

## Parâmetros usados na eletrofototerapia para a cicatrização de feridas: Uma revisão de escopo

Parameters used in electrophototherapy for wound healing: A scope review

Parámetros utilizados en electrofototerapia para la cicatrización de heridas: Una revisión del alcance

Recebido: 17/05/2021 | Revisado: 11/05/2021 | Aceito: 19/05/2021 | Publicado: 06/06/2021

### Adriano Carvalho de Oliveira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8225-7974>

Instituto de Saúde e Biotecnologia da Universidade Federal do Amazonas, Brasil  
E-mail: [acofisioufam@gmail.com](mailto:acofisioufam@gmail.com)

### Carlos Júnior Silva de Souza

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3754-5536>

Instituto de Saúde e Biotecnologia da Universidade Federal do Amazonas, Brasil  
E-mail: [karlosjss@gmail.com](mailto:karlosjss@gmail.com)

### Johrly Amilton da Costa Braga

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2020-250X>

Instituto de Saúde e Biotecnologia da Universidade Federal do Amazonas, Brasil  
E-mail: [johrlybraga@gmail.com](mailto:johrlybraga@gmail.com)

### Hércules Lázaro Moraes Campos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6919-8161>

Instituto de Saúde e Biotecnologia da Universidade Federal do Amazonas, Brasil  
E-mail: [herculeslmc@hotmail.com](mailto:herculeslmc@hotmail.com)

### Thiago Santos da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8291-1470>

Instituto de Saúde e Biotecnologia da Universidade Federal do Amazonas, Brasil  
E-mail: [thiagofisioufam@gmail.com](mailto:thiagofisioufam@gmail.com)

### Thiago dos Santos Maciel

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4291-7015>

Instituto de Saúde e Biotecnologia da Universidade Federal do Amazonas, Brasil  
E-mail: [thiagomaciel@ufam.edu.br](mailto:thiagomaciel@ufam.edu.br)

### Resumo

Objetivo: Apontar parâmetros utilizados para a cicatrização de feridas através de modalidades eletrofototerapêuticas em pacientes com úlceras por pressão e diabéticas. Métodos: Buscou-se artigos nas bases de dados: PubMed, BVS, SciELO e PEDro, publicadas entre 2010 e maio de 2020. Dois autores analisaram de forma independente os critérios de elegibilidade através da Escala PEDro. Resultados: Os estudos incluídos apontam que os recursos eletrofototerapêuticos podem ser eficazes no tratamento das úlceras por pressão e diabéticas e que esses recursos aplicados em conjunto com a intervenção convencional otimizam a melhora do paciente. Conclusões: Verificou-se uma grande heterogeneidade nos parâmetros analisados, sendo os mais eficazes a Luz de espectro, com 400 à 800 nm, 0,18 W/cm<sup>2</sup>, 4 minutos, 2 aplicações por dia, durante 12 semanas. O LED, com 625, 660, 850 nm, 2,4 J/cm<sup>2</sup>, 50%, 5 minutos, 3 aplicações por semana, durante 8 semanas. A LLLT, com 685 nm, 0,05 W/cm<sup>2</sup>, 10 J/cm<sup>2</sup>, 3 minutos, 6 aplicações por semana, com duração de 2 à 20 semanas. E a CAV, com 100 pps, 0,24 ou 0,25 A, 154 µs, 100 V, 250 ou 360 µC/s, 50 minutos, 5 aplicações por semana, com duração de 6 ou 8 semanas.

**Palavras-chave:** Cicatrização; Fototerapia; Lesão por pressão; Pé diabético; Terapia por estimulação elétrica.

### Abstract

Objective: Point out parameters used for wound healing through electrophototherapeutic modalities in patients with pressure ulcers and diabetics. Methods: We searched for articles in the databases: PubMed, BVS, SciELO and PEDro, published between 2010 and May 2020. Two authors independently analyzed the eligibility criteria using the PEDro Scale. Results: The included studies indicate that electrophototherapeutic resources can be effective in the treatment of pressure and diabetic ulcers and that these resources applied in conjunction with conventional intervention optimize patient improvement. Conclusions: There was a great heterogeneity in the analyzed parameters, the most efficient being the Spectrum Light, with 400 to 800 nm, 0.18 W / cm<sup>2</sup>, 4 minutes, 2 applications per day, for 12 weeks. The LED, with 625, 660, 850 nm, 2.4 J / cm<sup>2</sup>, 50%, 5 minutes, 3 applications per week, for 8 weeks. LLLT, with 685 nm, 0.05 W / cm<sup>2</sup>, 10 J / cm<sup>2</sup>, 3 minutes, 6 applications per week, lasting from 2 to 20 weeks. And CAV, with 100 pps, 0.24 or 0.25 A, 154 µs, 100 V, 250 or 360 µC / s, 50 minutes, 5 applications per week, lasting 6 or 8 weeks.

**Keywords:** Healing; Phototherapy; Pressure ulcer; Diabetic foot; Electrical stimulation therapy.

### Resumen

Objetivo: Señalar los parámetros utilizados para la cicatrización de heridas mediante modalidades electrofototerapéuticas en pacientes con úlceras por presión y diabéticas. Métodos: Se realizaron búsquedas de artículos en las bases de datos PubMed, BVS, SciELO y PEDro, publicados entre 2010 y mayo de 2020. Dos autores analizaron de forma independiente los criterios de elegibilidad mediante la Escala PEDro. Resultados: Los estudios incluidos indican que los recursos electrofototerapéuticos pueden ser efectivos en el tratamiento de las úlceras por presión y diabéticas y que estos recursos aplicados junto con la intervención convencional optimizan la mejora del paciente. Conclusiones: Hubo una gran heterogeneidad en los parámetros analizados, siendo el más eficiente el Spectrum Light, con 400 a 800 nm, 0,18 W / cm<sup>2</sup>, 4 minutos, 2 aplicaciones al día, durante 12 semanas. El LED, con 625, 660, 850 nm, 2,4 J / cm<sup>2</sup>, 50%, 5 minutos, 3 aplicaciones por semana, durante 8 semanas. LLLT, con 685 nm, 0,05 W / cm<sup>2</sup>, 10 J / cm<sup>2</sup>, 3 minutos, 6 aplicaciones por semana, con una duración de 2 a 20 semanas. Y CAV, con 100 pps, 0,24 o 0,25 A, 154 μs, 100 V, 250 o 360 μC / s, 50 minutos, 5 aplicaciones por semana, con una duración de 6 u 8 semanas.

