

**BASES CONCEITUAIS APLICADO À BIOFOTÔNICA:
MANUAL DE LASERTERAPIA DE BAIXA INTENSIDADE.**

2025

**BASES CONCEITUAIS APLICADO À BIOFOTÔNICA:
MANUAL DE LASERTERAPIA DE BAIXA INTENSIDADE.**

Aliny Barbosa

Amparo, SP 27 de novembro de 2025

Doutoranda em Ciências da Saúde – Universidade de Guarulhos - UNG. Mestra em Educação – Universidade Salesiano de São Paulo - UNISAL. Bacharela em Enfermagem – Universidade de Jaguariúna- UNIFAJ. Especialista em Estomaterapia. Enfermagem Dermatológica com ênfase em Feridas. Especialista em Saúde Mental. Especialista em Saúde do Idoso. Especialista em Saúde Pública e Vigilância Sanitária. Especialista em Educação Profissional e Tecnológica. Habilitada em Biofotônica. Habilitada em Concentrados Sanguíneos – PRF e PRP. Licenciatura em Educação Profissional e Tecnológica. Docente universitária e em cursos de habilitação técnica profissionalizante.

Sumário

Introdução ao estudo do Laser	495
Radiação Eletromagnética.....	499
Marco Histórico da Laserterapia e Ascensão Regulatória dos Conselhos de Classes.....	501
Como os fótons são produzidos no interior dos equipamentos de Lasers de Baixa Intensidade/Potência.	503
Características Específicas das luzes dos Lasers: o que as tornam com alta especificidade sobre os tecidos biológicos?	505
Influência exercida dos fótons sobre os tecidos biológicos	508
Como ocorre a interação da luz dos lasers com os cromóforos?.....	510
Ação da laserterapia nas organelas celulares	512
Resultados observados a partir da absorção de luz do laser pelos tecidos biológicos.....	514
Dosimetria	515
Condições e Processos Fisiológicos que determinam a ação dos Lasers	519
Normativa Técnica Brasileira (ABNT) NBR IEC 60825-1 Classificação dos equipamentos a Laser.	522
Classificação dos equipamentos a Laser.	525
Fotobioestimulação (Laserterapia) - Laser Vermelho.....	527
Janela Terapêutica	528
Biofotônica: Propósitos Terapêutico	531
Terapia Fotodinâmica PDT/TFD	532
Irradiação Intravascular do Sangue a Laser (ILIB) <i>Intravascular Laser Irradiation of Blood</i>	539
LEDterapia - LED's	542
Como a luz LED ativa respostas que aumentam Superóxido Dismutase (SOD) e outros antioxidantes?	544
Diferenças práticas entre LED e LLLT (Laser):	544
Benefícios na Cicatrização Tecidual	546
Efeitos Terapêuticos X Comprimento das Ondas: LED's.....	549
Princípios Fundamentais e Comprimentos de Onda (nm) empregadas e utilizadas nas programações dos equipamentos terapêuticos de LEDs:	553
Efeitos fisiológicos dos Led 's sobre os tecidos vivos	554
Referencias Consultadas	557

Introdução ao estudo do Laser

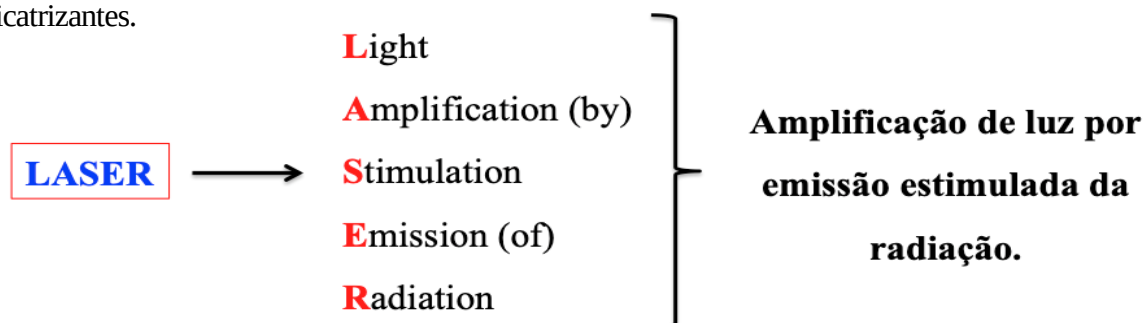
A terapia baseada na utilização dos equipamentos emissores de fótons, derivado da tradução da língua inglesa e popularmente conhecido com laserterapia, é uma classificação generérica que conceitua e define a aplicação das terapêuticas que utilizam a tecnologia Laser, com intensidade baixa, porém não resumida a baixa eficiência, pelo contrário, promove e desencadeia ações e reações de ordem celular e molecular em tecidos vivos. Se trata de uma terapia adjuvante e coadjuvante para o tratamento das feridas, atuando no controle e gerenciamento da dor, estamos falando de uma terapêutica indolor, não invasiva, atérmica que tem se mostrado como baixo custo e altos benefícios.

Definimos como Laser como a junção das iniciais advindas da tradução da língua inglesa que habitualmente é usado para definir equipamentos. Termo composto em que emprega-se a união das primeiras letras da definição, criada por Einsten em 1917 a partir de seus postulados – *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation LASER*. Embora o conceito tenha sido apresentado por Einstein apenas em 1960 o primeiro equipamento de laser foi oficialmente criado por Theodore Maiman utilizando um cristal de rubi (LINS, 2010 e SANTOS, 2024).

As ações desencadeadas pelos equipamentos que emitem radiação laser são responsáveis por provocar respostas biológicas nas células e tecidos. Segundo Simões (2014) observa-se dois tipos de efeitos, aqueles de ordem primária e aqueles classificados como efeitos secundários. Segundo tais definições, observa-se que os efeitos primários estão relacionados às respostas celulares e as ações secundárias, são aquelas que podem manter-se por horas e dias após a irradiação e que não se restringem apenas as células onde foram feitas as emissões dos fótons, e sim com respostas que envolvem o tecido como um todo.

Para promover ainda mais uma melhor compreensão de como a energia luminosa dos equipamentos de lasers atuam, temos como exemplificação o mecanismo que explica o processo de cicatrização otimizado pela irradiação nas células, em que quando aplicado na lesão, observa-se não somente o estímulo direto sobre a formação do tecido de granulação bem como o aumento fagocitário, neoangiogênese, interação e ação na síntese do colágeno e da elastina por intermédio da estimulação dos fibroblastos. A radiação emitida comprovada por meio de pesquisas e estudos

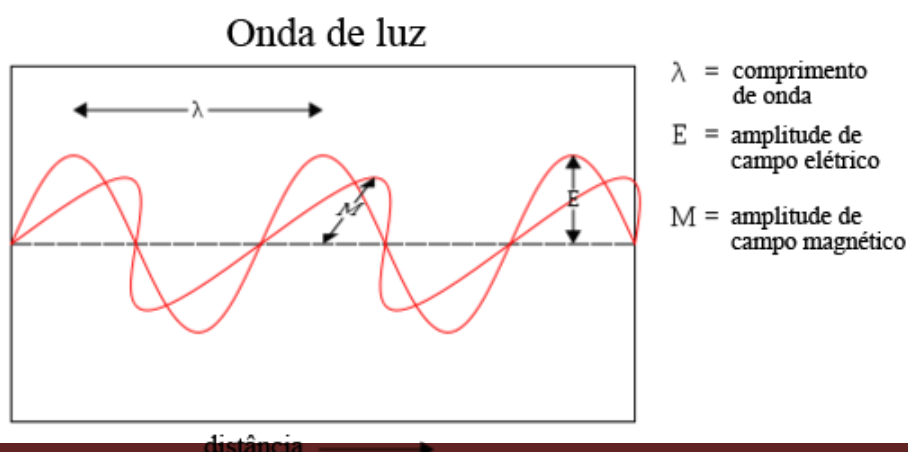
apontam também a viabilidade para promover melhores efeitos analgésicos, anti-inflamatórios e cicatrizantes.



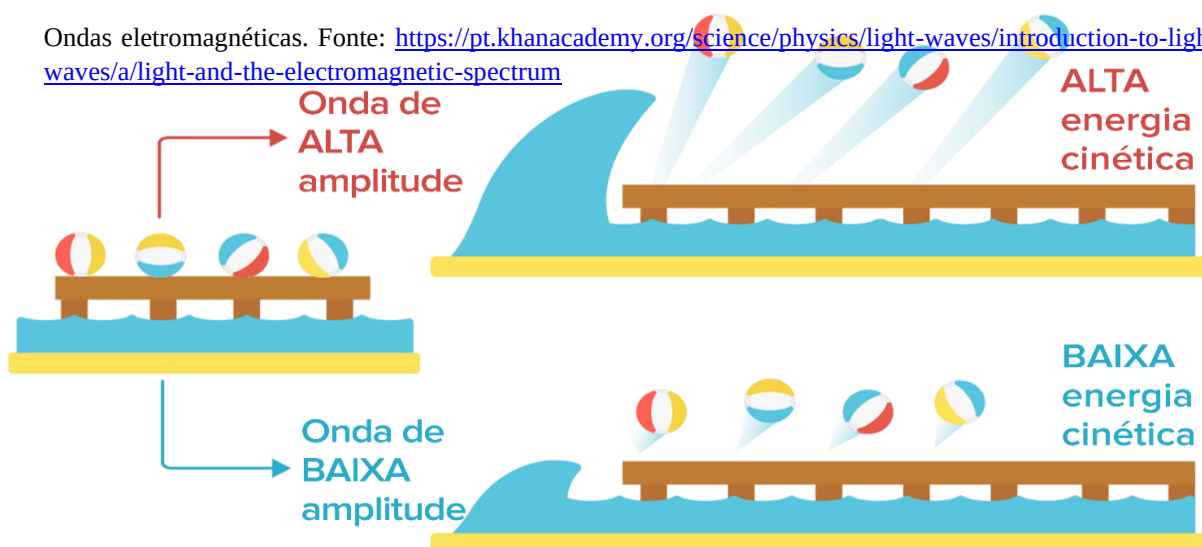
Fonte: <http://fernandodavino.com.br/laser-acupuntura-x-laser-terapia/>

A luz do laser de baixa potência, também conhecida como fotobiomodulação ou terapia a laser de baixa intensidade, é uma luz utilizada em tratamentos terapêuticos que não aquece ou danifica o tecido. Atua de modo a promover a bioestimulação celular a partir da absorção de luz em organelas celulares e cromóforos. É a representação da modalidade de radiação eletromagnética, com energia/radiação não-ionizante que atua por meio dos feixes luminosos fornecendo aos tecidos a *quanta* (fótons) “pacotes de energia”. A propagação da energia se dá em formato de ondas (LINS et al, 2010).

