

**LASER DE CO₂
FRACIONADO EM
MODALIDADE
MICROCORING TÉRMICO
PARA FOTOTIPOS III, V IV E
VI EM POPULAÇÕES
MISCIGENADAS DE PAÍSES
TROPICAIS**

**FRACTIONAL CO₂ LASER IN THERMAL MICROCORING MODE FOR
PHOTOTYPES III, V, IV, AND VI IN MIXED-RACE POPULATIONS FROM
TROPICAL COUNTRIES**

Ciências da Saúde • 01/05/2026

REGISTRO DOI: [10.70773/revistatopicos/777514460](https://doi.org/10.70773/revistatopicos/777514460)

Cristiane Boneta¹

Daniela Baptistini Moleiro²

Carlos Ruiz da Silva³

Kerolin Lima da Silva⁴

Aldrey Coelho de Oliveira⁵

Rebeca Buitgnon Galdeano Araujo⁶

Felicia Cadenas de Paiva Bueno⁷

RESUMO

O laser de CO₂ fracionado (10.600 nm) é uma tecnologia eficaz para resurfacing e remodelação dérmica, porém seu uso em fototipos elevados (III–VI) é limitado pelo maior risco de hiperpigmentação pós-inflamatória. Considerando a realidade de países tropicais e populações miscigenadas, o artigo discute uma abordagem técnica de baixa carga térmica com distribuição controlada das zonas microtérmicas de tratamento (MTZ), descrita como microcoring térmico fracionado, visando reduzir inflamação e downtime. São detalhados pontos-chave do procedimento e do preparo cutâneo, incluindo higienização, anestesia tópica e associação de drug delivery assistido por laser com ativos antioxidantes e moduladores da melanogênese. A sistematização busca aumentar a segurança e a previsibilidade do CO₂ fracionado em pele pigmentada, especialmente em contextos tropicais. **Objetivo:** Descrever e discutir um protocolo de aplicação do laser de CO₂ fracionado com parâmetros conservadores (baixa carga térmica e controle das MTZ) em fototipos III, IV, V e VI, associado a estratégias de blindagem pigmentária. **Conclusão:** Parâmetros de baixa carga térmica, maior espaçamento entre MTZ e limitação de sobreposição, aliados a blindagem pigmentária em três fases e manejo pós-laser, tendem a reduzir inflamação e risco de hiperpigmentação pós-inflamatória em fototipos elevados. A proposta amplia a aplicabilidade clínica do CO₂ fracionado em populações miscigenadas, embora sejam desejáveis estudos controlados para fortalecer a padronização e a validação dos resultados.

Palavras-chave: Laser de CO₂; pele negra; fototipo alto; hiperpigmentação pós-inflamatória; microcoring.

ABSTRACT

Fractional CO₂ laser (10,600 nm) is an effective technology for

resurfacing and dermal remodeling; however, its use in higher phototypes (III–VI) is limited by the increased risk of post-inflammatory hyperpigmentation. Considering the reality of tropical countries and mixed-ethnicity populations, the article discusses a low thermal-load technical approach with controlled distribution of microthermal treatment zones (MTZ), described as fractional thermal microcoring, aiming to reduce inflammation and downtime. Key procedural and skin-preparation steps are detailed, including cleansing, topical anesthesia, and the use of laser-assisted drug delivery with antioxidant agents and melanogenesis modulators. This systematized approach seeks to improve the safety and predictability of fractional CO₂ laser in pigmented skin, especially in tropical settings. **Objective:** To describe and discuss a protocol for fractional CO₂ laser treatment using conservative parameters (low thermal load and MTZ control) in phototypes III, IV, V, and VI, combined with pigment-shielding strategies. **Conclusion:** Low thermal-load settings, wider MTZ spacing, and limited overlap, together with a three-phase pigment-shielding protocol and post-laser care, may reduce inflammation and the risk of post-inflammatory hyperpigmentation in higher phototypes. This approach broadens the clinical applicability of fractional CO₂ laser in mixed-ethnicity populations, although controlled studies are desirable to strengthen standardization and validate outcomes. **Keywords:** CO₂ laser; black skin; higher phototypes; post-inflammatory hyperpigmentation; microcoring.

1. INTRODUÇÃO

O uso de tecnologias baseadas em energia na dermatologia e na medicina estética tem se consolidado como uma das estratégias mais eficazes para o tratamento do fotoenvelhecimento cutâneo,

cicatrizes, discromias e melhora global da qualidade da pele. Entre essas tecnologias, o laser de dióxido de carbono fracionado (CO₂ – 10.600 nm) destaca-se pela sua capacidade de promover ablação controlada da epiderme e remodelação dérmica através da indução de colunas microscópicas de dano térmico, conhecidas como zonas microtérmicas de tratamento (MTZ – *Microthermal Treatment Zones*), preservando áreas de tecido íntegro adjacente que favorecem a rápida reepitelização e a regeneração cutânea (MANSTEIN et al., 2004).

Historicamente, entretanto, a utilização de lasers ablativos em pacientes com fototipos cutâneos elevados foi considerada uma contraindicação relativa na prática clínica. Essa restrição decorre principalmente do maior risco de complicações pigmentares, sobretudo hiperpigmentação pós-inflamatória, condição frequentemente observada em indivíduos com maior atividade melanocítica basal e maior densidade de melanossomas na epiderme. Nesse contexto, pacientes classificados nos fototipos III, IV, V e VI da escala de Fitzpatrick apresentam maior suscetibilidade a alterações pigmentares após procedimentos que induzem inflamação cutânea significativa.

No Brasil, a denominação ‘Microcoring’ é frequentemente utilizada de forma comercial para designar o modo superficial do laser de CO₂ fracionado, caracterizado por lesões mais amplas e rasas com ação predominantemente epidérmica e na derme papilar, favorecendo rápida reepitelização e menor downtime. Entretanto, o termo ‘microcoring’ originalmente se refere a uma técnica distinta, não baseada em laser, de extração de microfragmentos de pele, o que reforça a necessidade de padronização terminológica e de protocolos reprodutíveis.” (BORGES et al., 2026).

