotobiomodulação com LED azul pode estimular a proliferação fibroblástica, favorecer a migração celular e contribuir para a reorganização da matriz extracelular, desde que aplicada em parâmetros terapêuticos adequados. Martins et al. (2025) reforçam que o LED azul apresenta importante potencial terapêutico na saúde humana devido à sua ação antimicrobiana, anti-inflamatória e moduladora da atividade celular. Da mesma forma, Barreto (2023) destaca que a utilização do LED azul no tratamento da acne vulgar reduz significativamente a proliferação bacteriana, a inflamação e favorece a regeneração cutânea, demonstrando seu potencial para aplicação em diferentes tipos de lesões de pele. Silva et al. (2023) também descrevem que a associação da limpeza de pele com a fotobiomodulação utilizando LED azul potencializa os processos de reparação tecidual e melhora a resposta inflamatória.

A etapa final do protocolo consistiu na aplicação do **LED vermelho (630 nm)** durante 60 segundos, considerado o principal comprimento de onda utilizado na fotobiomodulação voltada ao reparo tecidual. Diversos estudos demonstram que a luz vermelha é absorvida principalmente pelo Citocromo C Oxidase presente nas mitocôndrias, promovendo aumento da produção de ATP, ativação metabólica celular, proliferação fibroblástica, síntese de colágeno, angiogênese e aceleração da cicatrização. Puccia et al. (2025) demonstraram que a associação entre a fotobiomodulação com luz vermelha e fatores de crescimento promove um aumento significativo na proliferação de fibroblastos dérmicos humanos, potencializando os mecanismos de regeneração tecidual. Esses resultados reforçam a elevada capacidade bioestimuladora da luz vermelha na fase proliferativa da cicatrização.

Além da atuação sobre fibroblastos, Alves e Sampaio (2026) verificaram que o LED vermelho reduz mediadores inflamatórios, melhora a integridade da barreira cutânea e acelera o processo regenerativo em pacientes com dermatite atópica, evidenciando sua

capacidade de modular simultaneamente processos inflamatórios e reparadores. Ceron e Medeiros (2025) também destacam que o LED vermelho representa uma das modalidades mais estudadas da fotobiomodulação devido à elevada profundidade de penetração nos tecidos e aos efeitos positivos sobre a regeneração celular.

A utilização sequencial dos diferentes comprimentos de onda fundamenta-se na hipótese de que cada faixa espectral atua em diferentes etapas do reparo tecidual. Enquanto os comprimentos de onda mais curtos apresentam maior ação antimicrobiana e moduladora da inflamação, os comprimentos intermediários favorecem a microcirculação e o metabolismo celular, e a luz vermelha potencializa os mecanismos de regeneração, síntese de colágeno e remodelamento dos tecidos. Dessa forma, a combinação terapêutica empregada neste protocolo busca reproduzir uma abordagem multifatorial da cicatrização, estimulando simultaneamente diferentes vias biológicas envolvidas no reparo das lesões.

Sob o ponto de vista fisiológico, a fotobiomodulação promove aumento da atividade mitocondrial, maior disponibilidade de ATP, modulação das espécies reativas de oxigênio (ROS), ativação de fatores de transcrição celular, aumento da expressão de fatores de crescimento, proliferação fibroblástica, angiogênese, deposição de colágeno e reorganização da matriz extracelular. Esses efeitos, amplamente descritos por Farias et al. (2024), justificam a crescente utilização dos LEDs como recurso terapêutico complementar no tratamento de feridas agudas e crônicas.

Assim, a escolha da sequência violeta-verde-amarelo-azul-vermelho foi fundamentada na complementaridade dos efeitos biológicos produzidos por cada comprimento de onda, visando proporcionar um ambiente favorável ao controle da inflamação, à redução da carga microbiana, à melhora da microcirculação, à ativação do metabolismo celular e à aceleração do reparo tecidual, constituindo um protocolo biologicamente racional e fundamentado nas evidências científicas atualmente disponíveis.

Resultados

A Figura 2 apresenta a distribuição dos tipos de feridas incluídas no presente estudo para serem tratadas com o método convencional associado à fotobiomodulação. No total

o tratamento foi aplicado em 12 lesões, sendo úlceras varicosas (9), queimadura (1), ferida de pé diabético e infecção associada a *Pseudomonas spp.*

