FACULDADE SETE LAGOAS – FACSETE

BRUNA CAROLINE DE JESUS MARINHO
STELA ESTER PEREIRA DE LIMA E SILVA

ATUAÇÃO DO FISIOTERAPEUTA DERMATOFUNCIONAL ATRAVÉS DO LASER NÃO-ABLATIVO NO TRATAMENTO DE CICATRIZES PÓS-QUEIMADURA: revisão de literatura.

Sete Lagoas/MG
2021

BRUNA CAROLINE DE JESUS MARINHO
STELA ESTER PEREIRA DE LIMA E SILVA

ATUAÇÃO DO FISIOTERAPEUTA DERMATOFUNCIONAL ATRAVÉS DO LASER NÃO-ABLATIVO NO TRATAMENTO DE CICATRIZES PÓS-QUEIMADURA: revisão de literatura.

Projeto de pesquisa apresentado como parte dos requisitos para conclusão do curso de graduação em Fisioterapia da Faculdade Sete Lagoas – FACSETE.
Orientadora: Profa. Dra. Graziele Maia Alves Serafim.
Coorientadora: Dra. Tatiane da Silva Moreira.

Sete Lagoas/MG
2021

Bruna Caroline de Jesus Marinho
Stela Ester Pereira de Lima e Silva

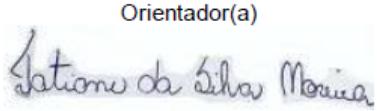
ATUAÇÃO DO FISIOTERAPEUTA DERMATOFUNCIONAL ATRAVÉS DO *LASER* NÃO-ABLATIVO NO TRATAMENTO DE CICATRIZES PÓS-QUEIMADURA: revisão de literatura

A banca examinadora abaixo-assinada aprova o presente trabalho de conclusão de curso como parte dos requisitos para conclusão do curso de Graduação em Curso da Faculdade Sete Lagoas – FACSETE.

Aprovada em 25 de Novembro de 2021.



Prof. (a) Graziele Maia Alves Serafim
Faculdade Sete Lagoas – FACSETE
Orientador(a)



Prof. (a) Tatiane da Silva Moreira
Faculdade Sete Lagoas – FACSETE
Coorientador(a)

_____

Prof. (a) Nome Completo
Faculdade Sete Lagoas – FACSETE

RESUMO

Introdução: O número de pessoas que sofrem queimaduras cresce a cada dia. No Brasil, estudos apontam que grande parte dos casos de queimaduras são mais frequentes nas casas das vítimas e que quase a metade destes acidentes acometem as crianças. A intervenção da Fisioterapia Dermatofuncional neste tipo de lesão vem trazendo grandes resultados para o paciente, principalmente com a associação da Fisioterapia a métodos terapêuticos com *laser*. A emissão do *laser* não-ablativo causa ao tecido fisiológico a remodelação cicatricial, redução do eritema e redução do prurido, ajudando a prevenir e tratar as cicatrizes hipertróficas que muitas vezes restringem o movimento da pessoa queimada, limitando sua função e reduzindo qualidade de vida. Revisar a literatura sobre os efeitos desta terapia na reabilitação dermatofuncional de pacientes que sofreram queimaduras, é fundamental para contribuir com a solidificação de uma abordagem eficaz através do *laser* para este tipo de paciente. **Objetivo Geral:** Este trabalho tem por objetivo desenvolver uma revisão da literatura disponível sobre como o laser não-ablativo (LNA) pode ser utilizado por fisioterapeutas dermatofuncionais para reabilitar pacientes com cicatrização de ferida de queimadura leve a grave, a fim de, reabilitá-los e reintroduzi-los em suas atividades de vida diárias, evidenciando os tipos de *laser*, seus parâmetros de aplicação e os efeitos encontrados. **Metodologia:** Os autores realizaram uma pesquisa abrangente da literatura publicada entre 2014 e 2020 nas seguintes bases de dados: PubMed, PEDro e SciELO. **Resultados:** 10 artigos foram selecionados e os autores coletaram a amostra, tipo de *laser*, parâmetros de aplicação e resultados obtidos, descrevendo-os em uma tabela. **Discussão:** As feridas causadas por queimaduras podem desenvolver cicatrizes hipertróficas devido ao seu potencial de inflamação, sendo assim, no presente estudo podemos analisar que a utilização do LNA tem demonstrado uma melhora significativa nas cicatrizes. **Considerações Finais:** A intervenção precoce do fisioterapeuta dermatofuncional através do LNA demonstra ser a melhor opção para se alcançar benefícios significativos, porém o tempo de tratamento ainda permanece incerto. Os artigos que foram selecionados para este estudo apresentam viés de seleção, aplicabilidades e similaridades. Portanto, necessita de mais estudos prospectivos, para que possa

alcançar com maior exatidão a modulação e utilização do LNA em cicatrizes de queimaduras a curto e longo prazo.

Palavras-chave: Queimaduras. Queimados. Fisioterapia dermatofuncional. *Laser* não-ablativo. *Laser* terapêutico. Laserterapia para cicatriz de queimadura. Cicatriz.

ABSTRACT

Introduction: The number of people who suffer from burns is growing every day. In Brazil, studies show that most cases of burns are more frequent in victims' homes and that almost half of these accidents affect children. The intervention of Dermatofunctional Physiotherapy in this type of injury has brought great results for the patient, especially with the association of physiotherapy with therapeutic methods with laser. The non-ablative laser emission causes the physiological tissue to undergo scarring, reduction of erythema and reduction of pruritus, helping to prevent and treat hypertrophic scars that often restrict the movement of the burned person, limiting their function and reducing quality of life. Reviewing the literature on the effects of this therapy on the dermatofunctional rehabilitation of patients who have suffered burns is essential to contribute to the solidification of an effective approach using laser for this type of patient. **General Objective:** This paper aims to develop a review of the available literature on how non-ablative laser can be used by dermatofunctional physical therapists to rehabilitate patients with mild to severe burn wound healing, in order to rehabilitate and reintroduce them to their health care activities daily life, highlighting the types of lasers, their application parameters and the effects found. **Methodology:** The authors performed a comprehensive search of the literature published between 2014 and 2020 in the following databases: PubMed, PeDro and Scielo. **Results:** 10 articles were selected and the authors collected the sample, type of laser, application parameters and results obtained, describing them in a table. **Discussion:** Wounds caused by burns can develop hypertrophic scars due to their potential for inflammation, so in the present study we can analyze that the use of non-ablative laser has shown a significant improvement in scars. **Final Considerations:** Early intervention by a dermatofunctional physiotherapist through non-ablative laser proves to be the best option to achieve significant benefits, but the

treatment time remains uncertain. The articles that were selected for this study show selection bias, applicability and similarities. Therefore, further prospective studies are needed so that they can more accurately achieve the modulation and use of the non-ablative laser in short and long-term burn scars.