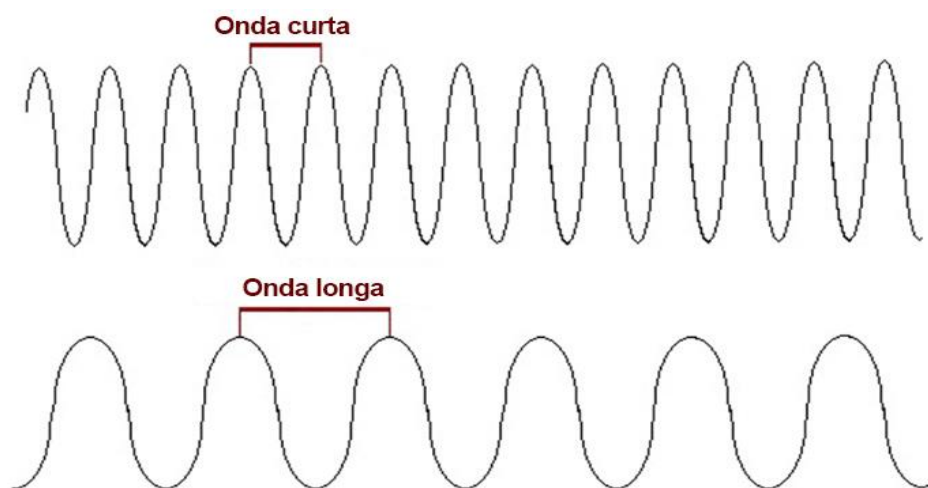
Em biofotônica, conceitos e grandezas físicas são empregadas para conceituar o modo com que os fótons atuam sobre os tecidos biológicos, dessa forma, temos Elétron-volt (eV) a unidade de medida da energia existente nos fótons emitidos. É compreendida como a quantidade de energia capaz manter a aceleração de elétrons. Conceito físico, que demonstra de fato como a energia entregue ao tecido é trabalhada por meio da potência descrita em joules.



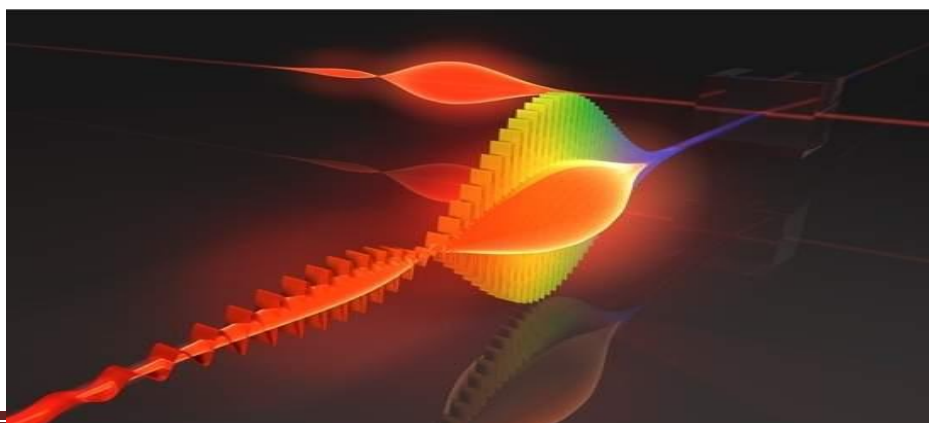
Ondas eletromagnéticas. Fonte: <https://pt.khanacademy.org/science/physics/light-waves/introduction-to-light-waves/a/light-and-the-electromagnetic-spectrum>



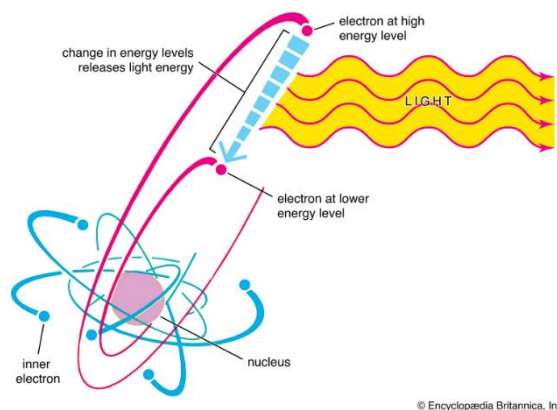
Efeito fotoelétrico – Representação esquemática do comprimento da onda relacionado a energia produzida. Fonte: Kotz, J. C., Treichel, P. M., Townsend, J. R., and Treichel, D. A. (2015).



Comprimento da Onda. Os fótons viajam em ondas. Fonte: <https://parajovens.unesp.br>



Formato de um fóton. Fonte: <https://www.inovacaotecnologica.com.br>



Modelo da Luz. Teoria de Bohr Fonte: <https://www.britannica.com/science/light/Emission-and-absorption-processes>.

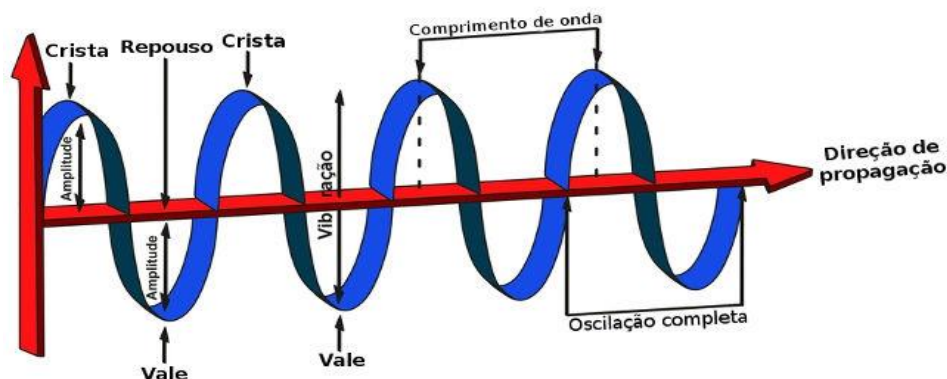
“ Se a corda balançar devagar e com ondas longas: pouca energia. Proporcional se em outra situação a mesma corda balançar rápido e com ondas curtas a energia será maior”.

Comprimento de onda (λ): comprimento de onda é a distância física entre dois pontos equivalentes sucessivos de uma onda eletromagnética (por exemplo, crista → crista). Essa característica, medida em nanômetros (nm), é um dos parâmetros mais importantes, pois determina a profundidade de penetração da luz nos tecidos e, conseqüentemente, seus efeitos terapêuticos.

Amplitude: medida máxima do deslocamento de um ponto em um movimento ondulatório, a amplitude (cristas) está diretamente relacionada à energia da onda. Quantidade de energia transmitida. Refere à intensidade ou potência do feixe de luz emitido. Pense em quanto de energia (J/cm²) e qual potência/irradiância chega ao tecido.

Frequência: conceito que reflete sobre as mudanças e variações que uma onda realiza por segundo. A unidade de medida para representar a frequência é o hertz (Hz). A frequência

de pulso pode modular a resposta biológica das células. Não muda a energia total, mas muda o modo como o tecido a recebe.



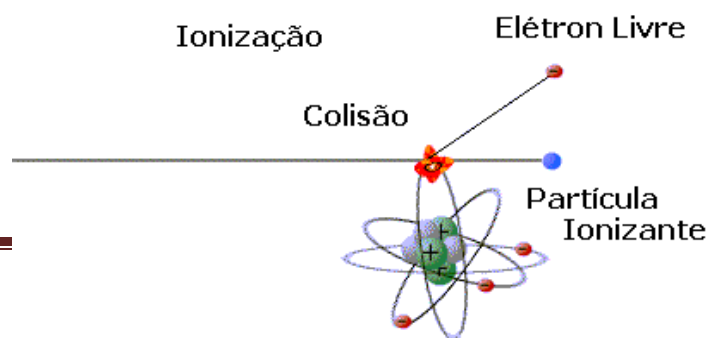
Fonte: HELERBROCK, Rafael. "O que é onda?". Acesso em 21 de outubro de 2025.

Radiação Eletromagnética

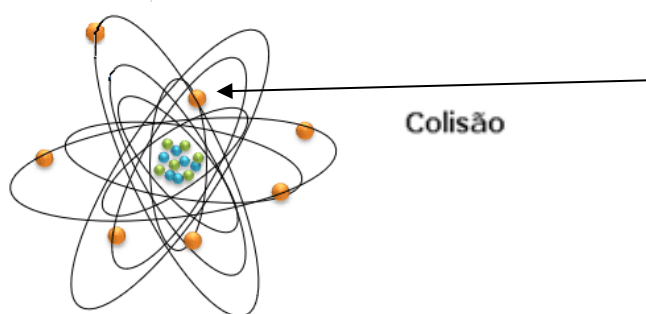
O termo define a modalidade de energia que se difunde em um determinado espaço em formato de ondas, gerando campos magnéticos e elétricos oscilantes (CHUNG *et al*, 2012). Radiação consiste em ondas que tem como característica a propagação em uma velocidade invariável, conhecida como velocidade da luz.

Modalidades da Radiação

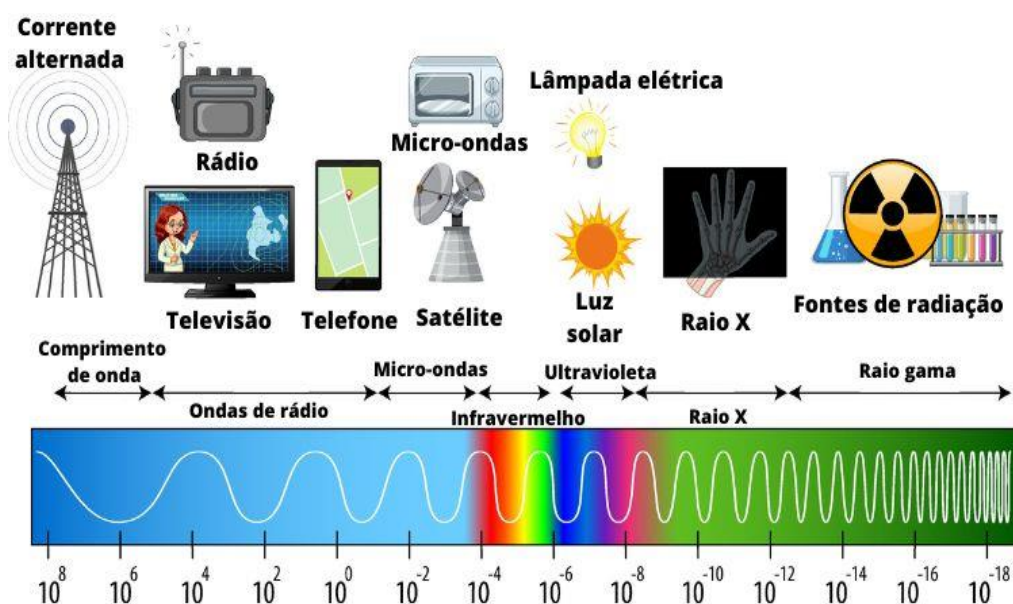
- **Ionizante** modalidade de radiação em que é possível devido a alta intensidade da energia deslocar ou remover um elétron da cadeia de átomos. Exemplos: radiografias, equipamentos que realizam RX.



