

ANÁLISE HISTOLÓGICA DA REMODELAÇÃO DÉRMICA POR LASER DE DIODO EM DOIS COMPRIMENTOS DE ONDA - 1470NM E 980NM E LASER DE CO₂

Adryan Tyrone Alves de Moraes¹

Aline de Araújo Freitas¹

Alisson Martins de Oliveira¹

Flavianny Silva Artiaga Andrade Gomes¹

Jalsi Tacon Arruda¹

Universidade Evangélica de Goiás – UniEVANGÉLICA¹

RESUMO

Introdução: O uso de lasers em terapias médicas evoluiu nas últimas décadas, como recurso no rejuvenescimento cutâneo. Apesar dos progressos, os efeitos celulares e estruturais induzidos por diferentes protocolos ainda requerem investigação detalhada. **Objetivo:** Avaliar histologicamente os efeitos de diferentes intervenções no rejuvenescimento dérmico. **Método:** Estudo exploratório e descritivo realizado com 18 amostras de pele de ratos Wistar, submetidas a diferentes protocolos: Endolaser 1470/980 nm associado ou não ao laser de CO₂, Laser CO₂ isolado, fios de polidioxanona (PDO, espiculados ou lisos), e associações com hidroxiapatita de cálcio (CaHA), ácido hialurônico (AH) e ácido tricloroacético (ATA). As lâminas foram coradas em hematoxilina-eosina e 105 imagens digitais (aumentos de 4x, 10x e 20x) foram avaliadas. A densidade celular foi obtida por contagem automatizada no QuPath, normalizada em células/mm², comparada aos controles por Effect Size (%) e padronizada em z-scores. A análise qualitativa considerou fibroblastos, matriz extracelular e angiogênese. **Resultados:** A combinação Endolaser + CO₂ em tecidos jovens apresentou maior eficácia, seguida pelos fios espiculados de PDO. O laser CO₂ isolado mostrou efeito intermediário e dose-dependente. As associações com CaHA e AH tiveram efeito limitado, enquanto o ATA apresentou perfil paradoxal, com redução da celularidade global, mas ativação fibroblástica e aumento de matriz extracelular. A idade foi fator modulador, com melhor desempenho em tecidos jovens. **Conclusão:** A resposta dérmica depende do protocolo e da condição tecidual. Protocolos combinados e fios espiculados foram mais efetivos, enquanto adjuvantes químicos mostraram efeito restrito ou seletivo. Estudos futuros com maior amostra são necessários para confirmar esses achados.

Palavras-chave: rejuvenescimento; pele; lasers.

INTRODUÇÃO

A utilização de lasers em terapias médicas tem evoluído substancialmente desde os avanços na compreensão dos mecanismos de fototermólise, notadamente a partir da década de 1980¹⁻⁵. Esses avanços contribuíram para uma ampliação qualitativa e quantitativa do conhecimento sobre os efeitos da luz nos tecidos biológicos, com ênfase nos mecanismos celulares e moleculares envolvidos na sua interação com diferentes estruturas teciduais⁶⁻⁹.

Paralelamente, a crescente demanda por procedimentos estéticos minimamente invasivos tem estimulado o desenvolvimento de tecnologias baseadas em energia, incluindo o laser, gerando uma expansão de mercado que projeta

movimentar mais de 500 milhões de dólares até 2030¹⁰. Nesse contexto, o uso de lasers no rejuvenescimento cutâneo tem se consolidado como uma alternativa terapêutica relevante, muitas vezes substituindo ou complementando intervenções cirúrgicas tradicionais¹¹. O princípio físico que sustenta essas aplicações clínicas é o da fototermólise seletiva, no qual a energia luminosa é absorvida por cromóforos específicos — como a água — promovendo lesão térmica controlada e, conseqüentemente, induzindo resposta regenerativa local¹².

Apesar dos avanços, os efeitos celulares e estruturais dos diferentes comprimentos de onda ainda exigem investigação. Assim, este estudo analisou histologicamente a remodelação dérmica induzida pelos lasers de diodo (1470/980 nm) e de CO₂, em comparação com outras intervenções, com foco na celularidade global e na atividade fibroblástica em modelo experimental.

MATERIAIS E MÉTODOS

Trata-se de um estudo exploratório e descritivo, aprovado pela CEUA-UniEVANGÉLICA (nº 04/2024), realizado com amostras de pele de ratos Wistar submetidas a diferentes protocolos de rejuvenescimento dérmico, incluindo lasers (diodo 1470/980 nm e CO₂), fios lisos e espiculados de polidioxanona (PDO) e associações com hidróxiapatita de cálcio (CaHA), ácido hialurônico (AH) e ácido tricloroacético (ATA), sendo que esses métodos foram utilizados por vezes em conjunto, por vezes isolados.