Keywords: Burns. Burned. Dermatofunctional physiotherapy. Non-ablative laser. Therapeutic laser. Laser therapy for burn scar. Scar.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CM	-	centímetro.
CM²	-	centímetro quadrado.
ET AL	-	et alii.
J/CM²	-	joules por centímetro quadrado.
LASER	-	light amplification by stimulated emission of radiation.
LNA	-	*laser* não-ablativo
MJ	-	milijoules.
MM	-	milímetro.
MS	-	milissegundo.
ND:YAG	-	neodymium: yttrium aluminium garnet.
NM	-	nanômetro.
PDL	-	pulse dye laser.
SD	-	score decreased.
UNC4P	-	University of North Carolina "4P" scar scale.
VSS	-	Vancouver scar scale.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO E REVISÃO DE LITERATURA **7**
1.1 TERAPIA POR LASER 8
1.2. ATUAÇÃO DO FISIOTERAPEUTA EM PACIENTES QUEIMADOS 9
2. OBJETIVOS **10**
3. METODOLOGIA/MATERIAL E MÉTODOS **10**
4. RESULTADOS **11**
5. DISCUSSÃO **16**
5.1 *PDL* 16
5.2 *LASER* FRACIONADO *DE ERBIUM:GLASS* 1.540-1.550 NM 18
5.3 COMBINAÇÃO DE *LASERS PDL* E *ND:YAG* E COMBINAÇÃO DE *LASERS PDL* 595 NM, *ERBIUM:GLASS* 1.550 NM E *THULIUM* 1.927 NM 19
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS **20**
REFERÊNCIAS **21**

1. INTRODUÇÃO E REVISÃO DE LITERATURA

O mais amplo órgão do corpo humano é a pele, que faz parte do sistema tegumentar e é uma estrutura vital para o homem. Ela separa os órgãos internos do ambiente externo e participa de muitas funções importantes do organismo. Dentre estas, podemos citar o controle da perda de água e a proteção do corpo contra atritos, sendo uma camada que protege contra a atuação de agentes físicos, químicos ou bacterianos que possam atingir os tecidos mais profundos. A mesma, também é responsável por detectar as diferentes sensações corporais, como o sentido do tato, temperatura e dor (BERNARDO; SANTOS; SILVA, 2019; MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2012).

A queimadura é caracterizada como ferida traumática da pele e demais estruturas sub locais sendo causada normalmente, por acidentes térmicos, químicos, elétricos ou radioativos, que agem em diferentes estruturas do corpo humano, desde a mais externa até a mais interna, podendo ser de forma parcial ou total (ROCHA *et al*., 2016).

Segundo o Ministério da Saúde (2012), estudos apontam que as casas das vítimas são os locais em que grande parte dos casos de queimaduras acontecem e o público mais acometido são as crianças, seja por escaldamento ou violência doméstica. Nos homens adultos, existe uma predominância em sofrer queimaduras durante a jornada de trabalho e em mulheres, de mesma faixa etária, é comum ocorrer em situações domésticas. Já a população idosa, compõe um alto grau de risco devido sua possível incapacidade e/ou lentidão para solucionar problemas. Grande parte dos queimados correlacionam-se a acidentes envolvendo álcool líquido e outros inflamáveis. As queimaduras químicas e elétricas podem causar diversas alterações sistêmicas, além de ser muito severas. Estas, normalmente, acometem funcionários em suas atividades laborais.

Porumb *et al*. (2017), relatam que a classificação das diferentes profundidades de queimadura é apresentada por três níveis de lesão. A queimadura de primeiro grau é superficial e a lesão afeta somente a epiderme e derme, enquanto uma queimadura de segundo grau (superficial parcial), provém de lesão na superfície da epiderme, derme papilar superficial e área superior da derme reticular

profunda. Quando caracterizada como profunda ou de terceiro grau, é a mais grave, pois lesiona toda a espessura de tecidos moles.

Como na inflamação, o tecido queimado apresenta duas fases de cicatrização: a proliferação e a remodelação cicatricial. Caso esse processo ocorra de forma inadequada, o paciente pode apresentar vermelhidão da pele, quelóide, cicatriz hipertrófica, edema, prurido, dor e bolhas. A cura de pacientes que sofreram queimadura é um processo árduo, devido à sua gravidade e dificuldades que podem ocorrer durante o processo de cicatrização, predispondo ao desenvolvimento de sequelas (ANDRADE *et al*., 2016). Importantes déficits de movimentos funcionais, estéticos e psicológicos podem ocorrer com o decorrer do tempo nestes pacientes, pois normalmente desenvolvem cicatrizes patológicas, favorecendo a manifestação de contraturas de tecidos moles e articulares (ARAÚJO *et al*., 2019).

1.1. TERAPIA POR *LASER* - AMPLIFICAÇÃO DA LUZ POR EMISSÃO ESTIMULADA DE RADIAÇÃO

De acordo com Andrade *et al.* (2016), o *laser* é um emissor de luz estimulado por radiação, e embora tenha sido Albert Einstein quem esboçou os princípios da geração da luz, apenas no ano de 1960 que o primeiro emissor de *laser* foi produzido. O *laser* terapêutico é uma forma de fototerapia que utiliza a luz e a corrente, e com isso, consegue um resultado satisfatório na cicatrização de feridas que são difíceis de consolidar, como por exemplo, as feridas provenientes de queima, especialmente as profundas.