- Não-ionizante: modalidade de energia em que se pode observar que a intensidade da energia é aquela que não é capaz de alterar ou modificar a estrutura da cadeia de átomos, ou seja, não possui força o suficiente para extrair um elétron. Exemplos: radiação emitida pelos equipamentos utilizados na biofotônica (equipamentos de Lasers, Leds).



Outros exemplos:



Espectro Eletromagnético Fonte: <https://www.preparaenem.com/fisica/radiacao.htm>

Marco Histórico da Laserterapia e Ascensão Regulatória dos Conselhos de Classes

- Antiga Grécia: helioterapia, exposição ao sol do corpo para restabelecer a saúde (História antiga da Terapia Colorida, [s.d.]);
- 1903 – Niels: uso da luz para o tratamento de afecções (Enciclopédia Britânica, [s.d.]);
- 1905: Postulado da teoria de Einstein acerca da energia quanta (fóton) (Einstein descreve o efeito fotoelétrico, [s.d.]);
- 1913: Evidência dos estudos de Bohr sobre a movimentação de elétrons (estado de menor energia e excitado). Modelo Atômico de Bohr. (Laboratório de Física da USP, [s.d.])
- 1917: Mecanismos da interação da energia luminosa sobre as células comprovados por Einstein (Laboratório de Química do Estado Sólido – UNICAMP, [s.d.])
- 1951: Advento do MASER, de Purcell e Pound (BARBOSA, 2021a);
- 1958: Schalow e Townes: sugestão sobre aplicação dos princípios do Maser sobre a luz (BARBOSA, 2021);
- 1960: Maiman: Vanguarda com a apresentação do primeiro a construir um equipamento capaz de gerar feixes luminosos de Laser de rubi. (UNESP, [s.d.]);
- 1961: Pioneirismo na aplicação do laser de rubi para promover coagulação em cirurgias na oftalmologia (Princípios do Laser em Oftalmologia, [s.d.]);
- 1961: Pioneirismo no uso de laser a gás (He-Ne) (BARBOSA, 2021);
- 1962: Introdução do laser de semicondutor (TORRES; BRITO, 2020);
- 1964: Vanguarda no desenvolvimento de equipamentos com emissão de laser de CO₂, de Patel (AZEVEDO et al., 2007);
- 1965: Uso do laser de rubi para cirurgias em otorrinolaringologia (Sociedade Brasileira de Laser em Medicina e Cirurgia, [s.d.]);
- 1973: Tina Karu: pioneira nos estudos sobre potencial ação do laser na estrutura celular, a cadeia respiratória da mitocôndria (SANTOS, 2020);
- 2018: Parecer Câmara Técnica Resolução Conselho Federal de Enfermagem nº 13/2018 – regulamenta o uso da biofotônica para Enfermeiros capacitados no tratamento de lesões mamilares (COFEN, 2018);

- 2021: Parecer Câmara Técnica Resolução Conselho Federal de Enfermagem nº 114/2021 – regulamenta o uso da *Intravascular laser irradiation in the blood* (ILIB) para Enfermeiros habilitados em laserterapia (COFEN, 2021);
- 2022: Resolução CFM nº 2.327/2022 — estabelece uso de práticas terapêuticas como embasamento e reconhecimento para o uso seguro no exercício da profissão médica (CFM, 2022);
- 2025: Parecer Câmara Técnica Resolução Conselho Federal de Enfermagem nº 08/2025 – regulamenta o uso do laser de baixa potência na Saúde da Mulher (fissuras mamilares, feridas perianais, atrofia vaginal, alívio da dor e nos processos de modulação da dor e da regeneração tecidual) para Enfermeiros habilitados em laserterapia (COFEN, 2025);
- 2025: Parecer Câmara Técnica Resolução Conselho Federal de Enfermagem nº 787/2025 – atualiza e regulamenta a atuação de forma autônoma do Enfermeiro para abertura de consultórios, prescrição de coberturas e correlatos para a prevenção e tratamento das feridas e afins e ainda, regulamenta o uso das tecnologias como laser, led, coleta de biópsias para cultura em feridas, realização do ITB e afins (COFEN, 2025).

A história do laser tem início a partir dos conceitos estabelecidos e comprovados por Einstein sobre a emissão que poderia ser impulsionada de radiação conhecida como emissão estimulada em 1917. Os postulados de Einstein comprovaram que ao percorrer por um átomo estimulado (excitado) por intermédio da energia, outro fóton reproduziria e estimularia outros fótons na mesma intensidade, tal comprovação, permitiu que houvesse a criação dos equipamentos que utilizam a radiação laser. Consolidando assim, uma promissora terapia versal e coadjuvante aos tratamentos para profissionais médicos e não médicos (vide conselhos de classes).



A emissão estimulada de fótons. Fonte: <https://welllaser.com/emissao-estimulada-o-segredo-do-raio-laser/>

Como os fótons são produzidos no interior dos equipamentos de Lasers de Baixa Intensidade/Potência.

Elementos constituintes de um equipamento de laser de baixa intensidade (LLLT) são fundamentais e indispensáveis para compreender como a luz coerente é produzida e aplicada nos tecidos biológicos. São partes constituintes fundamentais:

☐Meio ativo

☑Mecanismo de bombeamento

☑Ressonador óptico

Meio Ativo: núcleo emissor do equipamento, onde ocorre a emissão estimulada. Contém átomos, íons ou moléculas que, ao receberem energia externa, são excitados e emitem fótons. Tem como função a transformação a energia recebida (do bombeamento) em fótons coerentes (luz laser). Pode ser:

- Meio sólido (como o cristal de rubi, Nd:YAG, diodo semiconductor);
- Meio líquido (corantes fluorescentes)
- Meio gasoso (como hélio-neônio, CO₂).

Nos lasers de baixa intensidade, o mais comum é o meio ativo semiconductor, formado por junções de arseneto de gálio (GaAs) ou fosfeto de gálio e alumínio (GaAlAs).

Mecanismo de Bombeamento: O bombeamento é o processo que fornece energia ao meio ativo para que os elétrons se excitam e produzam os fótons.

É a parte do sistema interno dos equipamentos que “liga/aciona” o laser por dentro. Nos lasers de diodo (LLLT), o bombeamento é elétrico, feito por corrente elétrica direta. O bombeamento leva os elétrons a níveis de energia superiores, criando a chamada **inversão de população**,

condição essencial para a emissão estimulada de fótons. Nos equipamentos LLLT's, o bombeamento pode ocorrer por:

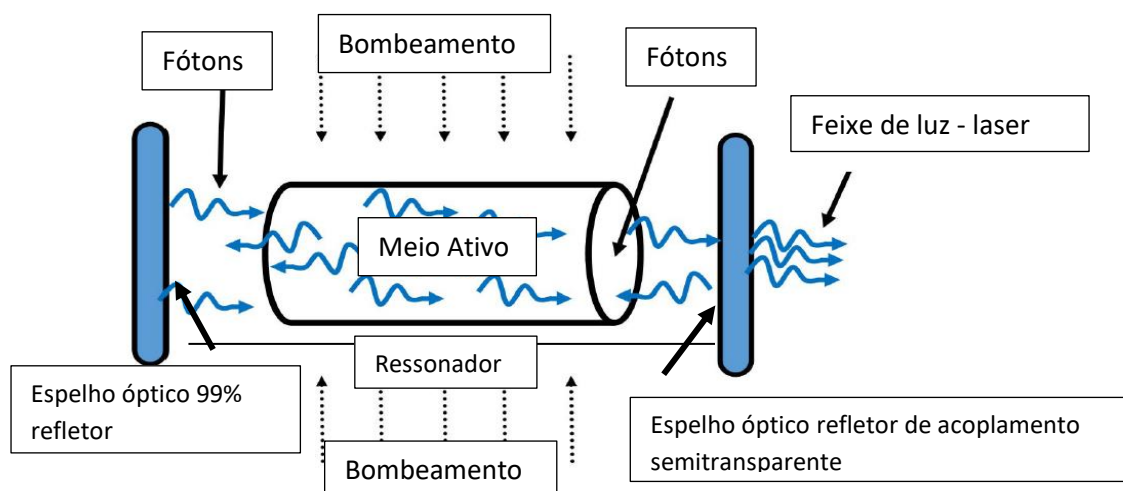
- **Corrente elétrica** (em diodos semicondutores);
- **Descarga elétrica** (em lasers gasosos);
- **Luz de uma lâmpada de flash** (em lasers sólidos, embora mais usados em alta potência).

Ressonador Óptico: É o conjunto de espelhos que envolve o meio ativo. Sua função é refletir os fótons dentro da cavidade para que passem várias vezes pelo meio ativo, amplificando a luz por emissão estimulada até que parte dela escape como feixe laser coerente. Quanto ao mecanismo de funcionamento, os fótons “se movem” entre os espelhos, estimulando novos átomos excitados a emitirem mais fótons de mesma energia e fase, a luz se amplifica e se torna coerente, monocromática e colimada.

Parte dessa luz sai através do espelho semirrefletor — esse é o feixe terapêutico aplicado ao tecido. O ressonador na caixa de ganho organiza e reforça a luz, tornando-a coerente, unidirecional e intensa — as três propriedades que diferenciam a luz laser da luz comum.

Modo de Funcionamento:

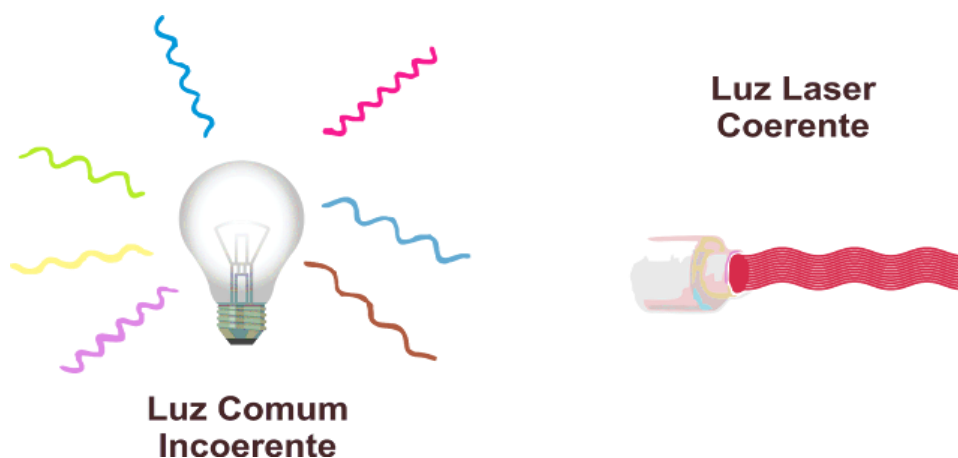
1. A energia elétrica (bombeamento) é aplicada ao meio ativo semicondutor (como GaAs);
2. Os elétrons excitados liberam fótons;
3. Os espelhos do ressonador óptico fazem esses fótons refletirem dentro do meio, estimulando a emissão de novos fótons iguais;
4. O resultado é um feixe de luz coerente, monocromático e colimado (todas as ondas com mesma direção e fase);
5. Essa luz sai pela janela óptica do cabeçote e é aplicada no tecido do paciente.