As lâminas foram confeccionadas, coradas em hematoxilina-eosina (HE) e capturadas resultando em 105 imagens analisadas nas objetivas de 4x, 10x e 20x. A avaliação foi conduzida por duas abordagens: quantitativa, com contagem automatizada de núcleos no QuPath para cálculo da densidade celular global; e qualitativa, baseada na observação da organização das fibras colágenas, deposição de matriz extracelular, presença de angiogênese, população de fibroblastos, classificação da morfologia para determinar o nível de ativação celular entre outros.

Já para análise dos dados, os resultados obtidos foram tabulados em planilhas do Microsoft Excel e cada intervenção foi comparada ao seu controle de referência (grupo e objetiva correspondentes), resultando no Effect Size (%), calculado como a

variação percentual em relação ao controle. Para permitir a comparação entre diferentes as magnificações, os valores foram padronizados em z-scores, obtidos a partir da média e do desvio-padrão de cada objetiva. Já os resultados quantitativos foram correlacionados com os achados da análise qualitativa.

RESULTADOS

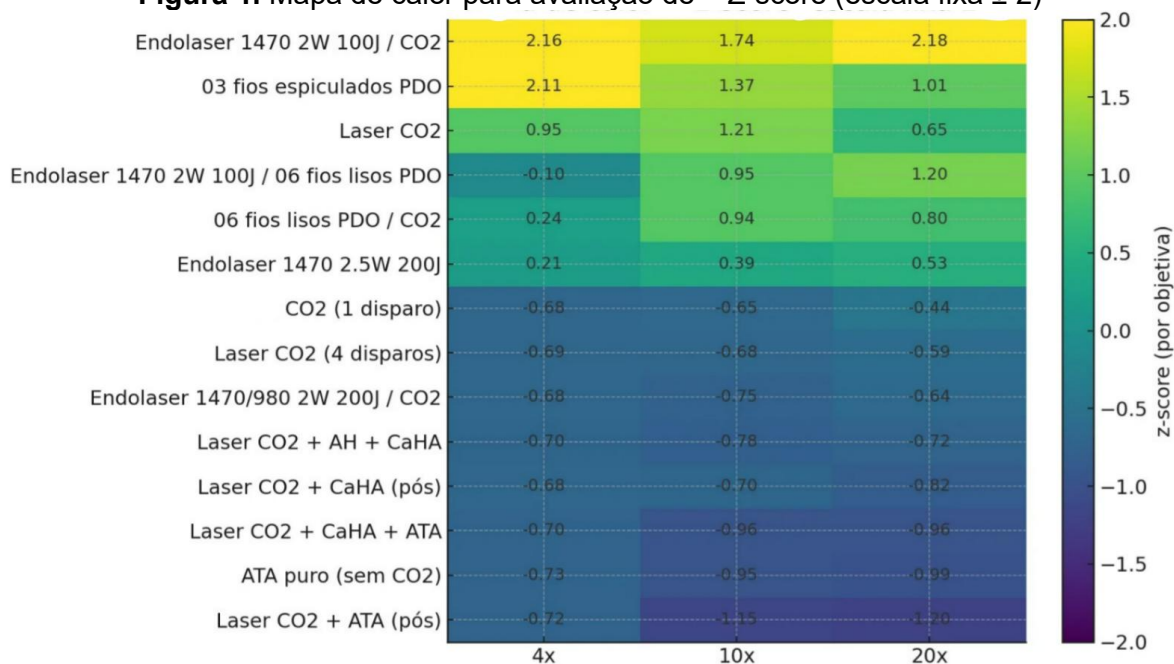
O total de amostras sob análise foi de 18 amostras, as quais permitiram observar que a combinação Endolaser 1470 nm + CO₂ em tecido jovem (G2 Jovem 1AE e G2 2AE) foi a mais eficaz, com densidades superiores a 1500 células/mm² (10x) e forte ativação fibroblástica. Os fios espiculados de PDO (G1 2AE) também apresentaram efeito robusto (1608 células/mm² em 10x), superior aos fios lisos, que mostraram apenas incremento discreto. O CO₂ isolado em jovens (G3 Jovem 1AE) manteve desempenho elevado (1454 células/mm² em 10x), mas inferior à combinação. Em idosos, a resposta foi atenuada: a associação Endolaser + CO₂ resultou em efeito apenas moderado, e o Endolaser isolado não promoveu remodelamento efetivo.

As análises em aumento de 4x revelaram menor sensibilidade, frequentemente superestimando variações por efeito de campo amplo e baixa densidade basal. Já as avaliações em aumento de 20x confirmaram os achados do aumento 10x, evidenciando heterogeneidades locais e destacando a superioridade dos protocolos mais potentes.

No Grupo Vermelho, a resposta ao laser de CO₂ mostrou-se dose-dependente: um disparo (A8) gerou efeito moderado (1548 células/mm² em 10x), enquanto quatro disparos (A1) inibiram a regeneração. A associação com ATA mostrou perfil paradoxal, com redução da celularidade global em 10x, mas ativação fibroblástica e aumento da matriz extracelular. As associações com ácido hialurônico (AH) e CaHA mostraram resultados limitados, com efeito adjuvante apenas discreto, sem alcançar o desempenho das terapias líderes. Já os protocolos envolvendo ATA, isolado ou combinado, evidenciaram perfil paradoxal: redução global da densidade celular, mas presença de fibroblastos ativados e aumento de matriz extracelular, sugerindo um remodelamento seletivo com custo celular.