De acordo com Moortgat *et al*. (2020), a pele cicatrizada apresenta-se vulnerável logo após a oclusão da ferida, restringindo à aplicação de alguns tratamentos, por isso, o *laser* é uma opção indicada por não ser uma terapia que utilize meios invasivos. Pensando nisso, a terapia a *laser* surgiu para auxiliar no processo de cicatrização de queimaduras leves a graves, sendo um tratamento propício com essa finalidade (BRASSOLATTI *et al*., 2016).

O que difere os dispositivos a *laser* a serem ablativos ou não ablativos é a forma como aquecem o tecido, podendo ou não levar a uma lesão na pele. Sendo assim, os *lasers* não-ablativos (LNA) aquecem a derme, por volta de 50ºC a 70ºC, sem gerar lesões à epiderme, direcionando o tecido alvo a gerar produção de colágeno e sofrer coagulação irreversível de proteínas. Por outro lado, o *laser*

ablativo aquece a derme a mais de 100ºC o que prediz a uma possível lesão gerada na epiderme, ou seja, circundada por uma zona de coagulação dérmica (ISSLER-FISHER *et al*., 2017).

1.2. ATUAÇÃO DO FISIOTERAPEUTA EM PACIENTES QUEIMADOS

O paciente que tem ampla parte do corpo acometida caracteriza-se como grande queimado e além de sofrer marcas físicas na pele, pode sofrer com descargas emocionais devido à sua situação. Quando um paciente chega ao óbito levam-se em consideração alguns aspectos como o tipo da lesão, quão grande foi a extensão da queimadura no paciente e qual foi a profundidade dessa lesão (CARDOSO *et al*., 2014). Por isso, a atenção com o paciente queimado exerce grande importância, pois fatores como a lenta cicatrização, infecção e cicatrizes patológicas necessitam de cuidado especial para sua devida resolução (WANG *et al*., 2017).

Segundo Rosenthal *et al*. (2020), a cicatrização da ferida pode ser definida em três fases, sendo elas dependentes do tempo decorrido desde o início da queimadura. Inicialmente, temos a fase inflamatória, que ocorre desde o início imediato da queimadura até por volta de 96 horas após. No decorrer dessa fase, os vasos sanguíneos que foram danificados geram uma resposta inflamatória, levando a liberação de citocinas. A segunda fase é a proliferativa, onde se formam tecidos de granulação dentro da ferida, e esta fase dura em torno de 3 meses. Por fim, ocorre a fase de resolução da cicatriz, que é caracterizada pela deposição de colágeno que foi gerada através dos fibroblastos. É importante salientar que qualquer interrupção do processo de cicatrização de uma queimadura pode levar a sérios danos estruturais, estéticos e/ou funcionais, como cicatrizes atróficas, hipertróficas ou até mesmo queloidais.

Para Anthonissen *et al*. (2016), o papel da Fisioterapia é essencial quando se trata da reabilitação, pois, o profissional possui o conhecimento adequado para conseguir realizar um tratamento eficaz em pacientes queimados agudos. A queimadura pode ser recente ou não, e o fisioterapeuta está apto a trabalhar nos diferentes estágios das lesões a fim de cicatrizá-las de maneira correta, e com isso, busca melhorar a característica da queimadura do paciente para que ele tenha um melhor desempenho e evite disfunções que possam limitá-lo.

De acordo com a resolução do Conselho Federal de Fisioterapia e Terapia Ocupacional (COFFITO) no 394/2011, o fisioterapeuta dermatofuncional está apto a atuar na prevenção, promoção e recuperação do sistema tegumentar, e com isso, tratar disfunções que afetam direta ou indiretamente o tegumento, atuando em todos os níveis de atenção à saúde, desde a promoção até o processo de recuperação.

Consequentemente, o fisioterapeuta dermatofuncional ao realizar a aplicação do *laser,* pode melhorar o resultado estético e funcional da pele, assim como melhorar a qualidade de vida e reduzir morbidades em pacientes com tecido cicatricial maduro ou em formação (FU *et al*., 2019).

2. OBJETIVOS

Este trabalho tem por objetivo desenvolver uma revisão da literatura disponível sobre como o LNA pode ser utilizado por fisioterapeutas dermatofuncionais para reabilitar pacientes com disfunção de movimentos, funcionalidade, dor, prurido e baixa qualidade de vida, decorrente de uma possível má cicatrização de ferida de queimadura leve a grave, a fim de, reabilitá-los e reintroduzi-los em suas atividades de vida diárias. Além disso, evidenciar os tipos de *laser*, seus parâmetros de aplicação e os efeitos que foram encontrados, pois, para solucionar ou diminuir as falhas no processo de reparo tecidual e ter melhor eficácia do tratamento, é necessário conhecer a correta indicação do comprimento de onda, assim como da adoção de protocolos de irradiação adequados, incluindo dosimetria, forma de entrega, aplicabilidade e paramentação de cada instrumento.

3. METODOLOGIA/MATERIAL E MÉTODOS

Os autores realizaram uma pesquisa abrangente da atual literatura no período de junho de 2021 a outubro de 2021, nas seguintes bases de dados: PubMed, PEDro e SciELO. Artigos encontrados nas referências bibliográficas e na revista brasileira de queimaduras, que obedecem aos critérios de inclusão, também foram incluídos.

As palavras chave foram utilizadas com operador booleano “and”, sendo elas: queimaduras; queimados; fisioterapia dermatofuncional; *laser* não-ablativo; *laser*

terapêutico; laserterapia para cicatriz de queimadura; cicatriz. As buscas foram realizadas por dois analistas (BC e SE) e artigos complementares de texto foram recuperados quando possível.