**Palabras clave:** Curación; Fototerapia; Lesión por presión; Pie diabético; Terapia de estimulación eléctrica.

## 1. Introdução

A interrupção ou descontinuidade da pele pode caracterizar uma ferida, que é um problema bastante comum entre as pessoas, pois pode afetar qualquer indivíduo independentemente da idade, raça ou classe social (Evangelista et al., 2012; Leal & Carvalho, 2012). Após um dano, o desenvolvimento do processo de reparação tecidual segue uma série de eventos bioquímicos e celulares que buscam restaurar o tecido, onde qualquer desequilíbrio, carência ou insuficiência de recursos, podem afetar a cicatrização (García-Pérez et al., 2018; Ruh et al., 2018; Souza et al., 2018; Vitoriano et al., 2019).

As lesões por pressão (LPPs - também denominadas úlceras por pressão, úlceras de decúbito, úlceras por compressão ou escaras) e as úlceras diabéticas (UDs), são condições multifatoriais resultantes do desequilíbrio metabólico da célula, que acarretam disfunções no processo de cicatrização, onde longos períodos de inflamação, dor, infecção, cronicidade, amputação e morte são complicações possíveis (García-Pérez et al., 2018; Vitoriano et al., 2019). Essas lesões podem afetar não só os tecidos subcutâneos, como também comprometer elementos musculares e ósseos (Polak et al., 2018; Rosa et al., 2019).

As lesões originárias do diabetes mellitus afetam com mais frequência os membros inferiores, sobretudo o pé (Rosa et al., 2019), e as lesões por pressão desenvolvem-se com maior frequência em calcanhares, tornozelos, quadris e no cóccix (Polak et al., 2018).

Os mecanismos de reparação tecidual podem ser influenciados pela fisioterapia, pois, a eletroterapia e a fototerapia (comumente denominadas em conjunto como eletrofototerapia) são modalidades terapêuticas que podem ser usados nos vários tipos de danos que podem vir a ocorrer aos tecidos biológicos, sendo que quando utilizados de forma adequada aceleram o processo de reparo tecidual (Souza et al., 2018; Silva et al., 2019), atuam no controle da dor, controle bacteriano e ainda podem produzir uma cicatrização esteticamente satisfatória (Moura et al., 2014).

A fototerapia técnica na qual utiliza-se a luz para realizar a biofotomodulação pode ser utilizada no tratamento de diferentes tipos de ferida, esta luz deve ser aplicada sobre a região a ser tratada com o comprimento de onda e a energia necessária para proporcionar a reparação do tecido, no caso das feridas utiliza-se na maioria das vezes espectro vermelho por ter maior interação com o tecido biológico (Silva et al., 2019). Dentre os recursos fototerapêuticos temos o laser de baixa intensidade (LLLT) (Santos et al., 2018), o LED (light emitting diode) (Rosa et al., 2019; Vitoriano et al., 2019). Já a eletroterapia, utiliza da aplicação de correntes elétricas no tratamento das feridas, sem geração de calor perceptível (Souza et al., 2018). Entre seus recursos temos a estimulação elétrica nervosa transcutânea (TENS) (García-Pérez et al., 2018), corrente contínua de baixa intensidade (CCBI) (Mohajeri-Tehrani & Annabestani, 2014), e a corrente de alta voltagem (CAV) (Karsli et al., 2017).

Todos esses recursos atuam a nível celular, sendo indicados em vários casos referentes a danos teciduais (Landau et

al., 2011; Leal & Carvalho, 2012; Santos et al., 2018; Souza et al., 2018; Silva et al., 2019). Nesta revisão sintetizou-se evidências sob os parâmetros utilizados para a cicatrização de feridas através de modalidades eletrofototerapêuticas em pacientes com LPPs e UD's aplicando sob esses estudos a avaliação metodológica através da Escala PEDro.

## **2. Metodologia**

Trata-se de uma revisão de escopo, elaborada de acordo com a metodologia do Joanna Briggs Institute (JBI) (Peters et al., 2020).

### **2.1 Pergunta de revisão**

A pergunta norteadora desta revisão foi: Quais os melhores parâmetros das modalidades eletrofototerapêuticas utilizados para a cicatrização de feridas/úlceras diabéticas e por pressão?

### **2.2 Critérios de elegibilidade**

#### **2.2.1 Participantes**

Considerou-se estudos envolvendo o tratamento eletrofototerapêutico para a cicatrização de feridas em pacientes com LPPs e UD's (independentemente de sua etiologia), de ambos os sexos e etnia, com idade acima de 18 anos.

#### **2.2.2 Conceito**

Considerou-se os recursos das modalidades de eletroterapia (ou eletroestimulação) utilizadas para cicatrização de feridas como TENS, CCBI, e CAV bem como os recursos da fototerapia, como a LLLT, LED e luz de espectro.

#### **2.2.3 Contexto**

Foram incluídos estudos desenvolvidos em todos os contextos em saúde como atenção básica, ambulatorial, hospitalar e cuidados intensivos, sem restrição de contexto geográfico e socioeconômico.

### **2.3 Tipos de estudo**

Incluiu-se estudos experimentais como ensaios clínicos randomizados, ensaios clínicos controlados, ensaios clínicos pragmáticos e ensaios quase-experimentais ou do tipo antes de depois, que foram publicados em inglês, português e espanhol (por serem idiomas compreendidos pelos autores), com o período de publicação entre 2010 e maio de 2020, portanto, publicadas nos últimos 10 anos.

Estudos de revisão, observacionais, qualitativos, econômicos, cartas ao editor, opiniões de especialistas e resumos de conferências foram excluídos.

### **2.4 Estratégia de busca**

As buscas foram realizadas na segunda quinzena de maio de 2020, através dos seguintes termos de busca registrados nos Descritores em Ciência da Saúde: “eletroterapia” OR “terapia de estimulação elétrica” OR “fototerapia” AND “ferida” OR “ferimentos e lesões” OR “lesão por pressão” OR “úlceras na pele” OR “úlceras diabéticas” OR “cicatrização”, tanto em inglês, quanto em espanhol. Nos casos em que o texto completo estava indisponível, tentou-se o contato com os autores do estudo.