Essa preocupação torna-se particularmente relevante em países tropicais e de grande diversidade étnica, como o Brasil. A população brasileira caracteriza-se por elevado grau de miscigenação resultante da interação histórica entre populações europeias, africanas e indígenas, originando uma ampla variabilidade fenotípica cutânea. Dados do censo demográfico indicam que aproximadamente 56,7% da população brasileira se autodeclara como pardo e preto, categoria frequentemente associada a indivíduos de ancestralidade mista.(IBGE, 2022).

Além disso, estudos epidemiológicos realizados em populações brasileiras demonstram uma predominância significativa de fototipos intermediários e altos. Em avaliações dermatológicas utilizando a classificação de Fitzpatrick, observa-se que fototipos III e IV podem representar cerca de 70% dos indivíduos avaliados, enquanto fototipos V e VI, embora menos frequentes, constituem um grupo clínico relevante na prática dermatológica (HEXSEL et al., 2014).

Em algumas regiões tropicais do país, especialmente em áreas com forte influência afrodescendente e indígena, a proporção de indivíduos com fototipos elevados pode ser ainda mais significativa. Estudos populacionais conduzidos na região amazônica demonstraram que aproximadamente metade da população apresenta fototipos classificados como V e VI, considerados fototipos melanoprotetores .

Sendo censo IBGE 2022 podemos constatar que na região no nordeste a proporção fica mais expressiva tendo 88% do somatório (pretos e pardos) (IBGE, 2022).

Apesar dessa realidade epidemiológica, muitos protocolos tecnológicos utilizados na dermatologia estética foram inicialmente desenvolvidos e validados predominantemente em populações caucasianas, o que historicamente levou à exclusão ou sub-representação de pacientes com pele mais pigmentada em estudos clínicos e protocolos terapêuticos. Conseqüentemente, profissionais que atuam em países tropicais frequentemente enfrentam limitações na aplicação de determinadas tecnologias em pacientes com fototipos elevados, não necessariamente por ausência de eficácia, mas devido à escassez de protocolos de segurança bem estabelecidos para esse grupo populacional.

Nos últimos anos, entretanto, avanços tecnológicos nas plataformas de laser fracionado e o aprimoramento do conhecimento sobre parâmetros físicos e interações tecido-laser permitiram o desenvolvimento de abordagens mais seguras para esses pacientes. A utilização de densidades menores de disparo, maior espaçamento entre as zonas microtérmicas de tratamento, comprimentos de pulso reduzidos e menor carga energética total possibilita reduzir significativamente o tempo de permanência térmica no tecido e, conseqüentemente, minimizar a resposta inflamatória cutânea.

Dentro desse contexto, estratégias terapêuticas baseadas em microcolunas ablativas mais finas e espaçadas frequentemente descritas como modalidades de microcoring térmico fracionado emergem como uma alternativa promissora para a realização segura de *resurfacing* cutâneo em pacientes com fototipos elevados. A associação dessas estratégias com protocolos de preparo cutâneo e abordagens complementares, incluindo técnicas de *drug delivery* assistido por laser, pode contribuir adicionalmente para modular a resposta inflamatória, reduzir o risco de hiperpigmentação pós-

inflamatória e ampliar a aplicabilidade clínica do laser de CO₂ fracionado em populações miscigenadas.

Diante da elevada diversidade fenotípica cutânea observada em países tropicais e da crescente demanda por tratamentos tecnológicos seguros para pele negra e pele mista, torna-se fundamental investigar e descrever protocolos terapêuticos que considerem as particularidades biológicas desses pacientes. Assim, o presente estudo propõe discutir a aplicação do laser de CO₂ fracionado utilizando parâmetros de baixa carga térmica e distribuição controlada de zonas microtérmicas de tratamento, visando ampliar a segurança e a eficácia dessa tecnologia em pacientes com fototipos III, IV, V e VI.

2. LASER FRACIONADO EM FOTOTIPO III, IV, V E VI

O uso de tecnologias baseadas em energia para o rejuvenescimento cutâneo e tratamento de disfunções estéticas tem avançado significativamente nas últimas décadas, ampliando as possibilidades terapêuticas na dermatologia e na medicina estética. Entre essas tecnologias, o Laser de CO₂ fracionado permanece como uma das modalidades mais eficazes para indução de remodelação dérmica, estímulo de neocolagênese e melhora global da textura cutânea (MANSTEIN et al., 2004).

Entretanto, apesar da ampla eficácia dessa tecnologia, sua aplicação em pacientes com fototipos elevados permanece limitada na prática clínica. Indivíduos classificados nos fototipos III, IV, V e VI da Escala de Fitzpatrick apresentam maior atividade melanocítica basal e maior capacidade de resposta inflamatória cutânea, fatores que aumentam significativamente o risco de desenvolvimento de

Hiperpigmentação Pós Inflamatória após procedimentos ablativos ou inflamatórios (ALEXIS; SERGAY; TAYLOR, 2019).

Essa limitação torna-se particularmente relevante em países tropicais, como o Brasil, caracterizados por grande diversidade étnica e elevado grau de miscigenação populacional. Dados demográficos indicam que uma parcela significativa da população brasileira apresenta fototipos intermediários a elevados, o que torna essencial o desenvolvimento de protocolos terapêuticos seguros e adaptados às características biológicas da pele pigmentada (HEXSEL et al., 2014; IBGE, 2022).

Historicamente, muitos protocolos de resurfacing cutâneo foram desenvolvidos e validados predominantemente em populações caucasianas, o que resultou em lacunas científicas relacionadas à segurança e eficácia dessas tecnologias em pacientes com maior densidade de melanina epidérmica. Essa lacuna tem contribuído para uma abordagem excessivamente conservadora ou até mesmo para a exclusão desses pacientes de tratamentos tecnológicos potencialmente benéficos (ALEXIS; SERGAY; TAYLOR, 2019).