Os critérios de inclusão foram: Publicações entre os anos de 2014 e 2020, que abordassem pacientes queimados ou com cicatriz patológica que normalmente é encontrada em queimados e tivessem como forma de tratamento *laser* não-ablativo, nos idiomas: inglês e português. Os critérios de exclusão foram: artigos com experimento em animais, sem resumo (*abstract*), que tinham tratamento com *laser* ablativo ou outro tipo de *laser* que não se adequasse ao objetivo da revisão e artigos que não citavam os parâmetros utilizados pelo *laser* abordado para o tratamento.

4. RESULTADOS

Através da busca inicial nas bases de dados, foram identificados 215 artigos, dos quais 205 vieram do PubMed, 04 do PEDro e 06 do SciELO. Assim que as duplicatas foram removidas, restaram 211 artigos. Após a eliminação por título e resumo, o número foi reduzido para 30 para garantir que a inclusão iria atender aos critérios estabelecidos. Depois de ler os artigos na íntegra, foram selecionados 10 artigos que obedeciam aos critérios de inclusão. O organograma abaixo demonstra o processo de seleção para esta revisão:



Os autores do presente estudo coletaram amostra, tipo de *laser*, parâmetros de aplicação e resultados obtidos por cada artigo selecionado, descrevendo-os na tabela abaixo.

Tabela 1.

Autor/Ano	**Amostra**	***Laser*/Parâmetros**	**Resultados**
Rosenthal, *et al.* 2020.	56 pessoas receberam o tratamento com *PDL laser* 585 nm *e* 14 pessoas com *PDL laser* 595 nm*:*	*PDL laser* 585-595 nm: 3 a 6 tratamentos em intervalos de 8 semanas, 3, 5 e 7 J / cm².	*PDL laser* 585 nm*:* reduziu a espessura da cicatriz, houve melhoras nos sintomas, diminuição significativamente maior no eritema de cicatrizes maduras em comparação com cicatrizes imaturas; *PDL* 595 nm*:* melhorou significativamente a vascularização e a flexibilidade da cicatriz.
Fu, *et al*. 2019.	Pacientes pediátricos de um hospital, não foi especificado a quantidade.	*PDL* 595 nm: pulsos de 0,45 e 40 ms de 595 nm *PDL* na mesma fluência de 7 J / cm² e tratamentos de *PDL* em intervalos de 6 semanas.	Houve melhora na cor, na textura e na flexibilidade das cicatrizes, reduzindo a pigmentação, a vascularização e o volume do tecido cicatricial.
Lin, *et al.* 2018.	25 pacientes chineses participaram deste estudo. 16 mulheres e 09 homens, com diagnóstico clínico de cicatrizes hipertróficas.	*PDL* 585 nm *e Nd:YAG* 1.064 nm*; PDL:* Foram 7,5–10 J/cm² com duração de pulso de 10 ms. *Nd:YAG: 30–45* J / cm² para *laser* com duração de pulso de 15 ms e tamanho do ponto de 7 mm com pequeno retardo (200 ms). As sessões de tratamento foram realizadas em intervalos de 4 a 6 semanas.	Houve melhora significativa da pigmentação, flexibilidade, espessura, relevo, coceira, dor e vascularização das cicatrizes hipertróficas após o tratamento com o *laser PDL* associado ao *laser de Nd:YAG*.

Tao, *et al.* 2018.	02 pacientes com fototipo III pela escala de Fitzpatrick, e com cicatrizes de queimaduras.	*PDL* 595 nm, *erbium: glass* 1.550 nm e *Thulium* 1.927; O paciente 1 recebeu 3 tratamentos com *PDL* (tamanho do ponto de 7mm, energia de 8J, duração de pulso de 6ms, resfriamento dinâmico de 30:20), seis tratamentos com *Erbium:glass* (energia de 30mJ, densidade de 14%, 4-8 passagens) e cinco tratamentos com o *laser* de *Thulium* (energia 10 mJ, densidade de 30%, 4-8 passagens). O paciente 2 recebeu dois tratamentos com o *PDL* (tamanho do ponto de 5 mm, energia 7,5J, duração do pulso de 6ms, resfriamento dinâmico 30:20), quatro tratamentos com o *erbium:glass* (energia 30 mJ, densidade de 14%, 4-8 passagens) e dois tratamentos com o *laser* de *Thulium* (energia de 10 mJ, densidade de 30%, 4-8 passagens). Em ambos pacientes os tratamentos foram espaçados em aproximadamente um mês, com duração de 12 meses e foram bem tolerados.	Paciente 1: As cicatrizes de queimaduras tratadas tornaram-se mais suaves, finas e mais normais em textura e pigmentação, com melhora cosmética geral significativa. Também relatou melhora do humor e diminuição da dor e prurido associados às cicatrizes. Paciente 2: Houve grande melhora na aparência das cicatrizes em relação à textura e cor da pele.
Zuccaro, *et al.* 2018.	07 pacientes receberam *laser* terapia para o tratamento de cicatrizes de queimaduras hipertróficas com tipos de pele entre I e VI, de acordo com a escala de Fitzpatrick.	*PDL* 585-595 nm; A aplicação foi de 6,45 J / cm^2 (Score Decreased (*SD*) 1,10; intervalo: 5–9 J / cm^2).	Redução da vermelhidão da cicatriz e redução do prurido.