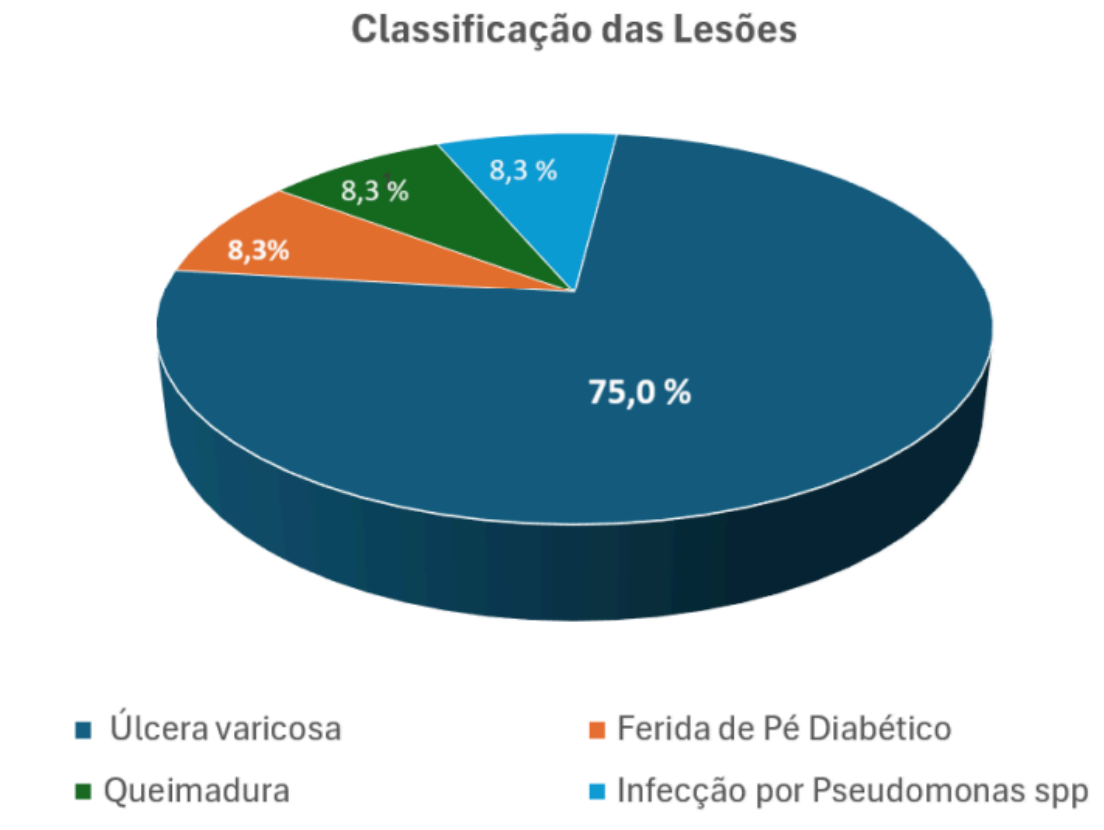


Figura 2. Classificação das lesões que foram submetidas ao protocolo de fotobiomodulação em porcentagem.

A Figura 3 apresenta as imagens fotográficas antes da fotobiomodulação e após 36 sessões. No início do acompanhamento, a úlcera apresentava-se extensa, com bordas irregulares, tecido exposto e sinais evidentes de inflamação, incluindo hiperemia e presença de exsudato. O leito da lesão apresentava pouca granulação, indicando baixa atividade reparadora (Figura 3A).

Ao final do tratamento, observou-se uma redução significativa da área ulcerada, com contração das bordas e cobertura progressiva por tecido epitelial. O processo inflamatório encontrava-se controlado, com mínima presença de exsudato e aspecto

mais homogêneo do leito. A cicatrização avançada evidenciou a efetividade da intervenção, demonstrando melhora clínica substancial e restauração parcial da integridade cutânea (Figura 3D).



Figura 3. Imagem fotográfica de úlcera venosa nas diferentes etapas do tratamento. (A) Início do tratamento. (B) Após 9 sessões (15 dias). (C) Após 21 sessões (41 dias). (D) Após 36 sessões (63 dias).

A Figura 4 apresenta as imagens fotográficas de uma úlcera venosa antes e após a fotobiomodulação incluindo 21 sessões. Inicialmente a úlcera apresentava-se extensa, com bordas irregulares e sinais evidentes de inflamação. Observava-se hiperemia acentuada, presença de exsudato e tecido desvitalizado no leito da lesão, indicando um processo cicatricial comprometido e baixa atividade reparadora (Figura 4A). Após o protocolo terapêutico, houve redução significativa da área ulcerada, com contração das bordas e cobertura progressiva por tecido epitelial. O processo inflamatório encontrava-se controlado, com mínima presença de exsudato e aspecto mais homogêneo do leito. A cicatrização avançada demonstrou melhora clínica substancial, evidenciando a efetividade da intervenção e a restauração parcial da integridade cutânea (Figura 4A).