Modos superficiais do CO₂ fracionado, ao restringirem a penetração e ampliarem a velocidade de reepitelização, são propostos como estratégia para reduzir agressividade e downtime.” (BORGES et al., 2026).

Nos últimos anos, avanços no entendimento da interação entre laser e tecido cutâneo permitiram o desenvolvimento de estratégias técnicas que reduzem significativamente a carga térmica entregue ao tecido. Entre essas estratégias destacam-se a redução da densidade de disparos, o aumento do espaçamento entre as zonas

microtêrmicas de tratamento, o uso de comprimentos de pulso mais curtos e a aplicação de energias mais baixas, parâmetros que diminuem o tempo de permanência térmica no tecido e reduzem a intensidade da resposta inflamatória cutânea (MANSTEIN et al., 2004; HANTASH et al., 2007).

Além do ajuste adequado dos parâmetros físicos do laser, o preparo cutâneo pré-procedimento e o manejo terapêutico pós-laser têm sido reconhecidos como elementos fundamentais na prevenção de complicações pigmentares. Protocolos que utilizam ativos moduladores da melanogênese, antioxidantes e agentes anti-inflamatórios podem atuar na chamada “blindagem pigmentária”, reduzindo a ativação melanocítica induzida pelo processo inflamatório desencadeado pelo procedimento (GRIMES, 2013).

Entre esses ativos destacam-se substâncias despigmentantes clássicas e contemporâneas, bem como compostos antioxidantes e moduladores da inflamação cutânea, que podem ser utilizados tanto em protocolos de preparo da pele quanto em estratégias de *drug delivery* assistido por laser, potencializando a penetração transdérmica de ativos terapêuticos através das microcolunas térmicas formadas durante o procedimento.

Dessa forma, torna-se relevante investigar e descrever protocolos que integrem três pilares fundamentais para a segurança do tratamento em fototipos elevados:

1. ajuste técnico adequado dos parâmetros do laser para redução da carga térmica;
2. a preparação cutânea com ativos moduladores da melanogênese;

3. o manejo adequado da resposta inflamatória e da pigmentação no período pós-procedimento.

Nesse contexto, o presente estudo propõe descrever um protocolo clínico baseado na utilização do laser de CO₂ fracionado com parâmetros de baixa densidade térmica, associado a estratégias farmacológicas de blindagem da pigmentação e manejo da hiperpigmentação pós-procedimento. A sistematização dessa abordagem busca contribuir para a ampliação da segurança e da previsibilidade dos tratamentos de resurfacing em pacientes com fototipos III, IV, V e VI, especialmente em populações miscigenadas de países tropicais.

3. TÉCNICA DO LASER DE CO2

O protocolo descrito neste estudo baseia-se na aplicação do Laser de CO₂ fracionado utilizando parâmetros de baixa carga térmica, com distribuição controlada das zonas microtérmicas de tratamento (MTZ), visando reduzir o risco de complicações pigmentares em pacientes com fototipos elevados.

A tecnologia de laser de dióxido de carbono opera em comprimento de onda de 10.600 nm, altamente absorvido pela água presente nos tecidos cutâneos. Essa característica permite promover ablação epidérmica controlada associada a dano térmico dérmico, desencadeando uma cascata biológica de regeneração tecidual e remodelação do colágeno (MANSTEIN et al., 2004).

Na modalidade fracionada, o feixe de energia é distribuído em múltiplas colunas microscópicas de dano térmico, denominadas zonas microtérmicas de tratamento (*Microthermal Treatment Zones – MTZ*), intercaladas por áreas de tecido íntegro. Essa configuração

permite uma rápida reepitelização a partir das estruturas anexiais preservadas, reduzindo o tempo de recuperação e minimizando o risco de efeitos adversos (HANTASH et al., 2007).

No presente protocolo, a estratégia técnica prioriza a redução da carga térmica total entregue ao tecido cutâneo. Para isso, são adotados parâmetros caracterizados por menor densidade de disparos, maior espaçamento entre as MTZ, menor energia por ponto e comprimentos de pulso reduzidos. Essa combinação de parâmetros diminui o tempo de permanência térmica no tecido, reduzindo a intensidade da resposta inflamatória e, conseqüentemente, o estímulo melanocítico associado ao processo inflamatório.



Imagem 1: Interface do equipamento de laser de CO₂ fracionado na modalidade deep demonstrando os parâmetros operacionais utilizados no protocolo do paciente 1, incluindo energia ajustada em 21 mJ, modo de emissão contínuo por toda a face, espaçamento intercolunar entre pontos de 2,5 mm e configuração de distribuição das zonas microtérmicas randomizadas.



Imagem 2: Painel de controle do laser de CO₂ fracionado na modalidade deep evidenciando configuração com aplicação pontual, demonstrando parâmetros operacionais utilizados no paciente 1 com energia de 21 mJ por ponto, espaçamento intercolunar entre os pontos de 2,0 mm, padrão de disparo randomizado. Apresenta 40 pontos por ciclo, permitindo controle preciso da densidade e da carga térmica total aplicada ao tecido.

A abordagem pode ser descrita como uma modalidade de microcoring térmico fracionado, na qual as colunas ablativas apresentam menor diâmetro e maior espaçamento entre si. Essa configuração promove uma ablação epidérmica mais controlada e superficial, preservando uma proporção maior de tecido íntegro entre as zonas tratadas, o que favorece uma recuperação cutânea mais rápida e reduz a probabilidade de hiperpigmentação pós-inflamatória.

Durante o procedimento, os disparos são distribuídos de forma homogênea sobre a área tratada, respeitando a anatomia cutânea e evitando sobreposição excessiva de energia. A densidade de tratamento é ajustada de forma conservadora, priorizando a uniformidade das zonas microtérmicas e evitando acúmulo térmico em regiões específicas.

O controle da energia (joules) é realizado de forma progressiva e individualizada, considerando fatores como espessura cutânea, grau de fotoenvelhecimento, presença de discromias e histórico prévio de resposta inflamatória da pele do paciente. Em pacientes com fototipos elevados, recomenda-se a utilização de energias mais baixas associadas a maior espaçamento entre as colunas térmicas, estratégia que reduz significativamente o risco de ativação melanocítica exacerbada.