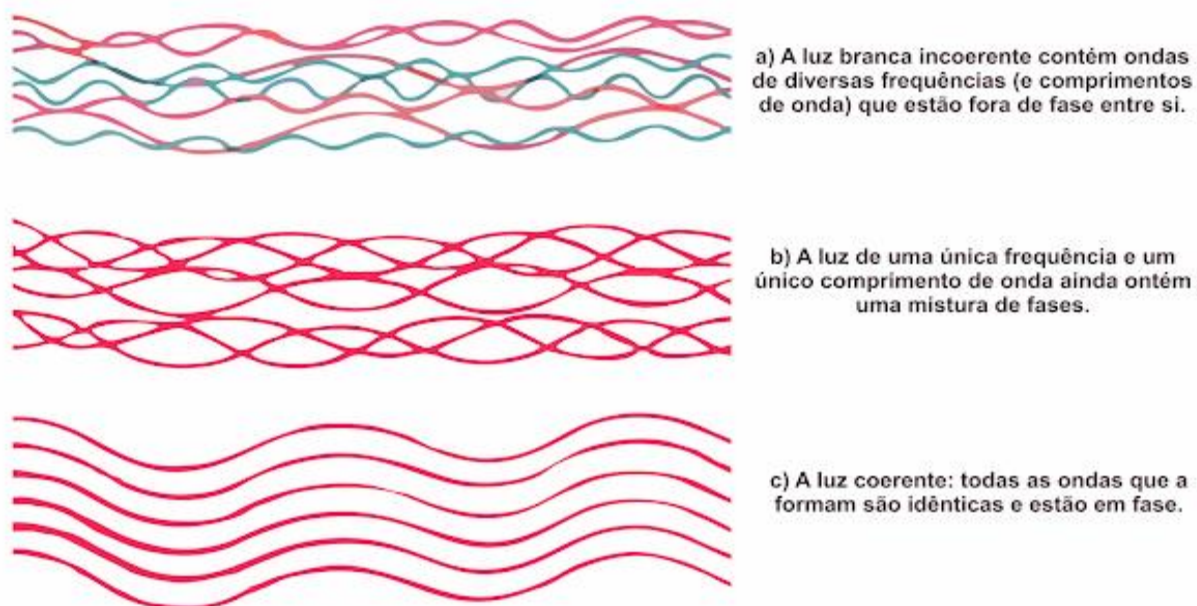
Esquema básico dos elementos que constituem um laser. Imagem adaptada do original por Aliny Barbosa com base na referência de El camino hacia la luz láser. Disponível em: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-35422018000200100

Características Específicas das luzes dos Lasers: o que as tornam com alta especificidade sobre os tecidos biológicos?

Coerência: conceito que define e apresenta sobre o direcionamento do feixe de luz (fótons) relacionado ao comprimento e propagação mantendo a mesma direção.

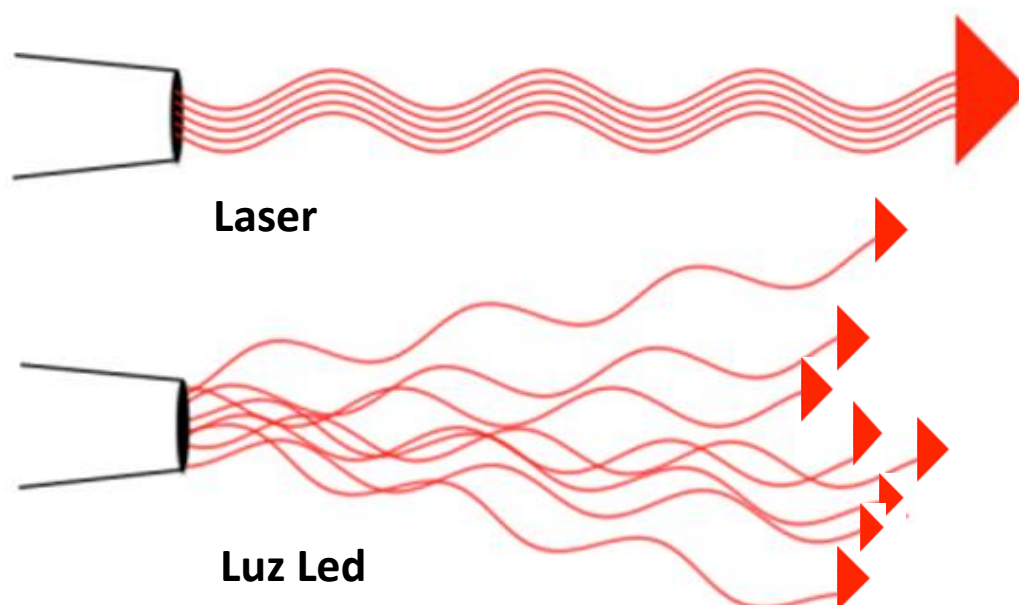


Coerência e incoerência das luzes. Fonte: <https://amplitudedolaser.blogspot.com/p/luz-coerente-o-que-e-coerencia.html>.

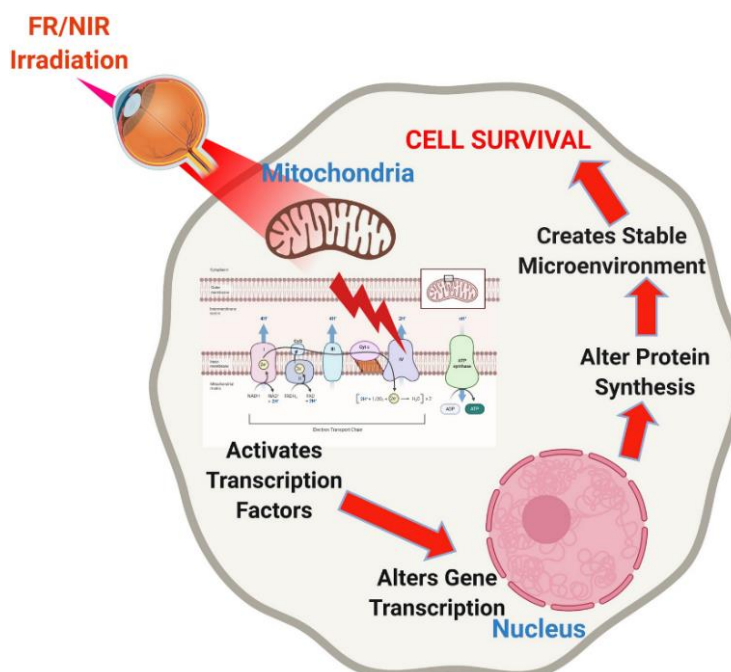


Coerência e incoerência das luzes. Fonte: <https://amplitudedolaser.blogspot.com/p/luz-coerente-o-que-e-coerencia.html>.

Colimação: feixe luminoso (fótons) propagam em uma única direção. Consiste em feixes paralelos, com a maior precisão possível, as trajetórias de determinadas partículas de feixes luminosos.



Direcionalidade e Paralelismo. Fonte: <https://www.evolutamente.it/en/ganymede-laser-acupuncture/>



Fotomodulação em estrutura mitocondrial. Fonte: <https://www.nature.com/articles/s41598-020-77290-w>

Monocromaticidade: característica que confere a luz do laser sendo e mantendo a mesma cor. Conceito que define única cor.



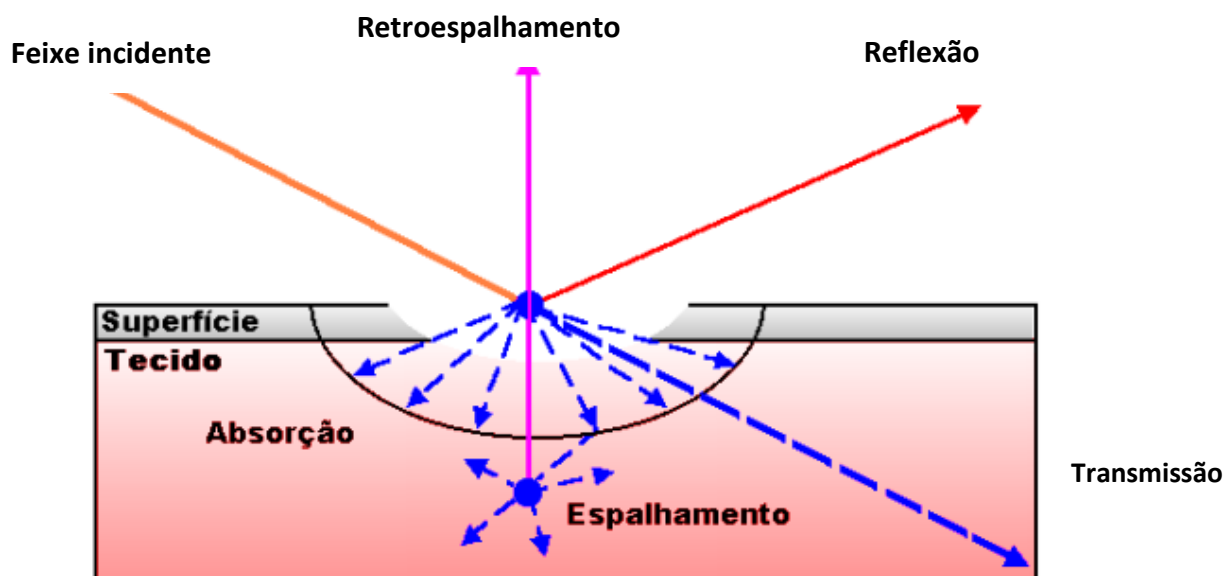
Características da luz do laser de baixa intensidade. Modificada e adaptação com referência em Dra. Paula Machado. Disponível em: <https://drapaulamachado.com.br/2022/11/09/conhecimentos-basicos-em-laserterapia-parte-10-2/>

Coerência, colimação e monocromaticidade são elementos que fazem com que o feixe luminoso seja de fato tão específicos e únicos. Estas características transformam essa energia luminosa em destaque pela capacidade de as tornarem altamente seletiva e de alto desempenho principalmente em cromóforos.

Influência exercida dos fótons sobre os tecidos biológicos

O feixe de laser ao atingir a pele ou outro tecido encontra diferentes interfaces ópticas, como camadas celulares e água. Então, ocorrerá quatro fenômenos principais: reflexão, espalhamento, transmissão e absorção. A proporção entre eles determina a efetividade terapêutica da luz.

Esses fenômenos físicos são essenciais para entender como o laser de baixa intensidade (LLLT) atua nos tecidos biológicos.



Esquema dos tipos de interação do feixe laser ao atingir um tecido. Adaptado de Genovese, 2000.