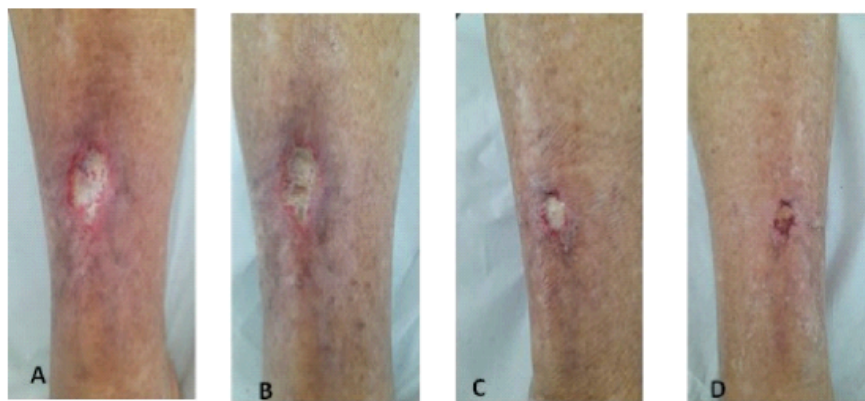


Figura 4. Imagem fotográfica de úlcera venosa nas diferentes etapas do tratamento. **(A)** Início do tratamento. **(B)** Após 3 sessões (7 dias). **(C)** Após 15 sessões (35 dias). **(D)** Após 21 sessões (55 dias).

Figura 5 apresenta as imagens fotográficas de uma úlcera venosa antes e após a fotobiomodulação incluindo 7 sessões. No início do tratamento, observava-se úlcera varicosa em região distal da perna, com leito predominantemente constituído por tecido de granulação, bordas bem delimitadas e presença de lesão satélite adjacente (Figura 5A).

Ao final do tratamento, verificou-se redução significativa da área das lesões, com diminuição da profundidade, predomínio de tecido de granulação saudável e áreas de epitelização, evidenciando evolução favorável do processo cicatricial. As bordas apresentavam-se mais regulares e houve melhora do aspecto geral da pele perilesional, mantendo-se apenas as alterações pigmentares residuais decorrentes da doença venosa crônica (Figura 5C).

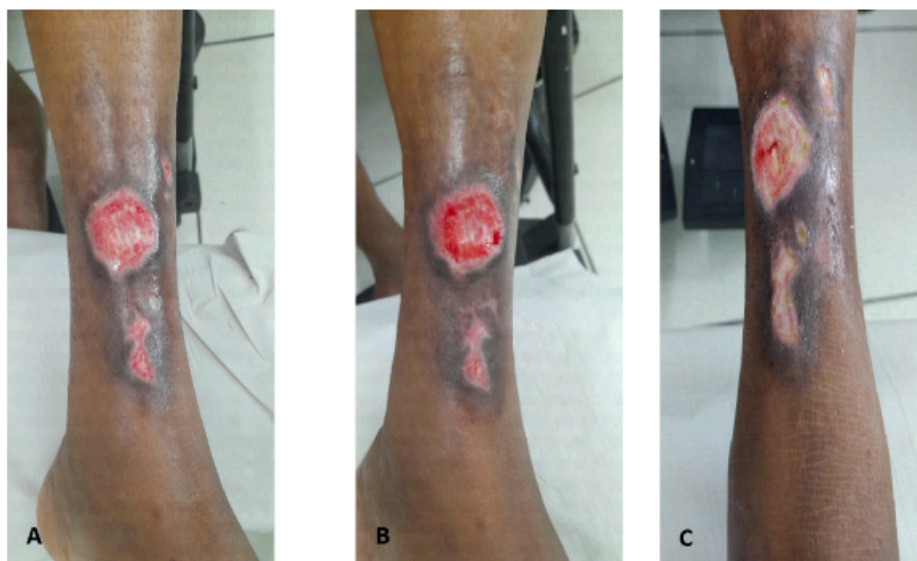


Figura 5. Imagem fotográfica de úlcera venosa nas diferentes etapas do tratamento. **(A)** Início do tratamento. **(B)** Após 2 sessões (3 dias). **(C)** Após 7 sessões (14 dias).

Figura 6 apresenta as imagens fotográficas de uma úlcera venosa antes e após a fotobiomodulação incluindo 15 sessões. No início do tratamento, observava-se úlcera varicosa única na região distal da perna, de formato ovalado, apresentando leito com áreas de tecido fibrinoso associado a tecido de granulação, bordas irregulares e discreto eritema perilesional (Figura 6A).

Ao final do tratamento, verificou-se redução da área da lesão, com predomínio de tecido de granulação e áreas de epiteliação nas margens, indicando progressão do processo cicatricial. Observou-se, ainda, melhora do aspecto inflamatório local, com diminuição do eritema perilesional e maior regularidade das bordas. Os achados evidenciam evolução favorável da úlcera, com contração da ferida e avanço da cicatrização (Figura 6C).