### **2.5 Fontes de informação**

As buscas por estudos publicados foram realizadas nos seguintes portais e bases de dados: Biblioteca Virtual em

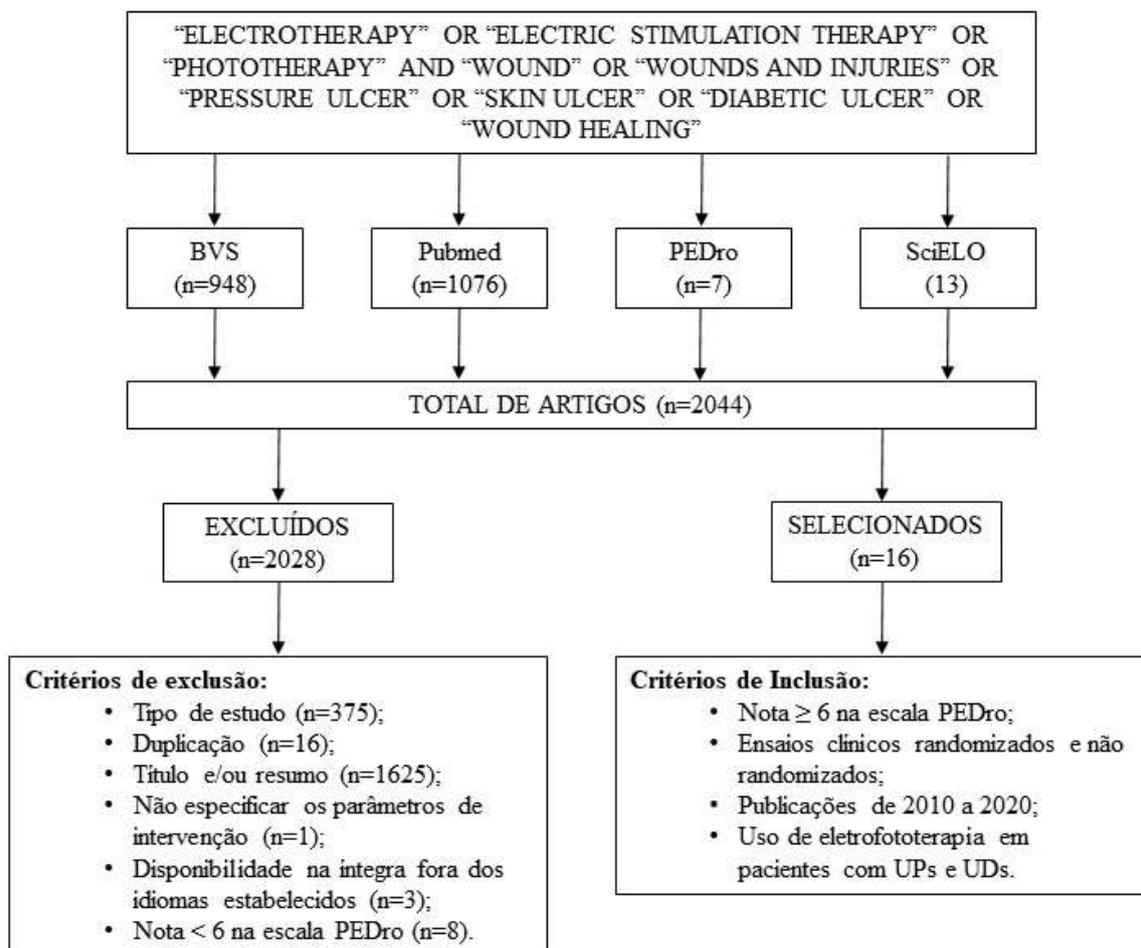
Saúde (BVS), Pubmed, PEDro, SciELO.

## 2.6 Seleção de estudos

Pesquisas preliminares nas fontes de informações incluídas foram realizadas por dois revisores de forma independente, seguindo aos critérios de elegibilidade determinados para a revisão: ano de publicação, design do estudo, participantes, intervenções e desfechos de interesse. Os artigos que não apresentaram o título e o resumo elucidativos, foram analisados na íntegra, para que não houvesse a exclusão de estudos importantes para a revisão. Após esse passo, os artigos relevantes foram organizados e encaminhados para o gerenciador de referências Mendeley Desktop (Mendeley Ltd., Elsevier, Netherlands), e as duplicatas foram removidas. Em seguida, os artigos foram analisados rigorosamente, para verificar a elegibilidade de cada um, segundo o determinado para esta revisão.

O motivo da exclusão de estudos em texto completo que não atenderam aos critérios de elegibilidade foram registrados. Quaisquer divergências existentes entre os revisores no processo de seleção dos estudos foram sanadas mediante consenso, ou com um terceiro revisor. Foi elaborado um fluxograma baseado no PRISMA Extension for Scoping Reviews: Checklist and Explanation (PRISMA-ScR) (Tricco et al., 2018), para detalhar esse processo (Figura 1).

**Figura 1.** Fluxograma demonstrando o processo de busca e seleção dos estudos.



Fonte: Autores.

### **2.7 Avaliação da qualidade metodológica**

Utilizou-se a Escala PEDro, traduzida para o português, a qual possui critérios metodológicos que totalizam 10 pontos. Para cada indicador de qualidade na escala é atribuído um ponto (1) e zero ponto (0), o primeiro item não pontua, somente do item 2 ao 11, totalizando 11 itens (Shiwa et al., 2011).

Os artigos selecionados sem a nota da PEDRO foram avaliados por dois examinadores de forma independente quanto à qualidade metodológica. Sendo assim, permaneceram no estudo os artigos que apresentaram pontuação  $\geq 6$ , sendo que as discordâncias entre os revisores foram sanadas com a presença de um terceiro revisor.

## **3. Resultados**

Foram incluídos 16 estudos para tabulação de dados, após os processos de seleção. Dentre esses, os protocolos terapêuticos com uso da fototerapia e eletroterapia para LPPs e UD, utilizaram as modalidades LLLT, LED, luz de espectro, CAV, CCBI, e TENS combinados com o tratamento padrão de feridas (TPF). Os principais parâmetros e os mais eficazes, descritos na literatura estão na Tabela 1.