Reflexão: parte da luz incidente é refletida na superfície do tecido, retornando para o meio de origem (sem penetrar). Fatores influentes: ângulo de incidência, cor da pele, presença de pelos, hidratação e índice de refração da epiderme. Relevância clínica: representa uma perda de energia útil, pois a luz refletida não interage com estruturas internas. Valores típicos: cerca de 5% a 7% da energia do laser vermelho (630–660 nm) é refletida na superfície cutânea.

Espalhamento: a luz sofre desvios aleatórios ao atravessar o tecido, devido às variações de densidade óptica entre estruturas celulares e extracelulares. Consequência: o feixe perde

colimação e direção, mas pode aumentar a área de atuação e atingir tecidos mais profundos. Maior relevância: em tecidos ricos em colágeno e com alto teor de água (como derme e tecido conjuntivo). Importante: o espalhamento não destrói o fóton — apenas muda sua trajetória.

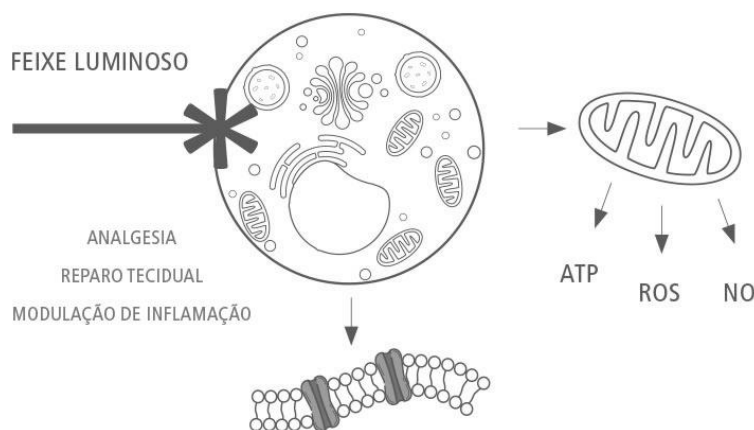
Transmissão: parte da luz atravessa o tecido sem ser absorvida, alcançando camadas mais profundas.

Absorção: ocorre quando a energia luminosa é absorvida por cromóforos presentes no tecido e convertida em energia química ou fotoelétrica.

Principais cromóforos biológicos:

- Citocromo C Oxidase (na mitocôndria): principal alvo da LLLT vermelha e infravermelha, estimulando produção de ATP.
- Hemoglobina e mioglobina: absorvem luz e influenciam oxigenação.
- Melanina: absorve fortemente, limitando penetração em peles mais pigmentadas.

Água: passa a ser importante absorvedor em comprimentos de onda mais altos. Resultado biológico: aumento do metabolismo celular, proliferação fibroblástica, síntese de colágeno, angiogênese e modulação inflamatória.



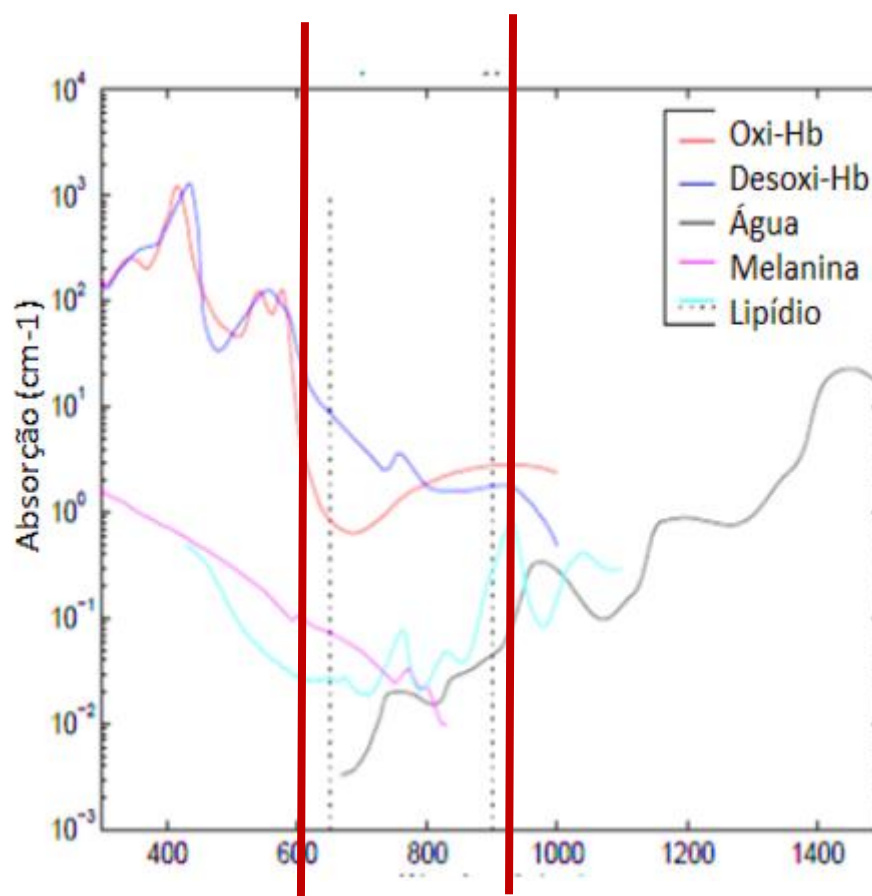
Ação da energia LLLT na estrutura celular. Adaptação e modificação da imagem de Freitas e Hamblin, 2015.

<https://conexao.odontoprev.com.br/terapia-de-fotobiomodulacao/>

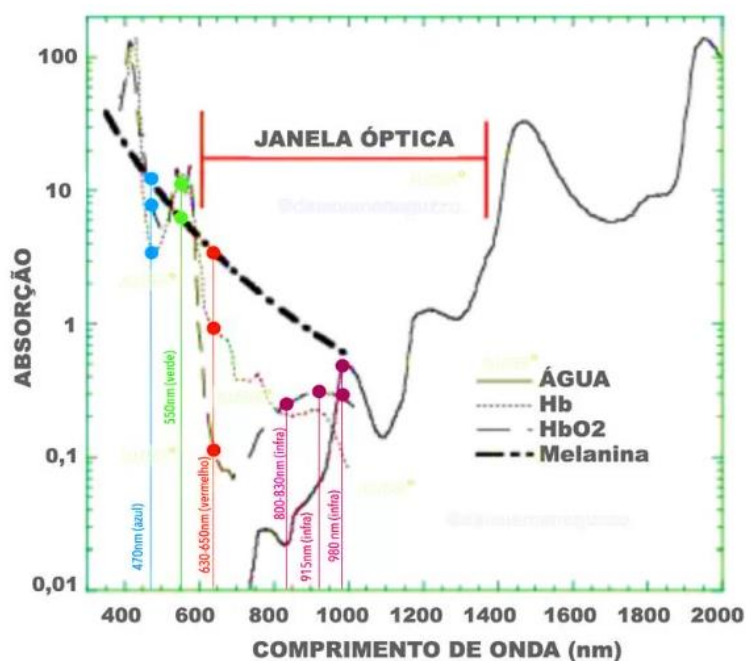
Como ocorre a interação da luz dos lasers com os cromóforos?

O princípio de interação com os tecidos biológicos por meio da LLLT é explicado por meio da absorção seletiva da luz. O mecanismo da interação desencadeia reações fotoquímicas, fotofísicas e/ou fotobiológicas de forma atômica.

Os cromóforos dos tecidos biológicos como a melanina, hemoglobina, hemomoléculas absorvem luz resultando em influencia a estimulação ou promovendo a inibição das atividades (janela terapêutica). Os processos de absorção seletiva da luz resulta em diferentes efeitos biológicos a depender da interação específica entre a luz e o tecido devido a quantidade de energia ofertada diretamente sobre o tecido.



Coeficiente absorptivo segundo as definições de radiação eletromagnética. Imagem modificada e adaptada da referência Sugawara, 2022. <https://www.teses.usp.br/>



Análise do espectro de absorção. Adaptação modificada e readaptada da referência Allaser. Disponível no site da empresa. Imagem original XU, et al, 2018

Para Henriques *et al* (2010) a luz do laser é atérmica, porém nas organelas celulares como os cromóforos, o mecanismo de interação com os fótons induz uma reação nos cromóforos, resultando e reações nas atividades de ordem bioquímica.

A maioria dos estudos concentra-se em mitocôndrias, sendo o principal mecanismo aceito o da interação da luz por meio da absorção em seus comprimentos de ondas o aumento da produção do ATP, porém todas as demais organelas sofreram impactos por meio dessa absorção.

Ação da laserterapia nas organelas celulares

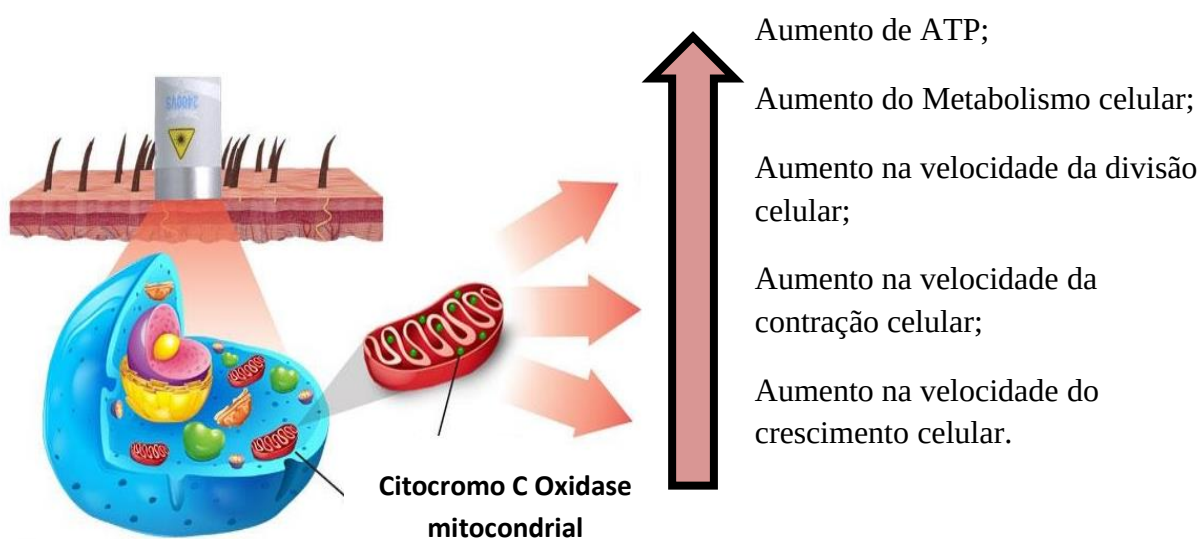
Os equipamentos de laser de baixa intensidade promovem efeitos biológicos benéficos, com características responsáveis por desencadear ações como: analgesia, modulando a resposta inflamatória e cicatrizante por meio a ação fotobioestimulação, mecanismo pelo qual o laser infravermelho atua sobre os nociceptores estimulando o metabolismo celular a promover efeito antiinflamatório.