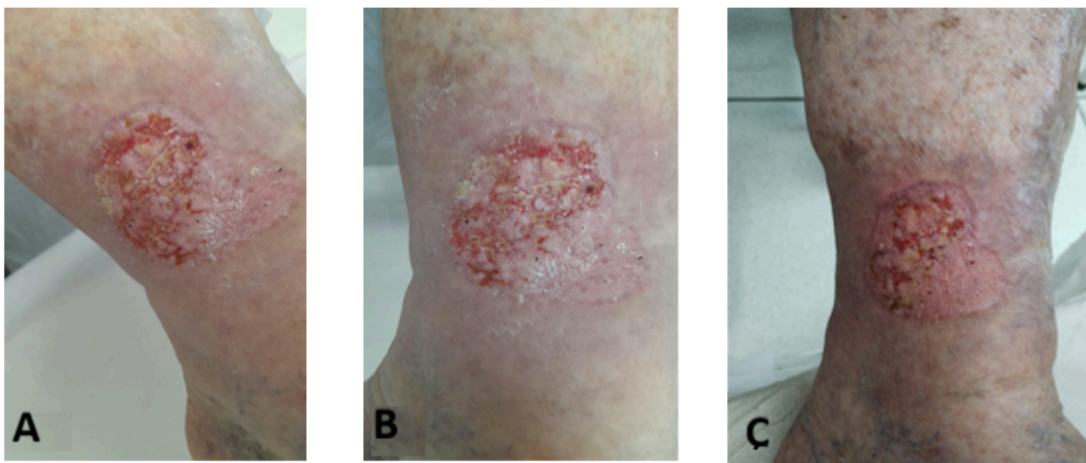


Figura 6. Imagem fotográfica de úlcera venosa nas diferentes etapas do tratamento. **(A)** Início do tratamento. **(B)** Após 11 sessões (21 dias). **(C)** Após 15 sessões (32 dias).

Figura 7 apresenta as imagens fotográficas de uma úlcera venosa antes e após a fotobiomodulação incluindo 5 sessões. No início do tratamento, observava-se úlcera varicosa localizada na região maleolar, apresentando leito predominantemente fibrinoso, com áreas esbranquiçadas sugestivas de esfacelo, bordas irregulares e discreto halo eritematoso perilesional (Figura 7A).

Ao final do tratamento (Figura B), observou-se redução das dimensões da lesão, com diminuição da área de tecido fibrinoso e presença de tecido de granulação e epitelização marginal. Verificou-se também melhora do aspecto inflamatório perilesional e maior regularidade das bordas, indicando evolução favorável do processo cicatricial e resposta satisfatória à terapêutica instituída (Figura 7B).

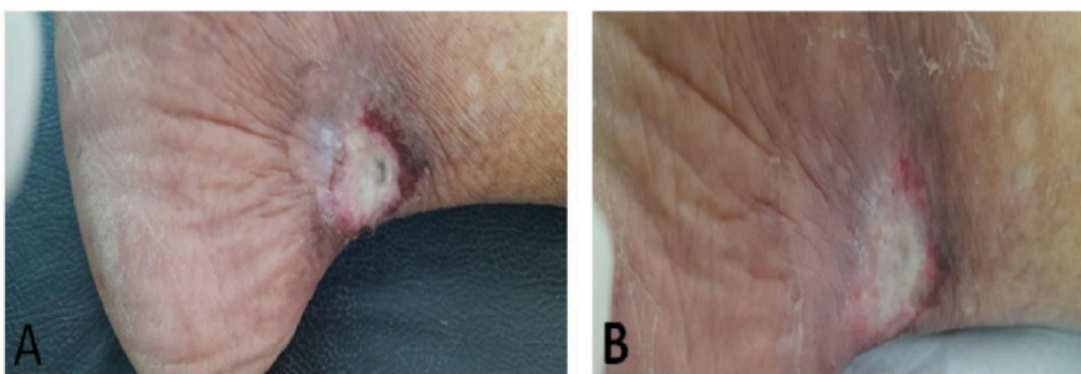


Figura 7. Imagem fotográfica de úlcera venosa nas diferentes etapas do tratamento. **(A)** Início do tratamento. **(B)** Após 5 sessões (13 dias).

A Figura 8 apresenta as imagens fotográficas de uma úlcera venosa antes e após a fotobiomodulação incluindo 21 sessões. No início do tratamento, observava-se úlcera varicosa extensa em terço distal da perna, apresentando leito predominantemente composto por tecido de granulação viável, com áreas de esfacelo, bordas irregulares e pele perilesional com alterações tróficas e hiperpigmentação características da insuficiência venosa crônica (Figura 8A).

Ao final do tratamento verificou-se redução das dimensões da lesão, com diminuição da profundidade e da quantidade de tecido desvitalizado, além de maior presença de tecido de granulação e áreas de epitelização marginal. Observou-se também melhora do aspecto das bordas e da pele perilesional, evidenciando evolução favorável do processo cicatricial e resposta satisfatória à terapêutica empregada (Figura 8A).



Figura 8. Imagem fotográfica de úlcera venosa nas diferentes etapas do tratamento. **(A)** Início do tratamento. **(B)** Após 21 sessões (54 dias).

A Figura 9 apresenta as imagens fotográficas de uma úlcera venosa antes e após a fotobiomodulação incluindo 16 sessões. No início do tratamento, observava-se úlcera varicosa localizada no terço distal da perna, com leito predominantemente constituído por tecido de granulação, associado a áreas de fibrina, bordas irregulares e alterações cutâneas perilesionais compatíveis com insuficiência venosa crônica. A lesão apresentava aspecto inflamatório local e comprometimento tecidual evidente (Figura 9A).