Outro elemento importante do protocolo é a limitação do número de passadas sobre a mesma área, evitando sobreposição térmica que possa aumentar o risco de inflamação intensa e subsequente hiperpigmentação. Dessa forma, o tratamento é realizado com abordagem uniforme e controlada, priorizando segurança biológica em detrimento de agressividade térmica.

A aplicação do laser promove microcanais térmicos que podem também atuar como vias de permeação transdérmica para ativos farmacológicos, permitindo a associação com estratégias de *Drug Delivery* Assistido por Laser. Essa abordagem possibilita a penetração de substâncias moduladoras da inflamação e da melanogênese diretamente nas camadas cutâneas tratadas, contribuindo para o controle da resposta inflamatória e para a prevenção de alterações pigmentares.

Dessa forma, a técnica proposta integra três elementos principais: controle da carga térmica através da modulação dos parâmetros físicos do laser, preservação tecidual proporcionada pela modalidade fracionada e associação com estratégias farmacológicas direcionadas à modulação da resposta inflamatória e da atividade melanocítica.

Essa abordagem busca ampliar a segurança da aplicação do laser de CO₂ fracionado em pacientes com fototipos elevados, especialmente em populações miscigenadas de países tropicais, nas quais a incidência de hiperpigmentação pós-inflamatória representa uma das principais preocupações clínicas no uso de tecnologias ablativas.

3.1. Técnica de Preparação para Aplicação do Protocolo

Inicialmente, realizou-se a higienização completa da face com mousse de limpeza contendo ácido glicólico, vitamina C, ácido gálico e ácido elágico, com o objetivo de promover limpeza eficaz, remoção de impurezas, leve ação queratolítica e preparo adequado da pele para o procedimento.

Em seguida, foi realizado registro fotográfico padronizado em alta resolução, seguindo protocolos rigorosos de posicionamento, iluminação e angulação, garantindo reprodutibilidade das imagens ao longo das diferentes etapas do tratamento.



Imagem 3: Registro fotográfico em posição frontal, paciente com olhar direcionado ao plano horizontal, expressão facial neutra e lábios em repouso. A imagem foi obtida com padronização de iluminação, distância e enquadramento, permitindo avaliação global da simetria facial.



Imagem 4: Registro fotográfico em incidência oblíqua (45°), lado direito e esquerdo com o paciente em expressão facial neutra e posicionamento padronizado. Esta projeção evidencia a transição entre os planos faciais, permitindo análise mais acurada do relevo cutâneo, contornos anatômicos e irregularidades superficiais, bem como a identificação de alterações de textura e possíveis disfunções pigmentares.



Imagem 5: Registro fotográfico em perfil (90°), lado direito e esquerdo com adequado alinhamento, paciente em posicionamento padronizado e expressão neutra. Esta incidência possibilita avaliação detalhada do contorno facial, projeção das estruturas anatômicas e análise da profundidade de sulcos e irregularidades cutâneas, sendo fundamental para a observação de alterações estruturais e resposta tecidual ao tratamento.

Adicionalmente, foi submetido à análise cutânea por meio do sistema de um Analisador que integra recursos de inteligência artificial com 8 espectros de luz diferentes para avaliação quantitativa e qualitativa da pele em 17 pontos. O equipamento permite a mensuração objetiva de parâmetros como textura cutânea, uniformidade do relevo, distribuição de pigmentação, tamanho de poros e alterações relacionadas ao fotoenvelhecimento.



Imagem 6: aparelho de análise facial com uso de inteligência artificial Optcare



Imagem 7: Paciente realizando a análise facial com o aparelho Optcare

A avaliação cutânea deste estudo foi realizada por meio de um sistema digital de análise facial baseado em inteligência artificial, que utiliza captura de imagens em alta resolução associada à tecnologia de análise multiespectral. O equipamento realiza aquisição padronizada em diferentes ângulos faciais (frontal, lateral direita e lateral esquerda), com o uso de múltiplas fontes de luz, como luz branca, polarizada, ultravioleta e espectros combinados, permitindo uma análise abrangente das estruturas epidérmicas e dérmicas.

O sistema é capaz de avaliar, de forma objetiva e quantitativa, múltiplos parâmetros cutâneos, incluindo textura, manchas superficiais e profundas, poros, rugas, linhas finas, flacidez, oleosidade, hidratação, elasticidade, sensibilidade, eritema, vascularização, presença de porfirinas, acne, integridade da barreira cutânea e uniformidade do tom da pele, totalizando dezessete indicadores clínicos relevantes para a caracterização do estado cutâneo.

A integração de algoritmos de aprendizado de máquina e inteligência artificial permite a interpretação automatizada das imagens, promovendo maior acurácia diagnóstica, reprodutibilidade dos dados e redução da subjetividade inerente à avaliação clínica tradicional. Além disso, o sistema possibilita o acompanhamento evolutivo do paciente por meio da comparação longitudinal das imagens e dos parâmetros analisados, contribuindo para a individualização dos protocolos terapêuticos.

Tais achados estão em consonância com a literatura, que descreve que sistemas digitais baseados em inteligência artificial e análise multiespectral representam uma ferramenta eficaz na prática

clínica, promovendo maior precisão diagnóstica, padronização das avaliações e personalização do tratamento estético (MOLEIRO et al., 2025)



Imagem 8: Mapeamento de pigmentação superficial obtido pelo Analisador facial cutâneo por inteligência artificial. A imagem evidencia distribuição irregular de pigmentação epidérmica, com predomínio em regiões fotoexpostas. A segmentação automatizada da face permite análise quantitativa regional, contribuindo para o planejamento terapêutico e monitoramento da resposta ao tratamento.