Amann, *et al.* 2016.	Modelos 3D de pele humana *in vitro*.	*Erbium glass* 1.540-1.550 nm*;* Foram tratados com um único pulso de microlentes XD com comprimento de onda de 1540 nm, energia de 60 mJ / micro-feixe, duração de pulso de 15 ms ou um único pulso de microlentes XF com comprimento de onda de 1540 nm, energia de 44 mJ / micro-feixe e duração de pulso de 15 ms.	Efeitos antiinflamatórios induzidos pelo *laser erbium*: *glass* podem influenciar positivamente na remodelação da cicatriz e no tratamento de cicatrizes hipertróficas ou quelóides; revelou resultados semelhantes em comparação com a análise histológica de pele humana após o tratamento com *laser* fracionado de *erbium: glass in vitro.*
Khansa, *et al.* 2016.	Não relatado - estudo de revisão.	*PDL* 585-595 nm*;* fluência 3 a 7 J/cm² e tratamentos repetidos a cada 6 a 8 semanas.	A eficácia da intervenção em cicatrizes hipertróficas foi classificada entre nenhuma e baixa, mas há indicação que o *PDL* pode resultar na destruição da microvasculatura, levando à hipóxia da cicatriz, diminuição da proliferação de fibroblastos e neocolagênese e ao realinhamento das fibras de colágeno. Ou seja, produz efeito na melhora da altura da cicatriz, flexibilidade, eritema e diminuição sustentada do prurido.

Taudorf, *et al.* 2015.	17 pacientes com cicatrizes profundas de segundo ou terceiro grau foram randomizados para tratamento. Tipo de pele da escala de Fitzpatrick de II a III.	*Laser* fracionado *Erbium: Glass* de 1.540 nm; Acompanhamento dos pacientes foram de 1, 3 e 6 meses. Receberam 3 tratamentos num intervalo de 3 a 6 semanas. A abordagem foi através da manopla extra profunda que forneceu 3 pulsos empilhados em 10 passagens*,* energia de 70 mJ/ micro feixe e durações de pulso de 15 ms e logo em seguida da manopla superficial extra rápida que entregou duas passagens de pulsos únicos com 50% de sobreposição entre grades de *laser* adjacentes usando configurações de energia de 50 mJ/ micro feixe e duração de pulso de 15 ms.	As cicatrizes melhoraram gradualmente ao longo do período do estudo. Aos 6 meses, a área da cicatriz tratada parecia mais lisa devido à melhora da espessura da pele, alívio e flexibilidade. Também houve remodelação histopatológica de colágeno, pois a arquitetura foi modificada para estrutura normal da pele e a inflamação diminuiu, sendo predominantemente encontrada na derme profunda após o tratamento a *laser*.
Brewin, *et al.* 2014.	Em um estudo citado pelo artigo foi realizada a aplicação do *laser* em 5 pacientes; em outro estudo a aplicação foi em 106 pacientes.	*PDL:* 585 nm; Uma média de 2–3 sessões de tratamento a *laser* em faixas de energia de 4,5–6,5 J cm^2 foi necessária para reduzir a área da superfície da cicatriz e talvez apenas 1–2 sessões para aliviar os sintomas e intervalos de tratamento de cerca de 6 semanas.	Melhora a flexibilidade e textura de cicatrizes hipertróficas, bem como reduzir o eritema e os sintomas associados à dor e prurido.
Hultman*, et al.* 2014.	147 pacientes com cicatrizes hipertróficas pós-queimaduras.	*PDL* 595 nm*:* 8,3 J / cm^2; (*SD* 1,1 cm^2, intervalo, 0–10,0 J / cm^2.	Houve melhora significativa de eritema, flexibilidade e altura de acordo com a escala Vancouver Scar Scale (*VSS*) e melhora da dor, prurido, parestesias e flexibilidade de acordo com a Escala de Cicatriz UNC “4P” (*UNC4P*), sendo que o tratamento em longo prazo demonstrou ser benéfico.

5. DISCUSSÃO

As cicatrizes hipertróficas têm uma natureza inflamatória e isso pode acontecer como resultado de feridas provenientes de queimaduras (ISSLER-FISHER *et al*., 2017). Quando o processo de cicatrização normal de uma queimadura é interrompido, o tecido cicatricial depõe excesso de colágeno no local e apresenta-se com uma coloração mais avermelhada, textura mais rígida e um aumento dos sintomas clínicos, sendo assim, caracterizada como uma cicatriz hipertrófica (ZUCCARO *et al*., 2018).

Cada tipo de laser atinge certo cromóforo, e os principais cromóforos que absorvem a luz de laser na pele são a melanina, hemoglobina e água do meio intra ou extracelular. Logo, cada *laser* possui vantagens e desvantagens devido às suas características funcionais, como o seu comprimento de onda, profundidade de penetração e a sua capacidade de absorção de cromóforos da pele (LIN *et al*., 2018; ISSLER-FISHER *et al*., 2017).

Nesta revisão, modalidades de *lasers* não-ablativos foram estudadas durante as diferentes fases de cicatrização de feridas com a intenção de melhorar a aparência cosmética de cicatrizes de pacientes queimados sendo elas patológicas, como a hipertrófica, ou não.

5.1. PDL

O *PDL* 585-595 nm, segundo Brewin *et al*. (2014), tem como principal mecanismo de atuação a fototermólise, através da destruição de pequenos vasos sanguíneos. O *PDL* reduz os vasos sanguíneos, seja em quantidade ou espessura, e essa característica, faz com que leve o tecido alvo à hipóxia, e isso se dá através da segmentação seletiva da oxiemoglobina devido à diminuição da síntese e realinhamento do colágeno (ROSENTHAL *et al*., 2020).

Esse mecanismo explica seus efeitos principalmente na redução da área de superfície e melhora da vascularização e eritema da cicatriz. Para Zuccaro *et al*. (2018), embora o mecanismo pelo qual o *PDL* reduz o prurido permaneça desconhecido, sugere-se que ele pode suceder de uma alteração nos produtos químicos reguladores da cicatriz.

Devido ao seu baixo comprimento de onda, Khansa *et al*. (2016) indicaram que o *PDL* possui penetração limitada, sendo que cicatrizes hipertróficas profundas e espessas podem não responder bem com este tratamento. Rosenthal *et al*. (2020) relataram que o ideal para peles mais escuras é um comprimento de onda mais longo, de 595 nm, pois, esse tom de pele carrega mais melanina epidérmica e por isso, tem uma maior chance de absorção competitiva da luz *laser* emitida a 585 nm. Quando se compara o *PDL* 585 nm ao *PDL* 595 nm percebe-se um melhor resultado na cicatriz quando a utilização é feita através de 585 nm através da escala de cicatriz de Vancouver (*VSS*).