Ao final do tratamento, verificou-se redução das dimensões da úlcera, com diminuição da área de tecido fibrinoso e predomínio de tecido de granulação saudável, além de progressão da epitelização nas margens. Observou-se também melhora do aspecto perilesional e maior regularidade das bordas, evidenciando evolução favorável do processo cicatricial e resposta satisfatória à terapêutica instituída (Figura 9B).

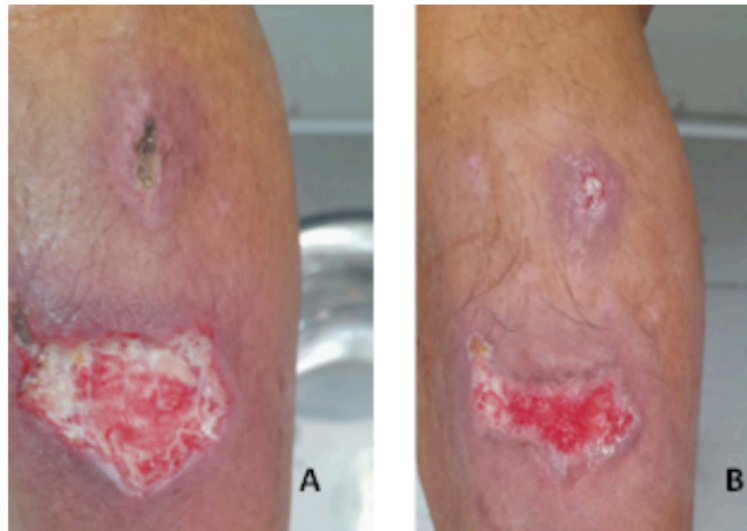


Figura 9. Imagem fotográfica de úlcera venosa nas diferentes etapas do tratamento. **(A)** Início do tratamento. **(B)** Após 16 sessões (40 dias).

A Figura 10 apresenta as imagens fotográficas de uma úlcera venosa antes e após a fotobiomodulação incluindo 16 sessões. No início do tratamento, observava-se úlcera varicosa localizada na região peri-maleolar medial, apresentando leito predominantemente constituído por tecido de granulação, associado a áreas de fibrina, bordas irregulares e alterações perilesionais compatíveis com insuficiência venosa crônica (Figura 10A).

Ao final do tratamento, verificou-se redução significativa da área da lesão, com predomínio de tecido de granulação viável e progressão da epitelização marginal. Observou-se ainda contração das bordas, diminuição do processo inflamatório local e recuperação parcial da integridade cutânea, evidenciando evolução favorável do processo cicatricial e resposta satisfatória à terapêutica instituída (Figura 10B).



Figura 10. Imagem fotográfica de úlcera venosa nas diferentes etapas do tratamento. **(A)** Início do tratamento. **(B)** Após 16 sessões (40 dias).

A Figura 11 apresenta as imagens fotográficas de uma úlcera venosa antes e após a fotobiomodulação incluindo 35 sessões. No início do tratamento, observavam-se duas úlceras varicosas localizadas na região peri-maleolar medial, com leito contendo tecido fibrinoso e áreas de granulação, bordas irregulares e sinais de comprometimento tecidual crônico (Figura 11A).

Ao final do tratamento (Figura D), verificou-se redução das dimensões das lesões, com predominância de tecido de granulação viável, diminuição do tecido fibrinoso e avanço da epitelização a partir das margens. Observou-se ainda contração das feridas e melhora do aspecto perilesional, evidenciando evolução favorável do processo cicatricial (Figura 11B).

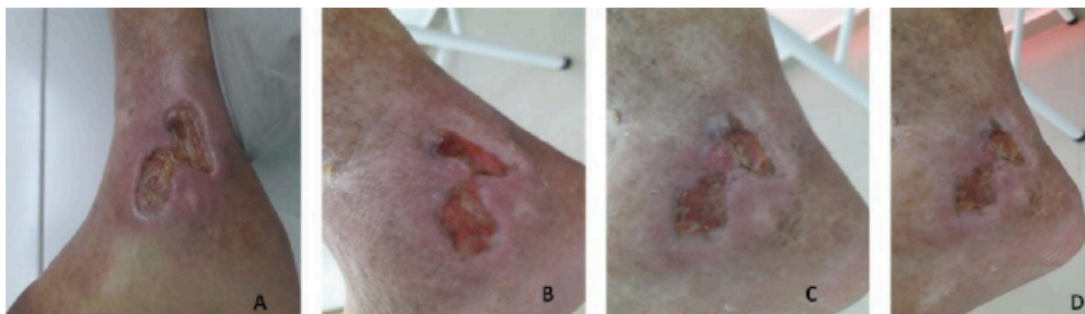


Figura 11. Imagem fotográfica de úlcera venosa nas diferentes etapas do tratamento. ((A) Início do tratamento. (B) Após 10 sessões (24 dias). (C) Após 20 sessões (48 dias). (D) Após 35 sessões (60 dias).