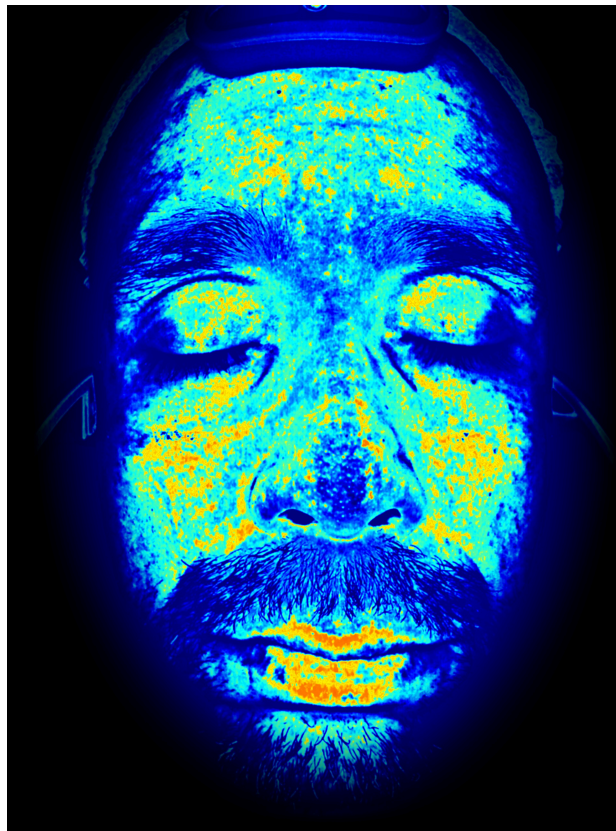


Imagem 9: Análise de sensibilidade térmica cutânea realizada pelo Analisador Facial Cutâneo por inteligência artificial. O mapeamento espectral evidencia áreas de maior reatividade cutânea, representadas por cores de maior intensidade, sugerindo maior suscetibilidade a processos inflamatórios. Essa avaliação auxilia na identificação de regiões com potencial risco aumentado para resposta inflamatória exacerbada e hiperpigmentação pós-inflamatória após procedimentos ablativos.

A utilização de algoritmos de inteligência artificial possibilita a comparação padronizada entre imagens obtidas em diferentes momentos do protocolo, minimizando vieses observacionais inerentes à avaliação clínica subjetiva. Dessa forma, o sistema realiza análise comparativa da evolução cutânea, identificando variações sutis na pigmentação, textura e qualidade da pele, que muitas vezes não são facilmente perceptíveis à inspeção visual isolada.

Essa abordagem contribui para maior precisão na avaliação dos desfechos clínicos, permitindo monitoramento mais confiável da resposta terapêutica ao laser de CO₂ fracionado, especialmente em pacientes com fototipos altos, nos quais pequenas alterações pigmentares possuem relevância clínica significativa.

Além disso, a análise assistida por inteligência artificial auxilia na padronização dos critérios de avaliação, favorecendo maior reprodutibilidade dos resultados e fortalecendo a consistência metodológica do estudo.

Em seguida, procedeu-se à anestesia tópica utilizando formulação composta sugerida por lidocaína base a 7%, tetracaína cloridrato a 7% e epinefrina a 0,1%, veiculadas em creme de alta permeação cutânea. O anestésico foi aplicado em camada uniforme sobre toda a área a ser tratada, permanecendo por aproximadamente 30 minutos. Após o tempo de ação, o produto foi completamente removido, seguido de antissepsia da pele.

A utilização da anestesia tópica teve como finalidade proporcionar maior conforto ao paciente durante o procedimento, além de contribuir para a redução do sangramento local devido à ação vasoconstritora da epinefrina, sem interferir na interação físico-térmica entre o laser e o tecido cutâneo.

Na sequência, iniciou-se a aplicação do laser de CO₂ fracionado, conforme as técnicas e parâmetros descritos neste estudo, com distribuição homogênea das zonas microtérmicas de tratamento e rigoroso controle da carga térmica tecidual.

Imediatamente após o procedimento, foi realizada estratégia de drug delivery assistido por laser, utilizando formulação contendo

vitamina C pura, ácido ferúlico, ácido tranexâmico, ácido hialurônico e fatores de crescimento, com o objetivo de modular a resposta inflamatória, promover ação antioxidante e auxiliar no controle da melanogênese.

Ao término, realizou-se a finalização com aplicação de sérum renovador contendo ácido mandélico, retinol A, ativos nanoencapsulados e polifenóis, visando potencializar a regeneração cutânea, otimizar os resultados clínicos e contribuir para a estabilidade pigmentária no período pós-procedimento.

A lógica clínica de utilizar modos superficiais está associada à re-epitelização rápida e menor downtime quando adequadamente parametrizados.” (BORGES et al., 2026).

3.2. Avaliação Clínica e Refistro Evolutivo

Após as sessões propostas, os pacientes apresentaram melhora clínica global da pele tratada, evidenciada por resposta favorável em parâmetros pigmentares, estruturais e texturais. No caso 1, observou-se redução aproximada de 20% da hiperpigmentação periocular, além de melhora da qualidade cutânea da região e melhora significativa em rugas finas área periarticular dos olhos.

No caso 2, foi identificada redução em torno de 50% da hiperpigmentação pós-inflamatória de origem pós-traumática, indicando resposta satisfatória do protocolo na modulação das discromias.

Em ambos os casos, verificou-se melhora da textura cutânea, com aparente refinamento do relevo da pele, diminuição da visibilidade dos poros, aumento da densidade tecidual e melhora do aspecto

geral de hidratação cutânea. Esses achados sugerem que o laser de CO₂ fracionado, quando utilizado com parâmetros controlados e associado a manejo adequado da resposta inflamatória, pode contribuir não apenas para melhora funcional e estética da pele pigmentada, mas também na remodelação tecidual.



Imagem 10: Comparativo antes e após o tratamento a laser de co2 fracionado, temos a foto comparativa do lado direito da face em angulo de 45° o resultado após 1 sessão de acompanhamento com o intervalo de 30 dias.



Imagem 11: Comparativo antes e após o tratamento a laser de co2 fracionado, temos a foto comparativa do lado esquerdo da face em angulo de 45° o resultado após 1 sessão de acompanhamento com o intervalo de 30 dias.