Sobre os parâmetros, existe um consenso na literatura que uma faixa de baixa energia no *PDL*, entre 3-7 J/cm² demonstra resultados de eficácia comparável e benéficos na melhora da cicatriz de queimadura. O tratamento com essa faixa de densidade de energia proporciona melhora da vascularização, textura, flexibilidade e redução de dor, eritema, prurido e altura da cicatriz. Além disso, Brewin *et al*. (2014) descrevem que densidade de energia entre 4,5-6J/cm² também podem reduzir a área de superfície em apenas 2-3 sessões. Ao comparar a largura de pulso de 0.45 e 40ms, os autores Fu *et al*. (2019) demonstraram que 0.45ms parece ser mais eficaz na redução da área da cicatriz e melhora da elasticidade.

Apenas o estudo de Hultman *et al*. (2014) utilizou energia de 8,3J/cm² (*SD* 1,1cm², intervalo 5,0–10,0 J/cm²) para tratamento de cicatrizes hipertróficas de queimadura com o uso do *PDL*, mas obteve resultados semelhantes aos já citados, ou seja, melhora na pontuação *VSS* e *UNC4P*. Este mesmo estudo abordou o tratamento a curto e longo prazo e demonstrou que a pigmentação, vascularização, flexibilidade e altura das cicatrizes continuam a melhorar com um período longo de tratamento (30 meses), e que a dor, a parestesia e prurido permanecem estáveis após um período de tempo.

Há divergências em relação ao intervalo de tratamento para *PDL*, alguns estudos mostram que num intervalo de 4 a 6 semanas seria o mais indicado, pois, o tratamento rápido evita uma nova perfusão vascular da cicatriz, sendo que noutros estudos revelam que o ideal seria um intervalo que fosse de 6 a 8 semanas (BREWIN *et al*., 2014). Em concordância, os autores Khansa *et al*. (2016), relataram que tratamento com intervalos de 6 a 8 semanas foram mais eficazes na neocolagênese e remodelação dérmica, indicando este o melhor período entre as aplicações.

Outra variável que pode afetar os resultados com o *laser* é o início do tratamento em cicatrizes hipertróficas maduras (intervenção tardia) e imaturas (intervenção precoce). No estudo de Hultman *et al*. (2014), mostrou que os tratamentos com o *laser* modificam a cicatriz de queimadura, remodelando-a de forma estável e com isso, pode obter uma melhora contínua devido a maturação cicatricial. Há evidências fortes para a utilização do *laser* no tratamento precoce de cicatrizes, em termos de velocidade na diminuição da cicatriz e eficácia na resposta do tratamento (HULTMAN *et al*., 2014; BREWIN *et al*., 2014).

Portanto, para uma melhor resposta ao tratamento a *laser*, o ideal é a utilização do *PDL* em cicatrizes hipertróficas imaturas, que ainda são hipervascularizadas e eritematosas e estão no período inicial da fase de remodelação, que pode durar até 24 meses (KHANSA *et al*., 2016).

5.2 LASER FRACIONADO DE ERBIUM: GLASS 1.540-1.550 NM

Os *lasers* fracionados são capazes de direcionar a energia fornecida em diferentes camadas da pele, pois cada comprimento de onda passa por uma profundidade (ISSLER-FISHER *et al*., 2017). Os dispositivos *lasers* fracionados não-ablativos (NAFL) mais comuns operam em ondas de comprimentos de 1.540 ou 1.550 nm, gerando zonas de tratamento microscópicas de tecido coagulado enquanto deixa a epiderme intacta e, assim, mantém à barreira da pele (KARMISHOLT *et al*., 2017).

Dois estudos abordaram o tratamento de queimados com o NAFL *erbium*: *glass*, com tecnologias incluindo uma manopla extra profunda (XD) e uma manopla extra rápida (XF). De acordo com Amann *et al*. (2016), existem diferenças na óptica XF e na óptica XD, sendo que na primeira vai abrigar uma matriz de microlentes que separa um único feixe de grande diâmetro do *laser* de *erbium:glass* em 175 micro-feixes, enquanto na segunda, ocorre a separação de apenas 49 micro-feixes por disparo. Eles utilizaram modelos de pele humana tridimensional *in vitro* para realizar tratamento de condições com envolvimento dérmico, como ocorre na queimadura, e foi possível assumir que o *laser erbium: glass* exerce efeitos na remodelação da matriz extracelular da pele e gera efeitos antiinflamatórios que podem influenciar positivamente na remodelação da cicatriz e no tratamento de cicatrizes hipertróficas. Além disso, observou-se maior regulação de marcadores que são responsáveis por

favorecer a diferenciação e expressão epidérmica de proteínas importantes da barreira da pele após o tratamento com a manopla XF em comparação com a manopla XD. Agregando a estes resultados, os autores Taudorf *et al*. (2015), utilizaram uma abordagem combinada de *laser* XD e logo em seguida o XF em pacientes com cicatrizes de queimaduras de segundo e terceiro grau, visando compartimentos superficiais e profundos da pele. Neste estudo foi relatado que as cicatrizes tiveram melhora visual progressiva em um período de 6 meses, recebendo 3 tratamentos em um intervalo de 3-6 semanas. Em confirmação, a biópsia do tecido cicatricial demonstrou que houve remodelação histopatológica de colágeno após 6 meses do início das sessões, pois a arquitetura foi modificada para estrutura normal da pele e a inflamação também diminuiu. Estes efeitos demonstram que o tratamento precoce e a longo prazo com o *laser erbium:glass* tendem a trazer significativos benefícios para pacientes com cicatriz de queimadura mais espessa.