**Tabela 1** - Resumo das evidências das modalidades eletrofototerapêuticas para pacientes com LPPs e UD.

Autor(es) Ano	Objetivo	Amostra	Metodologia		Resultados	Conclusão	Escore PEDro
			Desenho do estudo	Intervenção			
<b>FOTOTERAPIA</b>							
<b>Landau et al. (2011)</b>	Avaliar a eficácia da fototerapia no tratamento de úlceras nas pernas ou pés.	N=16, AS, média de 62,9 anos, com úlceras venosas nas pernas ou UD's nos pés.	Ensaio Clínico randomizado, duplo-cego, placebo controlado	G1: Protótipo emissor de luz de espectro (400-800 nm, 0,18 W/cm <sup>2</sup> , 4 min, 2/dia, durante 12 sem) + TPF; G2: Placebo + TPF; Foi avaliado a ASF de acordo com a FDA (largura e comprimento).	O G1 obteve uma maior taxa de cura quando comparado ao grupo 2, 89% versus 54%, respectivamente. Com taxa de cura em 90% dos pacientes do grupo 1, contra 33% do G2.	O G1 demonstrou uma significativa taxa de cura e redução da área da ferida.	9/10
<b>Frangež et al. (2018)</b>	Determinar se a fototerapia com LED melhora e reduz o processo de cicatrização de feridas crônicas em pacientes diabéticos.	N=60, AS, com UD's do Joelho.	Estudo prospectivo, randomizado, duplo-cego.	G1: LED (625, 660, 850 nm, 2,4 J/cm <sup>2</sup> , 50%, 5 min, 3/sem, durante 8 sem) + TPF; G2: Placebo + TPF; Avaliação da ASF: Não informado.	O G1 obteve redução da superfície da ferida, mas não foi significativamente mais rápida que o G2.	O tratamento com LED oferece aos pacientes diabéticos uma melhor chance de recuperação total.	8/10
<b>Kaviani et al. (2011)</b>	Demonstrar que a LLLT promove a cicatrização de úlceras em pacientes com diabetes mellitus.	N=23, AS, com UD's no pé.	Ensaio clínico controlado, duplo cego.	G1: LLLT (685 nm, 0,05 W/cm <sup>2</sup> , 10 J/cm <sup>2</sup> , 3 min e 20s, 6/sem, durante 2 à 20 sem) + TPF; G2: Placebo + TPF; Foi avaliado a ASF em cm <sup>2</sup> através do software AutoCAD 2000.	Após 4 sem o G1 (66,6% alcançaram cura) obteve uma taxa de fechamento das úlceras significativamente maior do que no G2 (38,4% alcançaram cura).	A LLLT pode acelerar o processo de cicatrização das úlceras não isquêmicas de pé diabético.	8/10
<b>Rosa et al. (2019)</b>	Analisar os efeitos do sistema Rapha (SR) na cicatrização de úlceras neuropáticas associadas ao pé diabético.	N=15, AS, 30-59 anos, com UD's no pé.	Ensaio clínico randomizado, controlado e cego.	G1: SR (635-640 nm, 1,8 W/cm <sup>2</sup> , 25 J/cm <sup>2</sup> , 35 min, durante 6 sem. A biomembrana de látex natural foi aplicado pelo profissional ou pelo paciente sobre a úlcera + TPF; G2: Controle (TPF); Á ASF foi avaliada via fotografia digitais.	O G1 obteve uma maior taxa de granulação do tecido e maior eficácia no reparo tecidual das lesões quando comparados ao G2.	O SR provou ser eficaz, mesmo quando autoaplicado.	7/10

<b>Mathur et al. (2017)</b>	Avaliar a eficácia da LLLT para o tratamento de úlceras do pé diabético em um centro de atendimento terciário.	N=30, AS, 49-54 anos, UDs no pé.	Ensaio clínico randomizado	G1: LLLT (660 nm, 0,05 W/cm <sup>2</sup> , 3 J, 5 a 8 pontos, 60s/ponto, mínimo de 5 min, durante 15 dias) + TPF;  G2: Controle (TPF);  A ASF foi análise por fotografias digitais.	G1: Obteve aumento na quantidade de granulação no tecido lesado e FPF;  G2: Ineficaz.	Os resultados sugerem que a LLLT é benéfica como adjuvante ao TPF no tratamento de UDs no pé..	6/10
<b>Feitosa et al. (2015)</b>	Avaliar os efeitos da LLLT aplicando no reparo tecidual em portadores de úlcera devido a diabetes.	N=16, AS, 60-95 anos, com UDs no pé.	Estudo clínico, controlado, randomizado, intervencionista, quali-quantitativo.	G1: LLLT (632,8 nm, 4 J/cm <sup>2</sup> , 80s/ponto, 0,03 W/cm <sup>2</sup> , 3/sem, durante 3 sem) + TPF;  G2: Controle (TPF);  A ASF foi avaliada através do software Image J®.	G1: Diminuição do edema e FPF;  G2. Aumento no tamanho das feridas.	O LLLT parece ser um método eficiente, viável, indolor e de baixo custo, sobre o reparo das UDs no pé.	6/10
<b>Ortíz et al. (2014)</b>	Comparar os efeitos da LLLT, e a CAV pulsada e TPF na cicatrização de úlceras nos pés diabéticos.	28 P, 30-75 anos, com UDs no pé.	Ensaio clínico controlado randomizado.	G1: Controle (TPF);  G2: CAV pulsada (100 µs, 100 pps, 45 min, durante 16 sem) + TPF;  G3: LLLT (685 nm, 1,5 a 2 J/cm <sup>2</sup> , 0,03 W/cm <sup>2</sup> , durante 16 sem) + TPF;  A avaliação da ASF com papel milimetrado e digitalização usando Image 1,39 usoftware (National Institutes of Health, USA).	A proporção de cura na semana 4, 8, 12 e 16 aumentaram em todos os grupos. Não houve diferenças significativas entre os grupos.	Os resultados deste estudo não demonstram efeitos adicionais do LLLT ou da CAV pulsada na recuperação das UDs.	6/10
<b>Chaves et al. (2015)</b>	Verificar se a termografia pode ser utilizada como método de avaliação da cicatrização de LPPs.	N=8, 40-80 anos, com LPPs.	Ensaio clínico controlado.	G1: Controle (TPF);  G2: LED (660-940 nm, 4 J/cm <sup>2</sup> , 50%, 5 min, 3/sem, durante 4 sem) + TPF;  A avaliação da ASF ocorreu com câmera Nikon® D5100 e termogramas da ferida (Câmera termográfica FLIR I60®).	G1: Aumento na área e profundidade da úlcera;  G2: Fechamento parcial da ferida e melhora na irrigação local.	A termografia pode ser considerada um método adjuvante na avaliação do processo de cicatrização de feridas.	6/10