A radiação eletromagnética produzida pelos equipamentos de LLLT não é baseada na geração de calor sobre os tecidos biológicos, porém o feixe de luz é capaz de provocar modificações bioquímicas, bioelétricas e bioenergéticas, condicionando diretamente o potencial da membrana celular, ou seja, a ação dos fótons interfere positivamente na comunicação, transmissão e sinais para geração de impulsos e contração celular de fibras nervosas e musculares, com efeitos também visíveis nos tecidos adjacentes.

A absorção molecular da luz permite um aumento na velocidade do metabolismo celular agindo diretamente na proliferação e maturação dos processos metabólicos estimulados – regeneração para os processos envolvendo a cicatrização e na modulação da dor por meio da inibição local dos canais receptores da dor -. O estímulo gerado nas organelas conforme pode ser observado no levantamento bibliográfico, apontam alterações benéficas nos níveis de ATP (causando aumento), consequentemente liberação de fatores de crescimento e aumento da microcirculação local. Observa-se também alterações na pressão hidrostática capilar, influenciando na reabsorção do edema.

A bioestimulação das proteínas citoesqueléticas promovidas pela terapia fotoestimuladora promove maior estabilidade à conformação da camada lipoprotéica da membrana celular, o que é fundamental para influenciar a liberação de fatores de crescimento. Segundo Farivar e Khoo (2014) ambos os autores, cada qual com seus estudos, corroboram acerca dos fatores crescimento estimulados pela LLT em suas pesquisas. São esses os fatores estimulados:

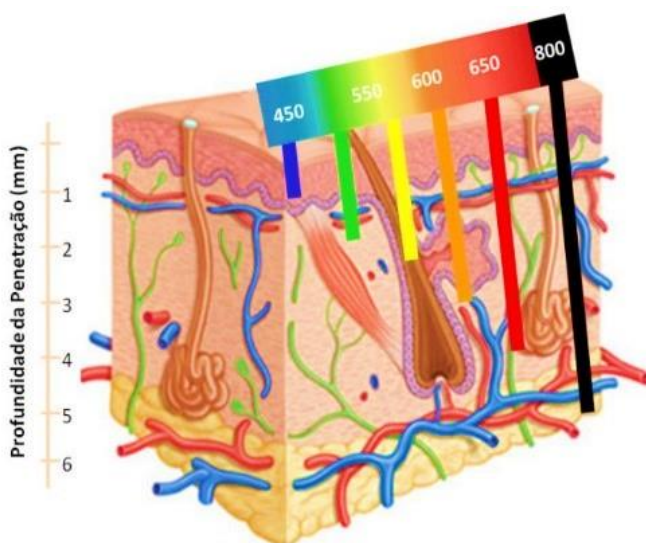
- **Fator de Crescimento Fibroblástico (bFGF):** A LLT aumenta a expressão e a liberação de bFGF pelos fibroblastos, fundamental para a proliferação celular, a migração e a síntese de fatores de crescimento e melhoria da qualidade do colágeno produzido, indispensável ao processo de cicatrização.
- **Fator de Crescimento do Endotélio Vascular (VEGF):** A laserterapia induz a liberação de VEGF, um potente estimulador da angiogênese. Isso melhora a microcirculação e o fornecimento de oxigênio para o tecido lesionado, acelerando a reparação.
- **Fator de Crescimento Hormônio Peptídico (IGF-I):** a luz do laser estimula a proliferação e diferenciação de diversos tipos de células, como fibroblastos e osteoblastos, e está envolvido na angiogênese. A irradiação com LBI (laser de baixa intensidade) aumenta a expressão de IGF-I, o que ajuda a aumentar a proliferação de células osteoblásticas e promove a regeneração óssea.



Mecanismo de ação da laserterapia em tecidos. Imagem adaptada e modificada da original por Aliny Barbosa para efeitos deste estudo. Fonte de referência disponível em: <https://www.levelupmt.com/post/in-depth-understanding-of-low-level-lasers>.

Resultados observados a partir da absorção de luz do laser pelos tecidos biológicos

- **Angiogênese:** por intermédio da melhora da oxigenação tecidual;
- **Estimulação sobre os fibroblastos e produção de colágeno:** favorecendo o alinhamento e a remodelação tecidual. Redução das áreas de cicatrizes além de promover reestabelecimento da força tênsil do tecido;
- **Ação sobre os miócitos:** promovendo proliferação e diferenciação dos mioblastos, precursores específicos e fundamentais dos miócitos.
- **Diminuição da inflamação e edema:** inibição por meio da modulação do processo inflamatório pelo estímulo gerado em proteínas como citocinas e quimiocinas;
- **Estimulação na produção de cartilagens:** maior estimulação em proliferação observada em condrócitos, melhora na qualidade da ancoragem e deposição de colágeno em geral e o do tipo II.
- **Estimulação sobre a formação do tecido ósseo:** estímulo no crescimento e melhora da qualidade de osteócitos, fundamental para reestabelecimento da integridade da estrutura óssea.



Faixa do espectro eletromagnético, a luz interage como tecidos vivos. Fonte: Mmoptics. Disponível em: <https://mmo.com.br/fototerapia-nos-procedimentos-de-pos-operatorio-corporal/>

Dosimetria

Dosimetria em laserterapia faz referência ao conjunto de princípios, parâmetros e cálculos utilizados para determinar a quantidade de energia entregue por meio dos fótons aos tecidos (dose), objetivando a estimulação de eventos biológicos previsíveis, seguros e que possam ser reproduzidos por meio das publicações científicas.

A Dosimetria trará a definição acerca da quantidade de energia, a área e o tempo, além das condições biológicas afim de estabelecer e manter o estímulo fotoquímico e biológico dentro da faixa ou janela terapêutica.

Na fotoestimulação, a resposta celular dependerá diretamente das doses de energia que podem ser absorvidas pelos tecidos, grandeza essa expressa em Joules por centímetro quadrado (J/cm^2), também definida como **Fluência**.

Comprimento de onda (nm – nanômetro) determina a capacidade de penetração e a estrutura -alvo.

Potência e irradiância (mW/cm^2 – milivolts por centímetro quadrado) define a intensidade da luz que incidirá sobre o tecido.

Tempo de exposição (s) influenciará a energia total liberada.

Área do feixe (cm^2) está relacionado a concentração de energia entregue no ponto/local a ser tratado.

A dosimetria tem como objetivo direcionar para o alcance da faixa ótima ou ideal – terapêutica. De forma a assegurar que ao atentar-se para a curva no modelo proposto por Arndt-Schulz.

São bases postuladas para estabelecer critérios na dosimetria para a Laserterapia:

Energia (E)

$$E = P \times t$$

Onde:

- **E** = energia total emitida (joules, J)
- **P** = potência média do laser (watts, W)
- **t** = tempo de aplicação (segundos, s)

Interpretação:

A energia é a quantidade total de luz emitida pelo equipamento durante o tempo de exposição.

Irradiância ou Densidade de Potência (I)

$$I = \frac{P}{A}$$

Onde:

- **I** = irradiância (W/cm² ou mW/cm²)
- **P** = potência média (W)
- **A** = área do feixe de luz (cm²)

Interpretação: indica a **intensidade da luz** sobre a superfície irradiada. Irradiâncias muito altas ou muito baixas alteram a resposta celular.

Fluência ou Densidade de Energia (F)

$$F = \frac{E}{A} = \frac{P \times t}{A}$$

Onde:

- **F** = fluência (J/cm²)
- **E** = energia total (J)
- **P** = potência (W)
- **t** = tempo (s)
- **A** = área irradiada (cm²)

Interpretação: representa a **dose efetiva** aplicada ao tecido — é a medida mais utilizada para planejar a dosagem na laserterapia.

Energia por Ponto (Ep)

$$E_p = P \times t$$

Onde:

- **E_p** = energia aplicada em cada ponto (J)

Interpretação: usada quando o tratamento é feito em **pontos fixos**, como em feridas, articulações ou pontos musculares.

Energia Total (Et)

$$E_t = E_p \times n$$

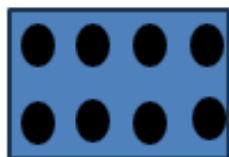
Onde:

- **E_t** = energia total da sessão (J)
- **E_p** = energia por ponto (J)
- **n** = número de pontos irradiados

Interpretação: expressa a **quantidade total de energia entregue ao paciente** em uma sessão completa.

Técnica ou Modo de Aplicação

- **Ponto-a-ponto (pontual):** o aplicador ou ponteira do aparelho é posicionado em pontos escolhidos pelo profissional sobre a pele/tecido; em cada ponto aplica-se uma energia/tempo pré-calculado. Muito usado em tendinopatias, pontos-gatilho, articulações e feridas. Destaca-se pela especificidade quanto a entrega de energia naquele ponto escolhido (um “ponto” = área do spot do aplicador).



Esquema elaborado pela autora, sem utilização de imagens de referências, exceto o descritivo sobre a modalidade da técnica.

- **Varredura / scanning:** o aplicador ou ponteira desloca-se continuamente sobre a área alvo (ou passa o feixe “sobre” a região com movimento), distribuindo energia ao longo de uma trajetória — usado para áreas maiores ou quando não é prático irradiar ponto por ponto. Quanto a entrega de energia, pode não ser tão específica, pois o feixe luminoso percorrerá a área sem que haja um tempo exato sobre os locais (pouca efetividade? Sugestão: avaliar vantagens e desvantagens).



Esquema elaborado pela autora, sem utilização de imagens de referências, exceto o descritivo sobre a modalidade da técnica.

Observe que mesmo após realizar a programação do aparelho quanto a entrega dos fótons, nessa modalidade de aplicação, poderá haver áreas que não receberão a mesma quantidade de energia.

Condições e Processos Fisiológicos que determinam a ação dos Lasers:

Segundo Cavalcanti, et al (2011) o modo e capacidade de promover reações observadas entre os equipamentos de lasers e os tecidos biológicos se dá em virtude das características presentes nos tecidos. Esses fatores envolvem propriedades ópticas e térmicas do tecido, além de parâmetros como comprimento de onda, energia, potência de pico, área focalizada e tempo de exposição à luz laser.

A radiação gerada pela energia dos lasers de baixa intensidade ao entrar em contato com o tecido vivo terá seu mecanismo baseado no modo em como suas principais características óptica como reflexão, transmissão, espalhamento e absorção na radiação. Assim, observa-se que parte desta energia empregada diretamente sobre os tecidos será uma parte absorvida e as demais como se espera refletida e transmitida.

- Profundidade do tecido alvo: tecidos superficiais como pele e mucosa terão melhor penetração da luz, tecidos profundos e densos como o adiposo, ósseo ou tecidos com menor velocidade de perfusão poderão sofrer atenuação quanto ao feixe de luz, sendo considerados fatores/elementos-chave que sustentam a variabilidade dos resultados.
- Tecidos com alta concentração de mitocôndria (músculos e nervos) respondem a doses menores quando comparados a outros tecidos com menor concentração de mitocôndrias.