Imagem 12: Comparativo antes e após o tratamento a laser de co2 fracionado, temos a foto comparativa face em angulo frontal o resultado após 1 sessão de acompanhamento com o intervalo de 30 dias.



Imagem 13: Comparativo antes e após o tratamento a laser de co2 fracionado, temos a foto comparativa face em angulo frontal o resultado após 1 sessão de acompanhamento com o intervalo de 30 dias.



Imagem 14: Comparativo antes e após o tratamento a laser de co2 fracionado, temos a foto comparativa do lado direito da face em angulo de 45° o resultado após 1 sessão de acompanhamento com o intervalo de 30 dias.



Imagem 15: Comparativo antes e após o tratamento a laser de co2 fracionado, temos a foto comparativa do lado esquerdo da face em angulo de 45° o resultado após 1 sessão de acompanhamento com o intervalo de 30 dias.



Figura 16: Comparativo antes e após o tratamento a laser de co2 fracionado. À esquerda, temos a foto inicial antes da aplicação e à direita, o resultado após 3 sessões de acompanhamento com o intervalo entre as sessões de 30 dias.



Figura 17: Comparativo antes e após o tratamento a laser de co2 fracionado. À esquerda, temos a foto inicial antes da aplicação e à direita , o resultado após 3 sessões de acompanhamento com o intervalo entre as sessões de 30 dias.



Figura 18: Comparativo antes e após o tratamento a laser de co2 fracionado. À esquerda, temos a foto inicial antes da aplicação e à direita, o resultado após 6 sessões de acompanhamento com o intervalo entre as sessões de 30 dias.

4. MODALIDADE MICROCORING HÍBRIDO E COMPARAÇÃO COM O LASER DE CO₂ FRACIONADO CONVENCIONAL

O desenvolvimento de tecnologias ablativas fracionadas trouxe avanços significativos na dermatologia estética ao permitir a indução controlada de remodelação cutânea com menor tempo de recuperação quando comparado aos lasers ablativos tradicionais. O Laser de CO₂ fracionado atua por meio da criação de múltiplas colunas microscópicas de ablação térmica conhecidas como *Microthermal Treatment Zones* (MTZ), intercaladas por áreas de tecido intacto que funcionam como reservatórios celulares para a rápida regeneração epidérmica (MANSTEIN et al., 2004).

No modo fracionado convencional, cada disparo gera uma coluna de ablação epidérmica associada a um halo de coagulação térmica periférica na derme. Esse halo térmico desempenha papel importante na contração tecidual e no estímulo à neocolagênese, porém também está diretamente relacionado à intensidade da resposta inflamatória induzida pelo procedimento (HANTASH et al., 2007).

Em pacientes com fototipos elevados, classificados nos fototipos III, IV, V e VI da Escala de Fitzpatrick, a resposta inflamatória exacerbada pode estimular a atividade melanocítica e desencadear Hiperpigmentação Pós-Inflamatória, uma das complicações mais frequentemente associadas a procedimentos ablativos em pele pigmentada (ALEXIS; SERGAY; TAYLOR, 2019).

Com o objetivo de reduzir essa carga térmica tecidual e ampliar a segurança do procedimento, novas estratégias tecnológicas passaram a incorporar abordagens híbridas, nas quais diferentes padrões de interação laser-tecido são combinados no mesmo protocolo terapêutico. Entre essas estratégias destaca-se a modalidade conhecida como *microcoring* térmico fracionado.

O conceito de *microcoring* baseia-se na criação de microcolunas ablativas mais finas e profundas, com menor diâmetro e maior espaçamento entre as zonas tratadas. Essa abordagem permite a remoção microscópica de pequenas frações do tecido cutâneo com menor difusão lateral de calor, reduzindo o halo de coagulação térmica e, conseqüentemente, a intensidade da resposta inflamatória local.

Na prática clínica, o modo híbrido pode combinar disparos ablativos fracionados convencionais com microcolunas de menor diâmetro e menor carga térmica, distribuídas de forma mais espaçada. Essa configuração promove remodelação dérmica e estímulo de colágeno preservando maior proporção de tecido íntegro entre as zonas tratadas.

Comparativamente ao modo fracionado convencional, a modalidade híbrida apresenta algumas características técnicas relevantes:

4.1. Laser Co₂ Fracionado Convencional

- colunas térmicas com maior diâmetro
- maior halo de coagulação térmica
- maior carga inflamatória tecidual
- maior risco de alterações pigmentares em fototipos altos

4.2. Modalidade Microcoring Híbrido

- microcolunas ablativas mais finas

- menor difusão térmica lateral
- maior espaçamento entre as zonas tratadas
- menor intensidade inflamatória
- maior preservação do tecido adjacente

Do ponto de vista fisiológico, a redução da carga térmica total e da inflamação cutânea desempenha papel fundamental na prevenção da ativação melanocítica pós-procedimento. Esse aspecto torna-se especialmente relevante em pacientes com maior densidade de melanina epidérmica, nos quais pequenas variações na intensidade da resposta inflamatória podem resultar em alterações pigmentares clinicamente significativas.

Além disso, a criação de microcanais térmicos por meio dessas colunas ablativas pode favorecer a permeação transdérmica de ativos farmacológicos quando associada a estratégias de *Drug Delivery* Assistido por Laser, permitindo a entrega direcionada de substâncias moduladoras da inflamação e da melanogênese diretamente nas camadas cutâneas tratadas.

Dessa forma, a combinação da modalidade *microcoring* com parâmetros conservadores de energia e densidade representa uma estratégia promissora para ampliar a segurança da aplicação do laser de CO₂ em pacientes com fototipos elevados, especialmente em populações miscigenadas de países tropicais, onde a demanda por tratamentos tecnológicos seguros para pele pigmentada é crescente.