**ELETROTERRAPIA**

<b>Polak et al. (2018)</b>	Avaliar os efeitos da CAV pulsada monofásica catódica e anodal sobre a ferida.	N=61, AS, >18 anos, com LPPs em pessoas com lesões neurológicas.	Estudo clínico randomizado, cego, controlado.	G1: CAV catódica + TPF; G2: CAV anódica + TPF; G3: Placebo (TPF);  CAV: 0,25 A, 100 pps, 154 µs, 100 V, 360 µC/s, 50 min/dia, 5/sem, durante 8 sem;  Foi avaliada ASF através de um digitalizador, sendo que o fluxo sanguíneo foi avaliado através de fluxometria Doppler a laser.	G1 e G2: Fechamento parcial da ferida;  G3: Ineficaz.	A CAV anodal e catodal, promovem a cura das úlceras em pacientes com lesões neurológicas. No entanto, não afetaram o fluxo sanguíneo da ferida.	9/10
<b>Polak et al. (2017)</b>	Comparar a eficácia da estimulação elétrica catódica versus catódica + anodal no tratamento de LPPs.	N=63, AS, 60-95 anos, com LPPs na cintura pélvica.	Estudo clínico randomizado controlado.	G1: CAV catódica + TPF; G2: CAV catódica + anódica + TPF; G3: Placebo (TPF);  CAV: 0,25 A, 100 pps, 154 µs, 100 V, 250 µC/s, 50 min, 5/sem, durante 6 sem;  Foi avaliado a ASF pelo Digitalizador Mutoh Kurta XGT, Altek, EUA.	G1 e G2: Redução da ASF, acelerando sua cura.  G3: Ineficaz.	A CAV com cátodo como único eletrodo de tratamento ou o cátodo na primeira semana e depois o ânodo são eficazes no tratamento de LPPs.	9/10
<b>Polak et al. (2016)</b>	Investigar a eficácia da CAV pulsada monofásica como complemento de um TPF das LPPs nos estágios II e III.	N=49, AS, 60-95 anos, com LPPs.	Ensaio clínico randomizado controlado, duplo-cego.	G1: CAV pulsada monofásica (100 V, 154 µs; 100 pps, 0,24 A, 250 µC, 50 min/dia, 5/sem, durante 6 sem) + TPF; G2: Placebo (TPF);  A gravidade da ferida foi estabelecida com base nos critérios do Painel Consultivo Nacional sobre LPPs.	O G1 obteve redução percentual da área da ferida em 6 semanas de intervenção, com aumento significativo da taxa de cicatrização de feridas quando comparado ao G2.	O estudo mostrou que a CAV pulsada monofásica é eficaz no tratamento das LPPs, reduzindo sua área e acelerando sua cicatrização.	9/10

<b>Polak et al. (2016)</b>	Determinar se usando o UST e CAV pulsada monofásica, a taxa de mudança na área das LPPs de pacientes mais velhos pode ser acelerada.	N=77, AS, 60-95 anos, com LPPs no glúteo, tronco e membro inferior.	Estudo clínico randomizado controlado, cego.	G1: CAV pulsada monofásica (100 pps, 154 $\mu$ s, 100 V, 250 $\mu$ C/s, 50 min, 1/dia, 5/sem, durante 6 sem) + TPF;  G2: UST (1MHz, 0,5 W/cm <sup>2</sup> , 1-3 min/cm <sup>2</sup> , 1/dia, 5/sem, durante 6 sem) + TPF;  G3: TPF;  A ASF foi avaliada pelo digitalizador Mutoh Kurta XGT, Altek, EUA).	G1 e G2: Redução da ASF.  G3: Ineficaz.	O UST e CAV pulsada monofásica são comparativamente mais eficazes na redução da área superficial das LPPs em pessoas idosas, do que o TPF sozinho.	7/10
<b>Houghton et al. (2010)</b>	Investigar se a terapia por estimulação elétrica administrada como parte de um programa interdisciplinar no tratamento LPPs em pessoas com lesão medular.	N=67, AS, média de 50 anos, com LPPs.	Estudo prospectivo, randomizado, cego, clínico controlado.	G1: CAV pulsada (50 $\mu$ s, 50 e 150V, 20 min, 100Hz, seguida de 20 min, 10Hz e 20 min fora do ciclo a cada hora, 8h/dia, durante 12 sem) + TPF;  G2: TPF;  Foram avaliadas alterações na aparência da ferida (fotográficas Canon Rebel 300D EOS) incluindo uma régua autoadesiva com escala milimétrica e ferramenta Bates-Jensen.	O G2 obteve redução percentual significativamente maior na ASF após 3 meses de tratamento comparado ao G2, sendo que neste grupo houve aumento no tamanho de 4 feridas.	A aplicação da terapia por CAV pulsada, pode ser integrado com sucesso em um programa de tratamento de feridas, pois acelera a redução do tamanho da ferida.	7/10
<b>García-Pérez et al. (2018)</b>	Avaliar a efetividade da TENS na cicatrização de LPPs, vascularização periférica e dor secundária em idosos com lesão por pressão crônica.	N=22, AS, com LPPs em membros inferiores.	Estudo clínico piloto.	G1: TENS (50 $\mu$ s, 40 Hz, 15 e 25mA, 60 min, 3/sem, durante 2 meses) + TPF;  G2: Controle (TPF);  A área de cada lesão foi medida com fita métrica.	G1: Diminuição significativa da dor, temperatura da pele e aceleração da cicatrização. 80 % foram completamente curados de acordo com o índice RESVECH.  G2: Ineficaz	Os resultados mostraram melhora no índice da taxa de cura, os níveis de dor e a temperatura da pele melhoraram significativamente no G1.	6/10

<b>Mohajeri-Tehrani &amp; Annabestani. (2014)</b>	Investigou o efeito da CCBI catódica na liberação do fator de crescimento endotelial vascular plasmático e óxido nítrico na ulceração do pé diabético.	N=33, AS, 40-60 anos, com UDs no tornozelo e pé.	Ensaio clínico randomizado.	G1: CCBI (1,48 mA, 60 min, 3/sem., durante 4 sem) + TPF; G2: Placebo (TPF);  Foram avaliadas a temperatura da pele (Multímetro digital HiTester, modelo 3801, Hioki EE Corp, Nagano, Japão), e a área de superfície da ferida (Régua métrica e uma câmera digital).	G1: Melhora na temperatura da pele, aumento na expressão do fator de crescimento endotelial vascular plasmático e óxido nítrico, proporcionando fechamento parcial da ferida; G2: Ineficaz.	A aplicação da CCBI catódica na intensidade do limiar sensorial, pode induzir melhora na temperatura da pele e a cicatrização da feridas.	6/10
<b>Franek et al. (2012)</b>	Avaliar o efeito de CAV em LPPs não cicatrizantes, de extremidade inferior, estágio II e estágio III.	N=50, AS, 14-88 anos, com LPPs nas pernas, tornozelos e pés.	Ensaio clínico randomizado e controlado.	G1. CAV (100 V, 100 µs, 100 pps, 50 min, 1/dia, durante 6/sem) + TPF; G2. TPF;  Foram avaliados a profundidade, área e o volume das úlceras.	G1: Após 6 semanas de tratamento foi observada uma diminuição estatisticamente significativa no tamanho da úlcera. G2: Diminuição da área da ferida.	Os resultados exibem reduções significativamente maiores na área e volume da superfície da ferida submetida a CAV.	6/10