A Figura 12 apresenta as imagens fotográficas de uma úlcera de pé diabético antes e após a fotobiomodulação incluindo 17 sessões. No início do tratamento, observava-se úlcera de pé diabético localizada na região plantar do calcâneo, com formato alongado, extensa perda tecidual, leito predominantemente constituído por tecido de granulação associado a áreas de fibrina e hiperqueratose nas bordas, características compatíveis com lesão neuropática crônica. (Figura 12A).

Ao final do tratamento, verificou-se redução da extensão e profundidade da lesão, com predomínio de tecido de granulação viável, diminuição das áreas fibrinosas e progressão da epitelização a partir das margens. Observou-se ainda contração da ferida e melhora do aspecto dos tecidos adjacentes, evidenciando evolução favorável do processo cicatricial e resposta satisfatória ao tratamento instituído (Figura 12C).



Figura 12. Imagem fotográfica de úlcera de pé diabético durante as diferentes etapas do tratamento. (A) Início do tratamento. (B) Após 11 sessões (25 dias). (C) Após 17 sessões (39 dias).

A Figura 13 apresenta as imagens fotográficas de uma lesão induzida por queimadura antes e após a fotobiomodulação incluindo 9 sessões. No início do tratamento, observa-se lesão por queimadura de espessura parcial, apresentando área extensa de perda da integridade cutânea, leito com predomínio de tecido fibrinoso associado a áreas de granulação, bordas irregulares e discreto eritema perilesional (Figura 13A).

Ao final do tratamento (Figura C), verificou-se redução significativa da área da lesão, com predominância de tecido de granulação viável, diminuição do tecido fibrinoso e progressão da epitelização a partir das margens. Observou-se ainda contração da ferida e melhora do aspecto dos tecidos adjacentes, evidenciando evolução favorável do processo cicatricial e resposta satisfatória ao tratamento instituído (Figura 13B).

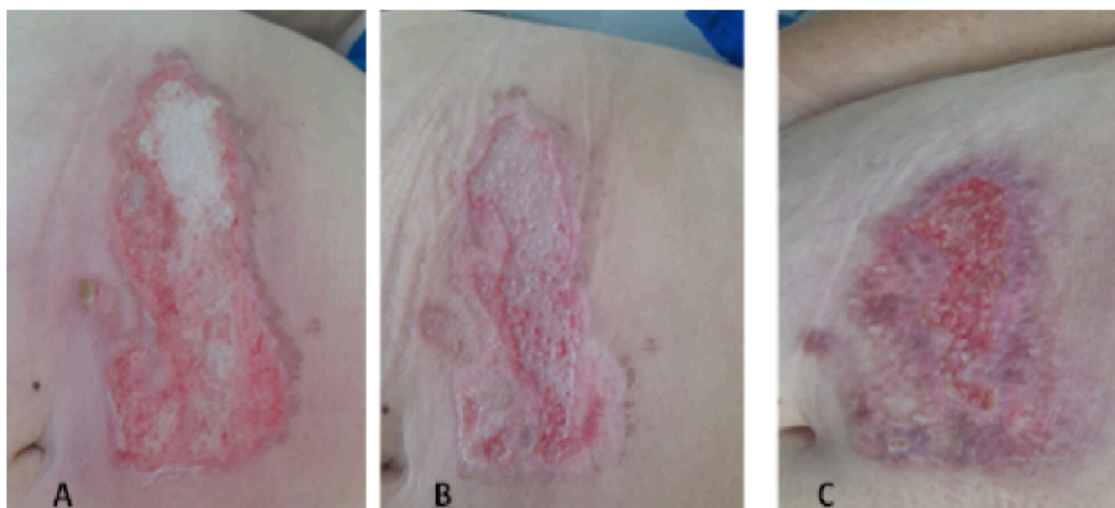


Figura 13. Imagem fotográfica de úlcera de uma lesão induzida por queimadura durante as diferentes etapas do tratamento. (A) Início do tratamento. (B) Após 3 sessões (7 dias). (C) Após 9 sessões (21 dias).

A Figura 14 apresenta as imagens fotográficas de uma lesão induzida por infecção por *Pseudomonas spp* antes e após a fotobiomodulação incluindo 10 sessões. No início do tratamento, observa-se lesão localizada na região plantar do antepé, envolvendo principalmente os espaços interdigitais e a base dos pododáctilos, caracterizada por intensa maceração tecidual, áreas extensas de desepitelização, exsudação e comprometimento da integridade cutânea. A lesão apresentava aspecto inflamatório difuso (Figura 14A).

Ao final do tratamento, verificou-se redução significativa da maceração e do processo inflamatório local, com recuperação da integridade da pele, diminuição das áreas de desepitelização e restauração progressiva dos espaços interdigitais. Observou-se melhora do aspecto tecidual geral, com redução dos sinais clínicos de infecção, evidenciando resposta satisfatória ao tratamento instituído (Figura 14 C).



Figura 14. Imagem fotográfica de úlcera de provocada por infecção por *Pseudomonas spp* durante as diferentes etapas do tratamento. (A) Início do tratamento. (B) Após 10 sessões (16 dias).