5. BLINDAGEM PIGMENTÁRIA E MANEJO DA HIPERPIGMENTAÇÃO PÓS-LASER EM FOTOTIPOS ELEVADOS

A ocorrência de Hiperpigmentação Pós-Inflamatória representa uma das principais complicações associadas ao uso de tecnologias ablativas em pacientes com fototipos elevados. Esse fenômeno está diretamente relacionado à ativação melanocítica secundária ao processo inflamatório induzido pelo procedimento, resultando em aumento da síntese e transferência de melanina para os queratinócitos epidérmicos (GRIMES, 2013).

Em indivíduos classificados nos fototipos III, IV, V e VI da Escala de Fitzpatrick, o melanócito apresenta maior atividade basal e maior capacidade de resposta a estímulos inflamatórios, hormonais e térmicos. Como consequência, procedimentos que induzem inflamação cutânea intensa podem desencadear uma resposta melanogênica exacerbada, levando ao desenvolvimento de hiperpigmentação persistente (ALEXIS; SERGAY; TAYLOR, 2019).

Nesse contexto, o manejo da pigmentação em procedimentos com tecnologias ablativas deve ser compreendido como um processo multifatorial que envolve não apenas o tratamento da hiperpigmentação já estabelecida, mas principalmente estratégias preventivas de .

A blindagem pigmentária consiste na adoção de medidas terapêuticas destinadas a reduzir a ativação do melanócito antes, durante e após a indução do processo inflamatório cutâneo. Entre essas estratégias, a escolha adequada da tecnologia e dos parâmetros físicos utilizados no procedimento representa um dos fatores mais determinantes para a segurança do tratamento.

No caso do Laser de CO₂ fracionado, o controle da carga térmica entregue ao tecido é essencial para limitar a intensidade da resposta inflamatória e, conseqüentemente, reduzir a estimulação da melanogênese. Tecnologias que permitem ajustes precisos de parâmetros como densidade de disparos, duração do pulso, energia por ponto e espaçamento entre as zonas microtérmicas de tratamento possibilitam uma distribuição mais controlada da energia térmica no tecido cutâneo.

A utilização de modalidades que promovem microcolunas ablativas mais finas e com menor difusão lateral de calor, como observado em abordagens híbridas de *microcoring* térmico fracionado, contribui para reduzir a temperatura tecidual acumulada e limitar a ativação inflamatória local. Essa redução da carga térmica desempenha papel fundamental na preservação da estabilidade funcional do melanócito.

Além da modulação térmica proporcionada pela tecnologia, protocolos de preparo cutâneo e manejo pós-procedimento desempenham papel essencial na prevenção de alterações pigmentares. O preparo prévio da pele pode incluir o uso de ativos moduladores da melanogênese, antioxidantes e agentes anti-inflamatórios que atuam na regulação da atividade melanocítica e na redução do estresse oxidativo induzido pelo procedimento.

Entre os ativos frequentemente utilizados em protocolos de preparo cutâneo destacam-se substâncias com ação inibitória sobre a tirosinase, enzima chave no processo de melanogênese, além de compostos capazes de modular mediadores inflamatórios envolvidos na ativação melanocítica. Esses agentes podem ser utilizados tanto em formulações tópicas quanto em estratégias de

Drug Delivery Assistido por Laser, aproveitando os microcanais formados pelas zonas microtérmicas para favorecer a permeação transdérmica dos ativos terapêuticos.

No período pós-procedimento, o controle da resposta inflamatória cutânea e a manutenção da estabilidade melanocítica tornam-se objetivos fundamentais do manejo clínico. Estratégias que combinam fotoproteção rigorosa, agentes antioxidantes e moduladores da melanogênese podem contribuir para reduzir o risco de hiperpigmentação pós-inflamatória e favorecer uma recuperação cutânea mais previsível.

Assim, a segurança da aplicação de tecnologias ablativas em pacientes com fototipos elevados depende da integração de três pilares principais: escolha adequada da tecnologia e dos parâmetros físicos, preparo cutâneo com ativos moduladores da melanogênese e manejo terapêutico direcionado à prevenção da hiperpigmentação pós-procedimento.

Essa abordagem integrada torna-se particularmente relevante em países tropicais e em populações miscigenadas, nas quais a maior densidade de melanina epidérmica exige protocolos terapêuticos cuidadosamente estruturados para garantir eficácia clínica sem comprometer a segurança pigmentária.

6. PROTOCOLO DE BLINDAGEM PIGMENTÁRIA EM TRÊS FASES PARA PROCEDIMENTOS COM LASER CO₂ FRACIONADO EM FOTOTIPOS ELEVADOS

A prevenção da Hiperpigmentação Pós-Inflamatória em pacientes submetidos a procedimentos ablativos exige uma abordagem terapêutica estruturada que envolva preparo cutâneo adequado,

manejo imediato da resposta inflamatória e controle da atividade melanocítica durante o processo de regeneração tecidual. Em indivíduos classificados nos fototipos III, IV, V e VI da Escala de Fitzpatrick, essas estratégias tornam-se particularmente relevantes devido à maior atividade melanocítica basal e à maior suscetibilidade à hiperpigmentação induzida por inflamação (GRIMES, 2013).

Nesse contexto, propõe-se um protocolo de blindagem pigmentária dividido em três fases terapêuticas: preparo cutâneo pré-procedimento, intervenção imediata pós-laser e controle da melanogênese tardia.

6.1. Fase 1 – Preparo Cutâneo Pré-procedimento

O preparo da pele antes da realização de procedimentos com Laser de CO₂ fracionado tem como objetivo reduzir a atividade melanocítica basal, modular mediadores inflamatórios e preparar a epiderme para responder de forma mais estável ao estímulo térmico induzido pelo procedimento.

Essa fase geralmente é iniciada entre duas e quatro semanas antes do tratamento e pode incluir o uso de agentes tópicos capazes de modular a melanogênese e reduzir o estresse oxidativo cutâneo. Entre os ativos mais utilizados destacam-se o ácido azelaico, a niacinamida, o ácido kójico, o ácido tranexâmico e antioxidantes polifenólicos, que atuam na inibição da tirosinase e na redução da transferência de melanossomas para os queratinócitos (GRIMES, 2013; PASSERON; PICARDO, 2018).