Legenda: N: Número de participantes; AS: Ambos os sexos; G1: Grupo 1; G2: Grupo 2; G3: Grupo 3; ASF: Área superficial da ferida; FDA: Departamento de Saúde e Serviços Humanos dos Estados Unidos; LLLT: Laser de baixa intensidade; LED: Light emitting diode; TENS: Estimulação elétrica nervosa transcutânea; CCBI: Corrente contínua de baixa intensidade; CAV: Corrente de alta voltagem; TPF: Tratamento padrão de feridas; s: Segundos; min: Minutos; h: Horas; sem: Semanas; nn: Nanômetros; W/cm<sup>2</sup>: Watts por centímetro quadrado; J/cm<sup>2</sup>: Joule por centímetro quadrado; pps: Pulsos por segundos; A: Amperes; µs: Microsegundos; V: volts; µC/s: Microcoulomb por segundo; MHz: Megahertz; Hz: Hertz; mA: Miliamperes.  
Fonte: Autores.

#### 4. Discussão

Há diferentes protocolos para a aplicação da eletrofototerapia em pacientes com LPPs e UD. Todos os protocolos trabalharam de forma combinada com o TPF, associado com a limpeza da ferida (por exemplo: solução salina ou permanganato de potássio), desbridamento de tecido necrótico, curativos tópicos locais (com hidrogel, alginato, espuma de prata, colagenase/cloranfenicol, etc.) e medicamentos para controle da infecção e inflamação (Houghton et al., 2010; Kaviani et al., 2011; Landau et al., 2011; Franek et al., 2012; Mohajeri-Tehrani & Annabestani, 2014; Ortíz et al., 2014; Chaves et al., 2015; Feitosa et al., 2015; Polak et al., 2016a, 2016b; Mathur et al., 2017; Polak et al., 2017; Frangež; Nizič-Kos & Frangež, 2018; García-Pérez et al., 2018; Polak et al., 2018; Rosa et al., 2019).

Quanto aos parâmetros, ao se analisar os trabalhos pode-se perceber que os recursos mais utilizados na modalidade de eletrofototerapia foram a CAV (Houghton et al., 2010; Franek et al., 2012; Ortíz et al., 2014; Polak et al., 2016a, 2016b; Polak et al., 2017; Polak et al., 2018), seguido pelo LLLT (Kaviani et al., 2011; Ortíz et al., 2014; Feitosa et al., 2015; Mathur et al., 2017) e LED (Mohajeri-Tehrani & Annabestani, 2014; Chaves et al., 2015; Rosa et al., 2019). Os parâmetros utilizados (mínimos e máximos, de acordo com os estudos) na CAV para a cicatrização de feridas foram: frequência de pulso de 100 pps, pico de corrente elétrica de 0,24 à 0,25 A, duração de pulso 100 à 154  $\mu$ s, voltagem de 50 à 150 V, carga entregue pelos eletrodos de 250 à 360  $\mu$ C/s, tempo por intervenção de 20 à 50 minutos, 5 aplicações por semana, 6 à 12 semanas de duração total (Houghton et al., 2010; Franek et al., 2012; Ortíz et al., 2014; Polak et al., 2016a, 2016b; Polak et al., 2017; Polak et al., 2018). No LLLT foram: comprimento de onda entre 632,8 à 685 nm, densidade de potência entre 0,03 à 0,05 W/cm<sup>2</sup>, densidade de energia de 1,5 à 10 J/cm<sup>2</sup>, com tempo de aplicação 5 minutos, sendo de 60 à 80 segundos/ponto, 3 à 6 aplicações por semana e duração total de 15 dias à 20 semanas (Kaviani et al., 2011; Ortíz et al., 2014; Feitosa et al., 2015; Mathur et al., 2017). No LED foram: comprimento de onda de 625 à 940 nm, densidade de potência de 1,8 W/cm<sup>2</sup>, densidade de energia de 2 à 4 J/cm<sup>2</sup>, modo pulsado de 50%, 5 à 35 minutos, 3 à 12 aplicações semanais, durante 4 à 8 semanas (Mohajeri-Tehrani & Annabestani, 2014; Chaves et al., 2015; Rosa et al., 2019).

Em sua maioria, os recursos das modalidades de fototerapia e eletroterapia, apresentam efeitos positivos no alívio da dor, diminuição do edema, redução significativa no comprimento e largura da superfície da ferida, melhoria dos marcadores bioquímicos envolvidos, melhoria na modulação da neovascularização e aceleração da proliferação, promovendo sua cura contínua (Houghton et al., 2010; Franek et al., 2012; Kaviani et al., 2011; Chaves et al., 2015; Feitosa et al., 2015; Polak et al., 2016a, 2016b; Mathur et al., 2017; Polak et al., 2017; Frangež; Nizič-Kos & Frangež, 2018; Polak et al., 2018; Rosa et al., 2019).

Baseado na escala PEDro, os estudos com melhor qualidade metodológica ( $\geq 8$ ) foram: Landau et al (2011), no qual evidenciou-se que um protótipo emissor de luz de espectro (400 à 800 nm), com densidade de potência de 0,18 W/cm<sup>2</sup>, tempo de aplicação de 4 minutos, 2 aplicações por dia, durante 12 semanas, é capaz de aumentar significativamente a taxa de cura e reduzir a área de úlceras venosas e UD.

Frangež et al (2018), utilizaram o LED com três diferentes comprimentos de onda (625, 660, 850 nm), densidade de energia de 2,4 J/cm<sup>2</sup>, modo pulsado de 50%, por 5 minutos, 3 aplicações por semana, durante 8 semanas, e observaram melhorias na microcirculação, irrigação local e diminuição da dor, acelerando o processo de cura em pacientes com UD.

Kaviani et al (2011), verificaram a eficácia do LLLT, com comprimento de onda de 685 nm, densidade de potência 0,05 W/cm<sup>2</sup>, densidade de energia de 10 J/cm<sup>2</sup>, com tempo de aplicação 3 minutos, 6 aplicações por semana, com duração de 2 à 20, e observaram aceleração da cicatrização das úlceras não isquêmicas em pacientes com UD.