Discussão

Nos últimos anos, novas evidências científicas ampliaram significativamente o conhecimento acerca dos mecanismos de ação da fotobiomodulação. Zanchin, Medeiros e Rabin (2025) destacam que tanto os LEDs quanto os lasers de baixa intensidade promovem bioestimulação celular por meio da ativação mitocondrial, aumento da síntese de ATP, liberação de fatores de crescimento, proliferação fibroblástica, síntese de colágeno e modulação da resposta inflamatória, acelerando de forma significativa o reparo tecidual.

Estudos recentes demonstram ainda que a ação fotobiomoduladora do LED azul vai além de seu reconhecido efeito antimicrobiano. Carvalho et al. (2025) verificaram que esse comprimento de onda exerce influência positiva sobre fibroblastos, favorecendo a proliferação, a migração celular e a reorganização da matriz extracelular, contribuindo diretamente para a regeneração dos tecidos lesionados.

A atuação da enfermagem na aplicação clínica da fotobiomodulação também vem ganhando destaque. Santos, Lopes Júnior e Silva (2024) ressaltam que o enfermeiro

desempenha papel essencial na avaliação das feridas, indicação da terapia, seleção dos parâmetros de aplicação, monitoramento da evolução clínica e educação do paciente, reforçando a necessidade de protocolos baseados em evidências científicas. Da mesma forma, Simon e Mensch (2026) destacam que a incorporação da fotobiomodulação à prática da enfermagem brasileira fortalece a assistência especializada, amplia a autonomia profissional e promove um cuidado mais seguro e fundamentado em evidências.

Além das aplicações em feridas crônicas, a fotobiomodulação tem apresentado resultados promissores em diversas áreas da medicina. Alves e Sampaio (2026) demonstraram benefícios do LED vermelho na redução da inflamação e melhora clínica da dermatite atópica. Mordon (2026) descreve sua associação com a terapia fotodinâmica no tratamento de doenças dermatológicas infecciosas e neoplásicas. Almeida et al. (2026) relatam resultados positivos da fotobiomodulação no manejo do trismo em pacientes oncológicos pediátricos, enquanto Marreiros, Nascimento e Soares (2026) evidenciam benefícios da laserterapia de baixa potência na redução dos sintomas de ansiedade e depressão em pacientes pós-COVID-19. Limeira Júnior e Ferreira (2026) ampliam esse entendimento ao descreverem os efeitos sistêmicos da fotobiomodulação vascular, incluindo melhora da microcirculação, modulação imunológica e redução do estresse oxidativo.

Conclusão

A análise clínica e fotográfica dos casos demonstrou que a terapêutica empregada promoveu evolução favorável do processo de cicatrização em lesões de diferentes etiologias, incluindo úlceras varicosas, úlcera de pé diabético, queimaduras e lesões infectadas por *Pseudomonas spp.*. Observou-se redução da área das lesões, controle do processo inflamatório e infeccioso, formação de tecido de granulação viável e progressão da epitelização, culminando na restauração parcial ou completa da integridade tecidual. Esses achados sugerem que a intervenção utilizada constitui uma alternativa promissora para o tratamento de feridas complexas, contribuindo para a recuperação tecidual e para a melhora dos desfechos clínicos dos pacientes.

Referências

ALVES, Marielle Lohane Rocha Araujo; SAMPAIO, Brenda Alves Matos Amaral. EFEITOS DO LED VERMELHO NO MANEJO DA DERMATITE ATÓPICA. **REMUNOM**, v. 13, n. 08, p. 1-30, 2026.

ARAÚJO, Luana Martins de et al. Abordagens terapêuticas da Candida albicans vulvovaginal: avanços em novas estratégias de tratamento. 2026.

BARACHO, Valéria da Silva et al. Fototerapia com LED no reparo tecidual de feridas crônicas em pessoas com diabetes: revisão sistemática. **Revista Gaúcha de Enfermagem**, v. 44, p. e20220274, 2023.

BORTOLUZZI, Luciana. Fotobiomodulação transcraniana e o sistema nervoso central: uma análise in silico e in vivo. 2025.

CARVALHO, Daniel Victor Barbosa et al. Efeitos fotobiomoduladores do Diodo Emissor de Luz (LED) azul em fibroblastos: uma revisão integrativa da literatura. **Brazilian Journal of Implantology and Health Sciences**, v. 7, n. 6, p. 1215-1232, 2025.

DA SILVA, Franciéle de Matos et al. Uso de fototerapia para cicatrização de feridas de pés diabéticos. **Hegemonia**, n. 27, p. 20-20, 2019.

DA SILVA, Eduardo Cunha; DE ALMEIDA, Evani Vilarins; DA SILVA COSTA, Rafaela. ESTÉTICA AVANÇADA NA RECUPERAÇÃO PÓS-OPERATÓRIA: ATUAÇÃO DA ENFERMAGEM. **Facit Business and Technology Journal**, v. 2, n. 77, 2026.