Além da modulação da melanogênese, o preparo cutâneo também contribui para melhorar a função de barreira da pele e reduzir a

intensidade da resposta inflamatória desencadeada pelo procedimento ablativo.

6.2. Fase 2 – Intervenção Imediata Pós Laser

Após a realização do procedimento com Laser de CO₂ fracionado, ocorre um processo inflamatório agudo caracterizado pela liberação de citocinas pró-inflamatórias, aumento da permeabilidade vascular e ativação de vias celulares envolvidas na regeneração tecidual. Embora essa resposta seja essencial para o processo de remodelação cutânea, a inflamação excessiva pode atuar como um estímulo potente para a ativação melanocítica (HANTASH et al., 2007).

Nesse contexto, o manejo imediato pós-procedimento deve priorizar o controle da inflamação e a manutenção da homeostase cutânea. O uso de ativos com propriedades anti-inflamatórias, antioxidantes e moduladoras da melanogênese pode contribuir para reduzir o risco de desenvolvimento de hiperpigmentação pós-inflamatória.

As microcolunas térmicas geradas pelo laser fracionado criam canais microscópicos na epiderme que podem facilitar a permeação de ativos farmacológicos por meio de estratégias de *Drug Delivery* Assistido por Laser. Essa abordagem permite que substâncias bioativas atinjam camadas mais profundas da pele, potencializando sua eficácia terapêutica no controle da resposta inflamatória e da atividade melanocítica (HANTASH et al., 2007).

6.3. Fase 3 – Controle da Melanogênese Tardia

A terceira fase do protocolo corresponde ao período de regeneração cutânea tardia, no qual ocorre a reorganização da matriz extracelular

e a remodelação do colágeno dérmico. Durante essa fase, que pode se estender por várias semanas após o procedimento, é fundamental manter o controle da atividade melanocítica para prevenir o surgimento de hiperpigmentação tardia.

Estratégias terapêuticas nessa fase incluem o uso contínuo de agentes despigmentantes, antioxidantes e fotoproteção rigorosa. A radiação ultravioleta representa um dos principais fatores desencadeantes da ativação melanocítica pós-inflamatória, sendo a proteção solar um elemento essencial para a manutenção da estabilidade pigmentária durante o período de recuperação cutânea (PASSERON; PICARDO, 2018).

A integração dessas três fases terapêuticas preparo cutâneo, manejo inflamatório imediato e controle da melanogênese tardia constitui um dos pilares fundamentais para ampliar a segurança da aplicação de tecnologias ablativas em pacientes com fototipos elevados.

7. CONCLUSÃO

Conclui-se que o laser de CO₂ fracionado pode ser utilizado com maior segurança em fototipos III a VI quando são priorizados parâmetros de baixa carga térmica, maior espaçamento entre as MTZ, menor densidade de disparos, controle da energia e limitação de sobreposição, reduzindo a intensidade inflamatória e, conseqüentemente, o risco de hiperpigmentação pós-inflamatória. Nesse contexto, a abordagem descrita como microcoring térmico fracionado, com microcolunas mais finas e mais espaçadas, mostrou-se particularmente adequada para populações miscigenadas de países tropicais, ao favorecer reepitelização mais rápida e menor downtime.

Além do ajuste técnico, a previsibilidade do tratamento depende de uma estratégia integrada de blindagem pigmentária em três fases, associada a fotoproteção rigorosa e, quando indicado, drug delivery assistido para modular inflamação e pigmentação. Assim, a padronização de protocolos específicos para pele pigmentada amplia a aplicabilidade clínica do CO₂ fracionado, mantendo o equilíbrio entre eficácia e segurança.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEXIS, A. F.; SERGAY, A. B.; TAYLOR, S. C. Common dermatologic disorders in skin of color: a comparative practice survey. *Cutis*, v. 104, n. 1, p. 45–48, 2019.

BORGES, Fábio dos Santos; VIDAL, Giovanna Pontes Pina; FERRAZ, Amanda Aguiar Sampaio; et al. Fundamentals and clinical applications of the fractional CO₂ Laser Microcoring Mode for Treating Aesthetic Disorders. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, v. 29, n. 1, p. 374–386, 2026. DOI: 10.30574/wjarr.2026.29.1.0029.

CENSO 2022/2024 População Negra, gov.com.br

GRIMES, P. E. Management of hyperpigmentation in darker racial ethnic groups. *Seminars in Cutaneous Medicine and Surgery*, v. 28, n. 2, p. 77–85, 2013.

HANTASH, B. M. et al. In vivo histological evaluation of a novel ablative fractional resurfacing device. *Lasers in Surgery and Medicine*, v. 39, n. 2, p. 96–107, 2007.

HEXSEL, D. et al. Epidemiology of melasma in Brazilian patients: a multicenter study. *International Journal of Dermatology*, v. 53, n. 4, p. 440–444, 2014.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Censo Demográfico 2022: características da população brasileira*. Rio de Janeiro: IBGE, 2022.

MANSTEIN, D. et al. Fractional photothermolysis: a new concept for cutaneous remodeling using microscopic patterns of thermal injury. *Lasers in Surgery and Medicine*, v. 34, n. 5, p. 426–438, 2004.

MOLEIRO, D. et al. *Digital analysis of facial epidermal and dermal quality enhanced by artificial intelligence: methodologies and applications in clinical routine*. *IOSR Journal of Dental and Medical Sciences*, v. 24, n. 7, p. 39–59, 2025.

PASSERON, T.; PICARDO, M. Melasma, a photoaging disorder. *Pigment Cell & Melanoma Research*, v. 31, n. 4, p. 461–465, 2018.

¹ Biomédica

² Faculdade CTA; Harold Gillies University, USA, MSc, Fisioterapeuta, Biomédica; Esteticista e Cosmetóloga - Brasil.

³ PhD; MSc; Fisioterapeuta e Esteticista Cosmetólogo - Faculdade CTA – Brasil; Harold Gillies University – USA

⁴ Esteticista

⁵ Biomédica