Polak et al (2016a), Polak et al (2017), e Polak et al (2018), empregaram a CAV com frequência de pulso de 100 pps, pico de corrente elétrica de 0,24 ou 0,25 A, duração de pulso de 154  $\mu$ s, voltagem de 100 V, carga entregue pelos eletrodos de

250 ou 360  $\mu\text{C/s}$ , tempo por intervenção de 50 minutos, 5 aplicações por semana, com duração de 6 ou 8 semanas e observaram uma redução significativa no comprimento e largura da superfície da ferida, promovendo sua cura contínua em pacientes com LPPs.

A maioria dos estudos inclusos nesta revisão apontam a eficácia dos recursos eletrofototerapêuticos no processo de cicatrização tecidual e limiar de dor. Pressupõe-se que estes recursos podem proporcionar significativas melhoras na redução da área da ferida, especialmente em comparação com os grupos submetidos ao tratamento usual/placebo.

Salienta-se que, as modalidades eletrofototerapêuticas devem ser empregadas como uma abordagem combinada, sempre sendo associadas ao tratamento usual de feridas, e não como a única abordagem terapêutica. Em sua maioria, estudos que realizaram intervenções mistas, isto é, eletrofototerapia associada ao tratamento usual, apresentaram resultados mais satisfatórios que o tratamento usual isolado.

## 5. Conclusão

A eletrofototerapia pode ser empregada para a cicatrização de feridas em pacientes com úlceras diabéticas e por pressão, promovendo redução no comprimento, largura e profundidade da ferida, melhora a vascularização, diminui edema, aumenta a expressão do fator de crescimento endotelial, melhora da temperatura da pele, melhora dos marcadores bioquímicos envolvidos e melhora da proliferação celular principalmente se forem usados os recursos como o protótipo de Luz de espectro, o LLLT, o LED e a CAV.

No que diz respeito aos parâmetros, verificou-se que existe uma grande heterogeneidade na sua dosimetria entre os protocolos analisados, sendo os mais eficazes: Luz de espectro com 400 à 800 nm, 0,18  $\text{W/cm}^2$ , 4 minutos, 2 aplicações por dia, durante 12 semanas. O LED com 625, 660, 850 nm, 2,4  $\text{J/cm}^2$ , 50%, 5 minutos, 3 aplicações por semana, durante 8 semanas. A LLLT, com 685 nm, 0,05  $\text{W/cm}^2$ , 10  $\text{J/cm}^2$ , 3 minutos, 6 aplicações por semana, com duração de 2 à 20 semanas. E a CAV com 100 pps, 0,24 ou 0,25 A, 154  $\mu\text{s}$ , 100 V, 250 ou 360  $\mu\text{C/s}$ , 50 minutos, 5 aplicações por semana, com duração de 6 ou 8 semanas.

### *Implicações dos resultados para a prática clínica*

As evidências encontradas apontam que os melhores resultados se deram em protocolos que abordaram as modalidades eletrofototerapêuticas de forma combinada com o tratamento usual.

### *Implicações dos resultados da pesquisa*

Recomenda-se que em estudos futuros haja uma melhor condução dos métodos de cegamento, alocação e homogeneização da amostra, com o intuito de desenvolver ensaios clínicos com boa qualidade metodológica.

## Agradecimentos

Os autores deste estudo agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Amazonas (FAPEAM) e à Universidade Federal do Amazonas (UFAM) que através do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC) proporcionaram o desenvolvimento desta revisão.