O mapa de calor (Figura 1) reforça como combinação Endolaser + CO₂ em jovens e os fios espiculados de PDO se destacaram como os protocolos mais consistentes. O CO₂ isolado apresentou efeito intermediário, dependente da dose. Já as intervenções com ATA, CaHA e AH mostraram desempenho reduzido, confirmando efeito limitado ou seletivo.

Figura 1. Mapa de calor para avaliação de – Z-score (escala fixa ± 2)



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

CONCLUSÃO

O presente estudo teve por objetivo a análise de intervenções que objetivam causar rejuvenescimento dérmico a fim de identificar qual protocolo tem maior potencial para tal fim. Dessa forma, evidenciou-se que a resposta dérmica frente às diferentes intervenções avaliadas apresenta forte dependência do tipo de protocolo e da condição tecidual.

Conclui-se que a combinação de Endolaser 1470 nm + CO₂ em tecidos jovens foi a intervenção mais eficaz, seguida pelos fios espiculados de PDO. O CO₂ isolado apresentou efeito intermediário e dose-dependente, enquanto CaHA e AH mostraram benefício limitado. O ATA, isolado ou em combinação, reduziu a celularidade global, mas estimulou fibroblastos e matriz extracelular, indicando remodelamento seletivo. A idade do tecido modulou significativamente a resposta, com desempenho superior em

amostras jovens. Por fim, vale ressaltar a necessidade de estudos futuros com maior quantitativo de amostras para uma análise mais robusta em torno de cada protocolo de intervenção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ¹ ABERGEL, R. P. et al. Nonthermal Effects of Nd:YAG Laser on Biological Functions of Human Skin Fibroblasts in Culture. **Lasers in surgery and medicine**, v. 3, n. 4, p. 279–284, 1 jan. 1984
- ² OLBRICHT, S. M. et al. Complications of cutaneous laser surgery. A survey. **Archives of dermatology**, v. 123, n. 3, p. 345–9, mar. 1987.
- ³ JEWELL, M. L. et al. Randomized Sham-Controlled Trial to Evaluate the Safety and Effectiveness of a High-Intensity Focused Ultrasound Device for Noninvasive Body Sculpting. **Plastic and Reconstructive Surgery**, v. 128, n. 1, p. 253–262, jul. 2011.
- ⁴ FRANCK MARIE LECLÈRE et al. Laser assisted lipolysis for neck and submental remodeling in Rohrich type I to III aging neck: A prospective study in 30 patients. *Journal of Cosmetic and Laser Therapy*, v. 16, n. 6, p. 284–289, 19 set. 2014.
- ⁵ MATEUS, A.; PALERMO, E. *Cosmiatria e laser: prática no consultório médico*. São Paulo: AC. Farmacêutica, 2015.
- ⁶ ANSARI, M. A.; MOHSEN ERFANZADEH; EZEDDIN MOHAJERANI. Mechanisms of Laser-Tissue Interaction: II. Tissue Thermal Properties. **Journal of Lasers in Medical Sciences**, v. 4, n. 3, p. 99, 2025.
- ⁷ BOIXEDA, P.; CALVO, M.; LOREA BAGAZGOITIA. Recent Advances in Laser Therapy and Other Technologies. 1 jan. 2008.
- ⁸ HAYKAL, D. et al. Advancements in laser technologies for skin rejuvenation: A comprehensive review of efficacy and safety. **Journal of Cosmetic Dermatology**, v. 23, n. 10, 19 ago. 2024.
- ⁹ SILVA et al. LASERTERAPIA DE BAIXA INTENSIDADE NO TRATAMENTO DE FERIDAS: uma revisão integrativa de literatura. **Revista Enfermagem Atual In Derme**, v. 97, n. 3, p. e023004–e023004, 20 jul. 2023.
- ¹⁰ Lasers Industriais Tamanho do Mercado | Mordor Intelligence. Disponível em: <<https://www.mordorintelligence.com/pt/industry-reports/industrial-lasers-market>>. Acesso em: 5 set. 2025.
- ¹¹ CAMPOS, J. H.; BORGAS DE GOES CAVALCANTE, N.; MARTINS DE SOUZA, D. Lipoplastia submentoniana para rejuvenescimento cervical. **Aesthetic Orofacial Science**, v. 3, n. 1, p. 84–94, 15 mar. 2022.
- ¹² ROMAGNOLI, I. et al. COLORAÇÕES ESPECIAIS COMO FACILITADORES NO APRENDIZADO DA HISTOLOGIA. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <https://cti.ufpel.edu.br/siiepe/arquivos/2022/G1_05654.pdf>..
- ¹³ ALTSHULER, G. B. et al. Extended theory of selective photothermolysis. **Lasers in Surgery and Medicine**, v. 29, n. 5, p. 416–432, 2001.