5.3 COMBINAÇÃO DE LASERS PDL E ND: YAG E COMBINAÇÃO DE LASERS PDL 595 NM*, ERBIUM:GLASS* 1.550 NM *E THULIUM* 1.927 NM

De acordo com Issler-Fisher *et al*.(2017), cada comprimento de onda de um dispositivo *laser* passa por uma profundidade e atinge estruturas específicas do corpo. Por isso, cicatrizes hipertróficas podem se beneficiar de uma combinação de diferentes tipos de *laser*, pois haverá tratamento em toda a profundidade da cicatriz madura (TAURDOF *et al*., 2015).

Dois artigos utilizaram a combinação de *laser*s dentro do objetivo proposto por esta revisão. Um estudo utilizou *PDL* de 585 nm e *laser* neodímio: ítrio-alumínio-granada (Nd: YAG) de 1.064nm no tratamento de cicatrizes hipertróficas. O comprimento de onda de 1.064nm permite uma penetração mais profunda e direcionada ao pigmento escuro. Com isso, além do efeito de penetração térmica, ele também acelera o processo de cicatrização e estimula a remodelação do colágeno, um resultado importante no longo prazo de tratamento para cicatrizes. Durante a fase proliferativa, o *PDL* visa a congestão capilar em cicatrizes imaturas e induz o direcionamento vascular, levando à necrose vascular, que reduz o volume da cicatriz, eritema, amolecimento, congestão e coceira. Além disso, o *PDL* de 585 nm converte a hemoglobina em uma metemoglobina sanguínea, aumentando temporariamente a absorção para o Nd: YAG de 1.064 nm, que é aproximadamente

três a cinco vezes maior do que o sangue normal. Como resultado, ou autores Lin *et al*., observaram melhora significativa da pigmentação, flexibilidade, espessura, relevo, coceira, dor e vascularização das cicatrizes hipertróficas após o tratamento com o *laser PDL* associado ao *laser* de *Nd:YAG* .

Já no outro estudo, os autores Tao *et al*. (2018), utilizaram combinação de *PDL* de 595nm, *laser erbium:glass* de 1.550nm e *laser* de *thulium* de 1.927nm. Segundo eles, o comprimento de onda de 1.550nm fere a derme para estimular a remodelação do colágeno enquanto o comprimento de onda 1.927nm atua na despigmentação. Embora a amostra de pacientes tenha sido limitada, a combinação de *laser* fracionado de duas ondas de comprimentos associado ao *PDL*, demonstrou tratar a espessura da cicatriz, textura e hiperpigmentação com baixa incidência de efeitos colaterais em um paciente e no outro, foi observado que as cicatrizes ficaram com aparência mais fina e suave, com melhora na pigmentação. Como as cicatrizes de pigmentação escura na parte inferior extremidades melhoraram dramaticamente usando o *laser* de *thulium*, os autores indicam que este dispositivo pode ser vantajoso em pacientes com pele de cor mais escura e que tendem a desenvolver cicatrizes de queimaduras mais pigmentadas.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As informações apresentadas nesta revisão contribuem para o crescente corpo de evidências que apóiam o uso do tratamento com a utilização do *laser* para cicatrizes de queimaduras. Em geral, observamos melhorias significativas nos sintomas associados a cicatrizes hipertróficas entre pacientes tratados com o LNA. A intervenção precoce do fisioterapeuta dermatofuncional através do *laser* não-ablativo, demonstra ser a melhor opção para se alcançar benefícios significativos, porém o tempo de tratamento ainda permanece incerto. Os artigos que foram selecionados para este estudo apresentam viés de seleção, aplicabilidades e similaridades, contudo, apresentaram bons resultados, principalmente com a utilização do *PDL* 585/595 nm e *NAFL erbium: glass* 1.540/1.550 nm. Portanto, ainda necessitam de mais estudos prospectivos, para que possam alcançar com maior exatidão a modulação e utilização correta do *laser* não-ablativo em cicatrizes sucessoras à queimadura, nos diferentes tipos de pele, de estágio da cicatriz e a curto e longo prazo.

REFERÊNCIAS

AMANN, P. M.; MARQUARD, Y.; STEINER, T.; HÖLZLE, F.; SKAZIK-VOOG, C.; HEISE, R.; BARON, J. M. **Effects of non-ablative fractional *erbium glass laser* treatment on gene regulation in human three-dimensional skin models**. *Laser*s Med Sci, Londres, ano 2016, p. 1-8, 21 jan. 2016.

ANDRADE, A. G.; LIMA, C. F.; ALBUQUERQUE, A. K. B. Efeitos do *laser* terapêutico no processo de cicatrização das queimaduras: uma revisão bibliográfica. **Rev. Bras. Queimaduras.** 2016.

ANTHONISSEN, M. *et al*. The effects of conservative treatments on burn scars: A systematic review. **Burns**. 2016, http://dx.doi.org/10.1016/j.burns.2015.12.006.

ARAÚJO, M. J. S.; MARTINS, G. B. Utilização do diodo emissor de luz (LED) na cicatrização de queimaduras: revisão sistemática da literatura. **Rev. Pesqui. Fisioter.** 2019;9(1):108-119.

BERNARDO, A. F. C.; SANTOS, K.; SILVA, D. P. **Pele:** alterações anatômicas e fisiológicas do nascimento à maturidade. 13 f. TCC (Graduação) - Curso de Estética e Cosmetologia, Centro Universitário de Itajubá-Fepi, Itajubá, 2019.

BRASSOLATTI, P.; BOSSINI, P. S.; OLIVEIRA, M. C.; KIDO, H. W.; TIM, C. R.; ALMEIDA-LOPES, L.; DE, AVÓ L. R.; ARAÚJO, MOREIRA F. M.; PARIZOTTO, N. A. **Efeitos comparativos de duas diferentes doses de laserterapia de baixa potência na cicatrização de feridas -graus de queimaduras em ratos.** Microsc Res Tech 79: 313–320. 2016, https://doi.org/10.1002/jemt.22632.

BREWIN, M. P.; LISTER, T. S. Prevention or treatment of hypertrophic burn scarring: a review of when and how to treat with the pulsed dye *laser*. **Burns**. 2014 Aug;40(5):797-804. doi: 10.1016/j.burns.2013.12.017.