## Referências

- Chaves, M. E. A., Silva, F. S., Soares, V. P. C., Ferreira, R. A. M., Gomes, F. S. L., Andrade, R. M., & Pinotti, M. (2015). Evaluation of healing of pressure ulcers through thermography: a preliminary study. *Research on Biomedical Engineering*, 31(1):3-9.
- Evangelista, D. G., Magalhães, E. R. M., Moretão, D. I. C., Stival, M. M., & Lima, L. R. (2012). Impacto das feridas crônicas na qualidade de vida de usuários da estratégia de saúde da família. *Revista de Enfermagem do Centro Oeste Mineiro*, 254-263.
- Farcic, T. S., Lima, R. M. C. B., Machado, A. F. P., Baldan, C. S., Villicev, C. M., Junior, I. E., & Masson, I. F. B. (2012). Aplicação do ultrassom terapêutico no reparo tecidual do sistema musculoesquelético. *Arquivo Brasileira Ciências da Saúde*, 37(3), 149-153.
- Feitosa, M. C. P., Carvalho, A. F. M., Feitosa, V. C., Coelho, I. M., Oliveira, R. A., & Arisawa, E. Â. L. (2015). Effects of the Low-Level Laser Therapy (LLL) in the process of healing diabetic foot ulcers. *Acta Cirúrgica Brasileira*, 30(12):852-7.
- Franek, A., Kostur, R., Polak, A., Taradaj, J., Szlachta, Z., Blaszczyk, E., Dolibog, P., Dolibog, P., Koczy, B., & Kucio, C. (2012). Using high-voltage electrical stimulation in the treatment of recalcitrant pressure ulcers: results of a randomized, controlled clinical study. *Ostomy Wound Management*, 58(3):30-44.
- Frangéž, I., Nizič-Kos, T., & Frangéž, H. B. (2018). Phototherapy with LED Shows Promising Results in Healing Chronic Wounds in Diabetes Mellitus Patients: A Prospective Randomized Double-Blind Study. *Photomedicine Laser Surgery*, 36(7):377-82.
- García-Pérez, S., García-Ríos, M. C., Pérez-Mármol, J. M., Tapia-Haro, R. M., Albornoz-Cabello, M., Valenza, M. C. & Aguilar-Ferrández, M. E. (2018). Effectiveness of Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation Energy in Older Adults: A Pilot Clinical Trial. *Advances in Skin & Wound Care*, 31(10), 462-9.
- Houghton, P. E., Campbell, K. E., Fraser, C. H., Harris, C., Keast, D. H., Potter, P. J., Hayes, K. C., & Woodbury, M. G. (2010). Electrical stimulation therapy increases rate of healing of pressure ulcers in community-dwelling people with spinal cord injury. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 91(5):669-78.
- Karsli, P. B., Gurcay, E., Karahmet, O. Z., & Cakci, A. (2017). High-Voltage electrical stimulation versus ultrasound in the treatment of pressure ulcers. *Advances in Skin & Wound Care*, 30(12), 565-70.
- Kaviani, A., Djavid, G. E., Ataie-Fashtami, L., Fateh, M., Ghodsi, M., Salami, M., Zand, N., Kashef, N., & Larjani, B. (2011). A randomized clinical trial on the effect of low-level laser therapy on chronic diabetic foot wound healing: a preliminary report. *Photomedicine Laser Surgery*, 29(2):109-14.
- Landau, Z., Migdal, M., Lipovsky, A., & Lubart, R. (2011). Visible light-induced healing of diabetic or venous foot ulcers: a placebo-controlled double-blind study. *Photomedicine Laser Surgery*, 29(6):399-404.
- Leal, E., & Carvalho, E. (2012). Cicatrização de Feridas: O Fisiológico e o Patológico. *Revista Portuguesa de Diabetes*, 9(3), 133-43.
- Mathur, R. K., Sahu, K., Saraf, S., Patheja, P., Khan, F., & Gupta, PK. (2017). Low-level laser therapy as an adjunct to conventional therapy in the treatment of diabetic foot ulcers. *Lasers in Medical Science*, 32(2):275-82.
- Mohajeri-Tehrani, M. R., & Annabestani, Z. (2014). Effect of low-intensity direct current on expression of vascular endothelial growth factor and nitric oxide in diabetic foot ulcers. *Journal of Rehabilitation Research & Development*, 51(5), 815-24.
- Moura, R. O., Nunes, L. C. C., Carvalho, M. E. I. M., & Miranda, B. R. (2014). Efeitos da luz emitida por diodos (LED) e dos compostos de quitosana na cicatrização de feridas Revisão Sistemática. *Journal Of Basic and Applied Pharmaceutical Sciences*, 35(4), 513-518.
- Ortíz, M. C. S., Villabona, E. H., Lemos, D. M. C., & Castellanos, R. (2014). Effects of low level laser therapy and high voltage stimulation on diabetic wound healing. *Revista de la Universidad Industrial de Santander*, 46(2):107-17.
- Peters, M. D. J., Godfrey, C., McInerney, P., Munn, Z., Tricco, A. C., Khalil, H. Chapter 11: Scoping Reviews (2020 version). In: Aromataris, E., Munn, Z. (Editors). (2020). JBI Manual for Evidence Synthesis. Joanna Briggs Institute. <<https://synthesismanual.jbi.global>>.
- Polak, A., Kloth, L. C., Blaszczyk, E., Taradaj, J., Nawrat-Szoltysik, A., Ickowicz, T., Hordynska, E., Franek, A., & Kucio, C. (2017). The efficacy of pressure ulcer treatment with cathodal and cathodal-anodal high-voltage monophasic pulsed current: a prospective, randomized, controlled clinical trial. *Physical Therapy*, 97(8):777-89.
- Polak, A., Kloth, L. C., Blaszczyk, E., Taradaj, J., Nawrat-Szoltysik, A., Walczak, A., Bialek, L., Paczula, M., Franek, A., & Kucio, C. (2016). Evaluation of the healing progress of pressure ulcers treated with cathodal high-voltage monophasic pulsed current: results of a prospective, double-blind, randomized clinical trial. *Advances in Skin & Wound Care*, 29(10):447-59.
- Polak, A., Kucio, C., Kloth, L. C., Paczula, M., Hordynska, E., Ickowicz, T., Blaszczyk, E., Kucio, E., Oleszczyk, K., Ficek, K., & Franek, A. (2018). A Randomized, Controlled Clinical Study to Assess the Effect of Anodal and Cathodal Electrical Stimulation on Periwound Skin Blood Flow and Pressure Ulcer Size Reduction in Persons with Neurological Injuries. *Ostomy Wound Management*, 64(2), 10-29.
- Polak, A., Taradaj, J., Nawrat-Szoltysik, A., Stania, M., Dolibog, P., Blaszczyk, E., Zarzeczny, R., Juras, G., Franek, A., & Kucio, C. (2016). Reduction of pressure ulcer size with high-voltage pulsed current and high-frequency ultrasound: a randomised trial. *Journal of Wound Care*, 25(12):742-54.
- Rosa, S., Rosa, M. F. F., Marques, M. P., Guimarães, G. A., Motta, B. C., Macedo, Y. C. L., Inazawa, P., Dominguez, A., Macedo, F. S., Lopes, C. A. P., & Rocha, A. F. (2019). Regeneration of diabetic foot ulcers based on therapy with red LED light and a natural latex biomembrane. *Annals of Biomedical Engineering*, 47(4), 1153-64.
- Ruh, A. C., Frigo, L., Cavalcanti, M. F. X. B., Svidnicki, P., Vicari, V. N., Lopes-Martins, R. A. B., Junior, E. C. P. L., Isla, N., Diomedea, F. Trubiani, O., & Fevero, G. M. (2018). Laser photobiomodulation in pressure ulcer healing of human diabetic patients: gene expression analysis of inflammatory biochemical markers. *Lasers in Medical Science*, 33(1), 165-71.

Santos, J. A. F., Campelo, M. B. D., Oliveira, R. A., Nicolau, R. A., Rezende, V. E. A., & Arisawa, E. Â. L. (2018). Effects of Low-Power Light Therapy on the Tissue Repair Process of Chronic Wounds in Diabetic Feet. *Photomedicine and Laser Surgery*, 36(6), 298-304.

Shiwa, S. R., Costa, L. O. P., Moser, A. D. L., Aguiar, I. C., & Oliveira, L. V. F. (2011). PEDro: a base de dados de evidências em fisioterapia. *Fisioterapia em Movimento*, 24(3).

Silva, F. M., Moreira, L. S., Silva, M. S., Rodrigues, W., & Rosa, S. S. R. F. (2019). Uso de Fototerapia para cicatrização de feridas de pés diabéticos. *Revista Eletrônica do Programa de Mestrado em Direitos Humanos*, 27(Especial), 7-27.

Souza, A. C. S., Costa, M. M. L., Costa, P. H. V., & Silva, F. S. (2018). Efeito da estimulação elétrica de alta voltagem para o tratamento de úlceras por pressão: um estudo experimental de caso único. *Fisioterapia Brasil*, 18(6), 676-85.

Tricco, A. C., Lillie, E., Zarin, W., O'Brien, K. K., Colquhoun, H., Levac, D., et al. (2018). PRISMA extension for scoping reviews (PRISMA-ScR): checklist and explanation. *Annals of Internal Medicine*, 169(7), 467-73.

Vitoriano, N. A. M., Mont'Alverne, D. G. B., Martins, M. I. S., Silva, P. S., Martins, C. A., Teixeira, H. D., Miranda, C. B., Bezerra, L. M. M., Montenegro, R. M., & Tatmatsu-Rocha, J. C. (2019). Comparative study on laser and LED influence on tissue repair and improvement of neuropathic symptoms during the treatment of diabetic ulcers. *Lasers in Medical Science*, 34(7), 1365-71.