DA SILVA, Iasmin Lopes et al. BENEFÍCIOS DA LIMPEZA DE PELE ASSOCIADA A FOTOBIMODULAÇÃO. **RECIMA21-Revista Científica Multidisciplinar-ISSN 2675-6218**, v. 4, n. 1, p. e413957-e413957, 2023.

DA SILVA CERON, Vanessa Guterres; DA SILVA MEDEIROS, Niara. Estudo da potencialidade da luz de LED para tratamento de doenças cutâneas. **ANAIS DA MOSTRA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO CESUCA-ISSN 2317-5915**, n. 19, p. 740-741, 2025.

DE ALMEIDA, Luiza Oliveira et al. Fotobiomodulação no manejo de trismo provocado por doença enxerto-hospedeiro oral em paciente pediátrico oncológico: Relato de

caso. **Research, Society and Development**, v. 15, n. 7, p. e6015751304-e6015751304, 2026.

DE ALMEIDA BARRETO, Andréa Castilho. O uso do led como potencializador no tratamento da acne vulgar: uma revisão de literatura. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 9, n. 11, p. 3021-3027, 2023

DE ANDRADE MARREIROS, Mariana Louise; DE SORIANO NASCIMENTO, Evellyn Hundred; SOARES, Carolina Pontes. Laserterapia de baixa potência no manejo da ansiedade e depressão em pacientes pós-covid-19: uma revisão sistemática. **Revista ft**, v. 30, n. 157, p. 01-28, 2026.

DE OLIVEIRA MARTINS, Ney Carlos et al. O LED AZUL E SUAS APLICAÇÕES VOLTADAS PARA A SAÚDE HUMANA. **Revista Tópicos**, v. 3, n. 19, p. 1-17, 2025.

DOS SANTOS, Alessandra Ferreira; JUNIOR, Helio Marco Pereira Lopes; DA SILVA, Luana Guimaraes. O PAPEL FUNDAMENTAL DOS ENFERMEIROS NA APLICAÇÃO DA FOTOBIMODULAÇÃO NO TRATAMENTO DE FERIDAS: PERSPECTIVAS E PRÁTICAS. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 10, n. 9, p. 3101-3116, 2024.

CARVALHO, Daniel Victor Barbosa et al. Efeitos fotobiomoduladores do Diodo Emissor de Luz (LED) azul em fibroblastos: uma revisão integrativa da literatura. **Brazilian Journal of Implantology and Health Sciences**, v. 7, n. 6, p. 1215-1232, 2025.

FARIAS, Thayssa Gomes et al. FOTOBIMODULAÇÃO E SUAS APLICAÇÕES NA SAÚDE. In: **CIÊNCIA, CUIDADO E SAÚDE: CONTEXTUALIZANDO SABERES-VOLUME 3**. Editora Científica Digital, 2024. p. 79-97.

KOPERDOWSKA, Julia Maria; BROEN, Julia Antonina. Fotobiomodulacja z wykorzystaniem diod elektroluminescencyjnych (LED) w dermatologii: od systemów profesjonalnych do urządzeń przeznaczonych do użytku domowego—mechanizmy działania, skuteczność i bezpieczeństwo. **Dermatologia w Praktyce Klinicznej**, v. 4, 2026.

LIMA, Aryanne Helena Burgarelli de. Cores de diodos emissores de luz (LEDs) na biometria de Salsinha (*Petroselinum crispum*) in vitro. 2025.

LIMEIRA JUNIOR, Francisco de Assis; FERREIRA, Artemisa Fernanda Moura. FOTOBIMODULAÇÃO VASCULAR (FBMV): FUNDAMENTOS BIOFÍSICOS, EFEITOS SISTÊMICOS E PERSPECTIVAS INTEGRATIVAS EM SAÚDE. **International Journal of Health Management Review**, v. 12, n. 2, p. 1, 2026.

MORDON, S. Terapia fotodinâmica tópica en dermatología. **EMC-Dermatología**, v. 60, n. 2, p. 1-12, 2026.

PUCCIA, Érika Vassolér Guerrero et al. Efeitos da fotobiomodulação com luz vermelha associada a fatores de crescimento em fibroblastos dérmicos humanos. 2025.

SIMON, Jacqueline; MENSCH, Kelly Machado. FOTOBIMODULAÇÃO NA ENFERMAGEM BRASILEIRA: TECNOLOGIA, VALIDAÇÃO PROFISSIONAL E CUIDADO BASEADO EM EVIDÊNCIAS EM UMA REVISÃO NARRATIVA. **SAÚDE E MEDICINA CONTEMPORÂNEA: AVANÇOS CIENTÍFICOS, PRÁTICAS CLÍNICAS E DESAFIOS GLOBAIS**, v. 1, p. 147-164, 2026.

ZANCHIN, Andréa Freitas; MEDEIROS, João Gabriel Toledo; RABIN, Eliane Goldberg. Os efeitos bioestimulantes do LED LASER e suas indicações no reparo tecidual. **CIPPUS-REVISTA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA**, v. 13, n. 2, 2025.