Na prática, ao incidir o feixe luminoso do laser no leito das feridas, a utilização de parâmetros menores (Janela Terapêutica) trará melhores resultados – área lesionada com exposição do tecido de granulação considerar de 1 a 2 J/cm². Para pele íntegra, considerar de 2 a 4 J/cm².

- Estado geral e atual da lesão: lesões agudas e complexas (crônicas) apresentarão melhores resultados ao considerar preparar o leito da ferida para receber a irradiação do laser, uma boa limpeza e a remoção de parte dos tecidos debrís tornará o tecido com menor capacidade para reflexão em relação ao feixe luminoso, potencializando a dose ofertada. Todo o tratamento de feridas começa com uma boa limpeza

(considerar antissépticos seletivos que não agridam fibroblastos – solução de polihexanida quando associado a laserterapia tem demonstrado velocidade para a cicatrização).

- Idade: pacientes idosos apresentarão fisiologicamente uma menor perfusão tecidual, devido a patologias de bases e ou metabolismo reduzido, a justificativa está baseada em mecanismos como circulação, velocidade de reparo e quantidade possíveis de mitocôndrias reduzidas. Não são fatores limitantes (o envelhecimento), são sim fatores que despertam a atenção ao considerar que não há protocolos rígidos e sim a necessidade de atentar-se a individualidade de cada caso. São condições que podem representar a necessidade de um tempo maior em tratamento. A laserterapia é promissora, ao considerar seus impactos positivos sobre a microcirculação local.
- Estado nutricional: tabagismo e obesidade são variáveis que trarão reflexos sobre o microambiente tecidual. Segundo Giuliani et al (2021) o tecido adiposo atua contribuindo para estimular a produção de interleucina pró inflamatória IL6, considerado um marcador inflamatório. Uma lesão sempre representará para o organismo, uma necessidade de aporte proteico e energético para a formação de um novo tecido. A laserterapia promoverá condições para o reparo, porém será necessário considerar a suplementação calórico-proteica em caso de desnutrição grave.
- Frequência número de sessões e intervalos: a frequência de aplicação, número total de sessões e intervalos entre sessões influenciam resultados. Protocolos que prevê (cicatrização de feridas) intervalos muito grandes ou poucas sessões, podem ter a eficácia comprometida. Considere monitorar o número de sessões (2 a 3x/semana) monitore a resposta clínica. Dores de difícil manejo necessitarão de uma dose maior de energia aplicada no tecido se considerar o retorno desse paciente com intervalo de 1 semana. Sugestão: avaliar efetividade e resposta para 1 aplicação semanal por 4 semanas com doses inibitórias para os casos de dores intensas – 10J a 15J ponto a ponto sobre o local. Considerar a profundidade ou a superficialidade de onde irá aplicar (tecidos mais superficiais reagem a uma exposição com menor carga de energia).

- Técnica de aplicação: distância entre a ponteira ou caneta em relação a pele, ângulo de incidência, movimentos (pontual ou varredura?), espessura do tecido (ajustar protocolos propostos). Sugestão, padronize a técnica, a distância do contato (o mais próximo possível), ângulo de aplicação perpendicular. Considere uma boa limpeza da área, registre sobre os pontos que foram aplicados em cada sessão, assim terá melhores dados sobre como avaliar a eficácia da laserterapia.

Normativa Técnica Brasileira (ABNT) NBR IEC 60825-1 Classificação dos equipamentos a Laser.

A regulamentação brasileira para a segurança relacionada ao uso e manipulação de produtos a laser de baixa potência/intensidade está baseado nas Normas Técnicas da Comissão Eletrotécnica Internacional (ICE) incorporadas e publicadas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) como NBR IEC. A referência principal é a ABNT NBR IEC 60825-1 que apresenta a classificação e os requisitos de segurança para equipamentos a laser.

ABNT NBR IEC 60825-1: Classificação de segurança de equipamentos a laser.

As classes de baixa potência, consideradas de menor risco, incluem:

- **Classe 1:** Produtos seguros em todas as condições de uso, pois a potência de saída é extremamente baixa e inofensiva.
- **Classe 1M:** Equipamentos que emitem radiação na faixa visível, considerados seguros apenas se o feixe não for visualizado por meio de instrumentos ópticos (lupas, binóculos).
- **Classe 2:** Lasers que emitem radiação visível. A proteção dos olhos é garantida por reflexo de piscar, desde que o tempo de exposição seja inferior a 0,25 segundo. Potência máxima de 1 mW.
- **Classe 2M:** Assim como a Classe 1M, é segura para os olhos, exceto se houver uso de instrumentos ópticos. Emitem radiação visível.
- **Classe 3R:** Lasers que representam um risco baixo para a saúde dos olhos. Sua potência é de até cinco vezes o Limite de Emissão Acessível (LEA) da Classe 2 para radiação visível.
- **Classe 3B:** Equipamentos considerados de baixa potência para fins terapêuticos e estéticos, com potências menores ou iguais a 500 mW. Oferecem risco de lesão ocular em caso de exposição direta ao feixe.
- **Classe 4:** lasers capazes de causar danos nos olhos e na pele, e que podem igualmente provocar incêndios. O uso de óculos é obviamente obrigatório.

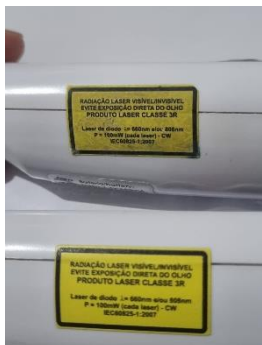


Foto 1. Classificação dos equipamentos a Laser – Classe 3R. Fonte: arquivo pessoal – Aliny Barbosa Enfa. Dermatológica. Marca: MMOptics

São normas previstas nessa Regulamentação:

- Rotulagem e advertências: produtos a laser devem conter rótulos de advertência e informações claras sobre sua classificação e potência, além de orientações de segurança.
- Os equipamentos devem conter etiqueta com símbolo da radiação laser e sua classificação
- Proteção ocular: a exposição sem a proteção dos olhos ocasiona dano ocular a retina, implicando na perda irreversível da visão. Os acidentes com lasers estão relacionados a profundidade da onda quanto a penetração no tecido e a facilidade de ser facilmente absorvidos.
- Nunca olhar diretamente para o feixe de luz, bem como não apontar para superfícies espelhadas.
- Todos os envolvidos devem estar fazendo uso dos óculos específicos, incluindo acompanhantes e paciente. O operador não poderá manusear o dispositivo sem óculos.
- Cada comprimento de onda requer tipo específico de óculos. Atentar para as especificações do fabricante.
- Sempre que for utilizar o equipamento, este deverá estar protegido com plástico, papel filme ou outro material que não seja opaco ou leitoso, sempre transparente. Trocar sempre entre pacientes.
- Os óculos de proteção, após o uso devem ser higienizados com água e sabão tipo detergente neutro, não utilize álcool para evitar danificar a película de proteção.



Foto 2. Óculos para proteção equipamentos a Laser – Classe 3R.
Fonte: arquivo pessoal – Aliny Barbosa Enfa. Dermatológica.
Marca: MMOptics



Foto 3. Etiquetas de alerta dos equipamentos a Laser –Classe 3R.
Fonte: arquivo pessoal – Aliny Barbosa Enfa. Dermatológica.
Marca: MMOptics

Classificação dos equipamentos a Laser.

Tipo de Meio Ativo	Exemplos	Adequação para LLLT	Vantagens	Desvantagens*
Gás	CO ₂ , Argon, He-Ne Laser CO ₂ : funciona aquecendo a água da pele, o que causa a ablação auxiliando nos processo de rejuvenecimento.	Não aplicável para os princípios de bioestimulação e biomodulação em LLLT.	Alta potência/efeito rápido (em cirurgia)	Poder ablasivo, térmico, tamanho, segurança, não ideal para “baixa potência” terapêutica. Fotocoagulação em oftalmologia.
Estado sólido	Nd:YAG, Er:YAG. Er:YAG (Érbio-YAG) atua mais superficialmente, sendo ideal para tratamentos de "peeling" e ablação precisa da pele devido à sua alta afinidade com a água. Nd:YAG (Neodímio-YAG) penetra mais profundamente e é usado para tratamentos de vasos sanguíneos. Remoção de tatuagens e manchas.	Usado em alguns aparelhos terapêuticos. Possuem alta afinidade por água.	Boa penetração, versátil, controle, com ação direta em ablação precisa da epiderme.	Custo elevado, pode ser “overkill” para baixa intensidade, sistema mais complexo.
Líquidos	Corantes fluorescentes como a cumarina diluída em etanol ou metanol.	Pouco usado em práticas clínicas de LLLT convencionais	Sintonizável, flexível. Pode ser usado para remoção de manchas.	Complexidade, manutenção, custo, menos praticidade clínica.
Semicondutor (diodo)	Diodos infravermelhos/vermelhos Ga-Al-As, Ga-As, Ga-In-As.	Muito usado em LLLT	Portátil, menor custo, bom para uso clínico.	Não pode ser utilizado como equipamentos ablasivos ou cirúrgicos.

Aspecto	Exigência Normativa
Classificação do Equipamento	Classe 3B – Emite radiação visível ou infravermelha contínua com potência entre 5 mW e 500 mW. Pode causar lesões oculares diretas ou refletidas. Exposição direta é potencialmente perigosa à retina e ao cristalino.
Normas Aplicáveis (Brasil)	- ABNT NBR IEC 60825-1: Segurança de equipamentos a laser – Classificação e requisitos. - ABNT NBR IEC 60601-2-22: Requisitos particulares para segurança de equipamentos médicos a laser cirúrgicos e de alta frequência. - NR-6: Equipamento de Proteção Individual (EPI).
Risco de Dano Ocular (Classe 3B)	Alta probabilidade de dano retiniano por feixes diretos ou refletidos. - Possibilidade de fotocoagulação, queimadura térmica, retinopatia e cegueira central. O dano é irreversível, mesmo com exposições inferiores a 0,25 segundos.
Proibição do Uso sem Proteção	O uso sem proteção ocular é estritamente proibido tanto para o aplicador (laserterapeuta) quanto para o paciente durante qualquer emissão de laser classe 3B. - A ausência de EPI adequado caracteriza infração sanitária e ética. O profissional responde por negligência e risco biológico evitável em caso de acidente.
Proteção Obrigatória para o Operador	Óculos de proteção exclusivo que atenda as especificações relacionadas ao tipo de onda conforme sua capacidade de penetração e profundidade do laser. Devem possuir densidade óptica (OD) adequada, - Certificação obrigatória (ABNT / ANSI / CE / EN). - Proteção lateral envolvente, bloqueando radiação direta e difusa. - Material da lente: policarbonato pigmentado, vidro com filtro metálico ou composto óptico de absorção seletiva.
Proteção Obrigatória para o Paciente	Óculos de proteção equivalentes aos do operador ou protetor ocular opaco estéril (em áreas distantes dos olhos). - Proibição absoluta de exposição ocular direta ou reflexa, mesmo sob pálpebras fechadas. - Deve ser posicionado antes da ativação do laser e mantido até o desligamento completo do equipamento.
Boas Práticas de Segurança Ocular	Testar e verificar integridade das lentes antes de cada uso. - Armazenar os óculos em estojo rígido, longe de produtos químicos. - Substituir lentes riscadas ou opacas imediatamente. - Proibir presença de pessoas sem proteção ocular na sala. - Exibir sinalização luminosa ou placa " ⚠ LASER EM USO – ACESSO RESTRITO". - Evitar superfícies reflexivas e bijuterias durante a sessão.
Fiscalização e Responsabilidade Profissional	O profissional é responsável pela avaliação de risco, escolha do EPI adequado e orientação ao paciente. - A ausência de uso de proteção ocular é passível de autuação pela vigilância sanitária e penalidade ética pelo conselho de classe.