CARDOSO, E. K.; FERNANDES, A. M.; RIEDER, M. M. Atuação da fisioterapia às vítimas da Boate Kiss: a experiência de um hospital de pronto-socorro. 2013. 6 f. TCC (Graduação) - Curso de Medicina, Hospital de Pronto-Socorro de Porto Alegre. **Revista Brasileira de Queimaduras**. Porto Alegre, 2014.

CONSELHO FEDERAL DE FISIOTERAPIA E TERAPIA OCUPACIONAL. Resolução n. 394/2011**. Disciplina a Especialidade Profissional de Fisioterapia**

Dermatofuncional e dá outras providências. *Diário Oficial da União,* Brasília, DF, 03 agosto 2011. Art. 5º, da Lei nº. 6.316, de 17.12.1975.

HULTMAN, C. S.; FRIEDSTAT, J. S.; EDKINS, R. E.; CAIRNS, B. A.; MEYER, A. A. ***Laser*** **resurfacing and remodeling of hypertrophic burn scars: the results of a large, prospective, before-after cohort study, with long-term follow-up**. Ann Surg. 2014 Sep;260(3):519-29; discussion 529-32. doi: 10.1097/SLA.0000000000000893.

ISSLER-FISHER, A. C.; WAIBEL, J. S.; DONELAN, M. B. ***Laser*** **Modulation of Hypertrophic Scars: Technique and Practice**. Clin Plast Surg. 2017 Oct;44(4):757-766.doi: 10.1016/j.cps.2017.05.007.

KHANSA, I.; HARRISON, B.; JANIS, J. E. **Evidence-Based Scar Management: : How to Improve Results with Technique and Technology**. Plastic and Reconstructive Surgery, Ohio e Texas, p. 1-14, 9 mar. 2016.

LIN, L.; GUO, P.; WANG, X.; HUO, R.; LI, Q.; YIN, S.; CAO, Y. **Effective treatment for hypertrophic scar with dual-wave-length *PDL* and *Nd:YAG* in Chinese patients.** J Cosmet *Laser* Ther. 2019;21(4):228-233. doi: 10.1080/14764172.2018.1516889. Epub 2018 Sep 27.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Cartilha de tratamento para emergência das queimaduras.** Brasília, DF: 2012.

MOORTGAT, P.; ANTHONISSEN, M.; VAN, DAELE U.; VANHULLEBUSCH, T.; MAERTENS, K.; DE, CUYPER L.; LAFAIRE, C.; MEIRTE, J. **The effects of shock wave therapy applied on hypertrophic burn scars:** a randomised controlled trial. Scars Burn Heal. 2020. Dec 2;6:2059513120975624. doi: 10.1177/2059513120975624. PMID: 33312712; PMCID: PMC7716075.

ROCHA, J. L. F. N.; CANABRAVA, P. B. E.; ADORNO, J.; GONDIM, M. DE F. DE N. **Qualidade de vida dos pacientes com sequelas de queimaduras atendidos no ambulatório da unidade de queimados.** 2016. 5 f. TCC (Graduação) - Curso de Medicina, Hospital Regional da Asa Norte, Brasília, DF, 2016.

ROSENTHAL, A; KOLLI, H; ISRAILEVICH, R; MOY, R. ***Laser*****s for the prevention and treatment of hypertrophic scars: a review of the literature.** J Cosmet *Laser* Ther. 2020 Apr 2;22(3):115-125. doi: 10.1080/14764172.2020.1783451. Epub 2020 Jun 24.

TAO, J.; CHAMPLAIN, A.; WEDDINGTON, C.; MOY, L.; TUNG, R. **Treatment of burn scars in Fitzpatrick phototype III patients with a combination of pulsed dye *laser* and non-ablative fractional resurfacing 1550 nm *erbium*:*glass*/1927 nm *thulium laser* devices**. Scars, Burns & Healing, Volume 4, 2018. DOI: 10.1177/2059513118758510

TAUDORF, E. H.; DANIELSEN, P. L.; PAULSEN, I. F.; TOGSVERD-BO, K.; DIERICKX, C.; PAASCH, U.; HAEDERSDAL, M. **Non-ablative fractional *laser* provides long-term improvement of mature burn scars-a randomized controlled trial with histological assessment.** *Laser*s Surg Med. 2015 Feb;47(2):141-7. doi: 10.1002/lsm.22289. Epub 2014 Aug 22.

PORUMB, V.; TRANDABĂȚ, A. F.; TERINTE C.; CĂRUNTU, I. D.; PORUMB-ANDRESE, E.; DIMOFTE, M. G.; PIEPTU, D. **Projeto e Teste de um Modelo Experimental de Queimadura Induzida por Vapor em Ratos**, *BioMed Research International* , vol. 2017 , Artigo ID 9878109 , 10 páginas , 2017. https://doi.org/10.1155/2017/9878109.

WANG, Y.; BEEKMAN, J.; HEW, J.; JACKSON, S.; ISSLER-FISHER, A. C.; PARUNGAO, R.; LAJEVARDI, S. S.; LI, Z.; MAITZ, P. K. M. Queimadura: desafios e avanços na cicatrização de queimaduras, infecção, dor e cicatrizes. **Adv Drug Deliv Rev**. 2017, https://doi.org/10.1016/j.addr.2017.09.018.

FU, X.; DONG, J.; WANG, S.; YAN, M.; YAO, M. **Advances in the treatment of traumatic scars with *laser*, intense pulsed light, radiofrequency, and ultrasound,** *Burns & Trauma*, Volume 7, 2019, s41038–018–0141–0, https://doi.org/10.1186/s41038-018-0141-0.

ZUCCARO, J.; MUSER, I.; SINGH, M.; YU, J.; KELLY, C.; FISH, J. ***Laser* Therapy for Pediatric Burn Scars: Focusing on a Combined Treatment Approach.** J Burn Care Res. 2018 Apr 20;39(3):457-462. doi: 10.1093/jbcr/irx008. PubMed PMID: 29897540.