Referência: Norma Técnica Associação Brasileira de Normas Técnicas: ABNT NBR IEC 60601-2-22 e ABNT NBR IEC 60825-1.

Referência: Norma Técnica Associação Brasileira de Normas Técnicas: ABNT NBR IEC 60601-2-22 e ABNT NBR IEC 60825-1.

Fotobioestimulação (Laserterapia) - Laser Vermelho

Definida como meio no qual há aplicação de energia luminosa não térmica em tecidos biológicos para induzir reações fotoquímicas e fotofísicas que promovem efeitos terapêuticos. De forma ampla, trata-se de um processo em que a luz interage com células e tecidos para modular a atividade biológica, sem causar aquecimento significativo.

São resultados baseados em evidências:

- ✓ Modulação da resposta inflamatória:
 - Aumento da microcirculação local na área aplicada;
 - Aumento do fluxo linfático, contribuindo para redução do edema;
 - Aumento no número de mastócitos e células fagocitárias;
 - Aumento na degranulação de mastócitos, componente chave para regulação do sistema de defesa;
 - Melhora no recrutamento de mediadores como leucócitos;
 - Diminui a expressão de marcadores inflamatórios como TNF- α e a IL-1 β .

- ✓ Fotoestimulação do reparo tecidual:
 - Angiogênese;
 - Indução no crescimento celular acelerado;
 - Aumento na velocidade da proliferação celular e da síntese colagênica;
 - Estímulo na estrutura da matriz extracelular, promovendo proliferação da proteína colágeno e no remodelamento ósseo;
 - Realinhamento na estrutura das tramas das fibras de colágeno e atenuação das áreas com formação de cicatrizes;
 - Realinhamento de fibras de colágeno;
 - Estimulação osteoblástica;
 - Aumento da mineralização óssea favorecendo melhor absorção do tecido ósseo para Cálcio e Fósforo (embora não atue de forma direta, a estimulação do laser vermelho promove condições celulares e metabólicas ideais para absorção Ca e o P).

✓ Modulação da Dor e Analgesia:

- Inibe PGE2 (ciclooxigenase) e COX (prostaglandina) induzidas durante a inflamação e responsáveis também por amplificar a resposta inflamatória;
- Melhora o desempenho, atuando na geração da condução elétrica que origina o impulso elétrico em neurônios;
- Sensação de relaxamento com atenuação da resposta da dor, induzido pela estimulação e liberação de neurotransmissores como a endorfina e a encefalinas;

✓ Controle e efetividade na Redução da Carga Microbiana local:

- A utilização do laser na onda vermelho já demonstrou ter efeitos antimicrobianos, mas é na Terapia Fotodinâmica que ela se mostra com potência maior (vide Terapia Fotodinâmica);
- Promissor e eficaz na desativação de biofilmes microbianos, estruturas complexas onde as bactérias se organizam e se protegem, tornando-as resistentes a muitos tratamentos convencionais.

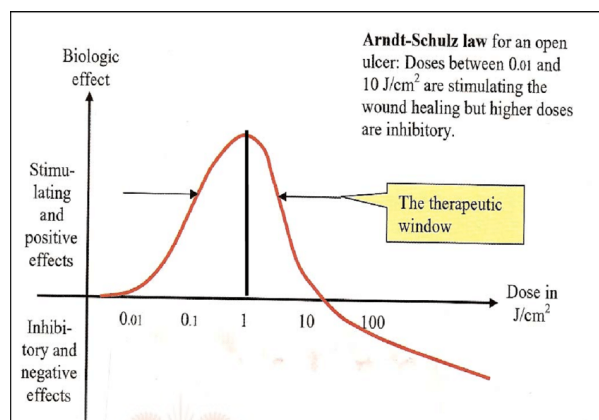
Janela Terapêutica

A janela terapêutica é um conceito biológico que descreve a resposta dos tecidos aos estímulos, formulada no século XIX descreve por meio da lógica e dos princípios da física o quanto a intensidade de um estímulo influencia efeitos biológicos nos tecidos vivos.

- Dose “fraca” fornece estímulo para o metabolismo celular;
- Dose “moderada” produz efeito terapêutico esperado ou ideal sobre o tecido vivo;
- Dose “excessiva” causa bioinibição ou efeitos prejudiciais.

A Lei de Arndt–Schulz postula que à medida que aumenta a dose, é possível sair de um estímulo inerte, para um estímulo forte o suficiente para gerar um efeito positivo e posteriormente, à medida que se mantém a a intensidade do estímulo é possível causar efeito negativo.

A dose de energia entregue no tecido é um fator físico crucial para determinar a resposta biológica. A intensidade da luz (fótons) determina a importância dos efeitos produzidos, como os eventos biofísicos e bioquímicos nas organelas celulares.



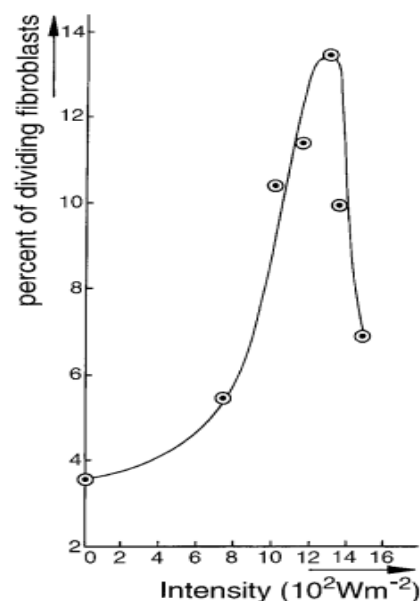
Lei de Arndt-Schulz: Estímulos fracos excitam a atividade fisiológica, estímulos moderados a inibem e estímulos fortes a retardam (Tunér e Hode, 2002).Disponível em: https://www.researchgate.net/figure/Arndt-Schulz-Law-Weak-stimuli-excite-physiological-activity-moderate-inhibits-and_fig7_24020770

O sucesso do tratamento dependerá do diagnóstico correto e remoção dos fatores que implicam na manutenção do retardo cicatricial. A laserterapia é complementar aos procedimentos tradicionais, favorecendo aumento na velocidade de reparação por estímulos que ocorrem nas células e/ou na membrana celular.

Relevante ao adotar como terapêutica adjuvante, a seleção do parâmetro em dosimetria com a finalidade de atuar conforme o efeito desejado, como estimulação ou inibição no caso da resposta inflamatória ou álgica.

Ao estabelecer um protocolo baseado na individualidade dos casos clínicos, a escolha da frequência e da quantidade de energia precisam estar dentro de uma janela ou faixa terapêutica.

De acordo com os estudos de Silva (2020) foi possível observar a porcentagem de fibroblastos em divisão, 24 h após irradiação com uma densidade de energia constante de $4 \times 10 \text{ J/cm}^2$. O principal resultado do estudo preliminar foi a demonstração experimental da existência de uma janela de intensidade de luz in vitro.



Janela Terapêutica – Bioestimulatória. Fonte: Sommer, Andrei & Pinheiro, Antonio & Mester, Adam & Franke, Ralf-Peter & Whelan, Harry. (2001). Biostimulatory Windows in Low-Intensity Laser Activation.

Paracelsus (Séc. XVI) “a diferença entre o remédio e o veneno é a dose.” (SILVA, 2018).

Cuidados relacionados ao Operador/Prescritor:

- Decisão sobre o modo de empregar e fornecer ao tecido a energia, podendo ser de aplicação direta ponto a ponto, modo varredura sobre a área desejada e/ou a distância – menor efeito (vide absorção, espelhamento e transmissão);
- Escolha do correto comprimento de onda;
- Bom senso para alterar parâmetros;
- Conhecimento sobre etiologia da lesão a ser tratada;
- Considerar a importância de coberturas e correlatos bem como o a relevância do preparo do leito da lesão para obter melhores resultados;
- Conhecimento das possibilidades terapêuticas;
- Preparo da área em que será aplicado o laser (limpeza da ferida, desbridamentos, remoção da umidade excessiva);
- Ângulação/ inclinação sobre o tecido a ser irradiado;
- Obrigatório uso dos óculos de proteção.

Biofotônica: Propósitos Terapêutico

A terapia fotoestimuladora produzida pela ação dos fótons pode ser usada no tratamento da dor, com a finalidade de promover a analgesia, e para reduzir áreas com presença de edema, reparando as células danificadas. Ou seja, é uma opção terapêutica para o tratamento da dor aguda e crônica, visto que atingindo os tecidos profundos com segurança, não causam danos ao paciente, podendo potencializar o efeito de drogas utilizados no alívio das dores causadas por traumas.

Da mesma forma, o laser é indicado no tratamento de patologias dolorosas das articulações, lesões musculares, lesões nos tendões e doenças ósseas, tanto agudas como crônicas. A ação da laserterapia não se restringe a um único mecanismo, envolve uma série de efeitos bioenergéticos e bioelétricos que refletirão sobre a modulação da dor – analgesia.

- Efeito Antiinflamatório;
- Efeito Analgésico;
- Otimização no Reparo Tecidual
- Ação direta na Cicatrização de Feridas;
- Controle em Dores Neuropáticas por meio da estimulação da regeneração da bainha de mielina;
- Modulador da atividade celular;
- Ação Miorrelaxante;
- Aumento de ATP mitocondrial;
- Proliferação de neurotransmissores implicados na modulação da dor, acelera a regeneração, o crescimento e mielinização dos axônios;
- Aumento no níveis de liberação de endorfinas e encefalinas;
- Estímulo direto sobre a microcirculação.

Terapia Fotodinâmica PDT/TFD

A terapia fotodinâmica (TFD) consiste na utilização de reações químicas ativadas por luzes (laser ou led) para destruição seletiva em um tecido-alvo. As fontes de luzes utilizadas para a TFD devem emitir comprimentos de onda no espectro de absorção do fotossensibilizador escolhido.

TFD utiliza fotossensibilizadores que, após serem excitados pelos feixes luminosos em um comprimento de onda específico, reagem com o oxigênio molecular para criar espécies reativas de oxigênio no tecido alvo, resultando na morte celular. Comparada às modalidades terapêuticas convencionais, a TFD apresenta maior seletividade contra células microbianas.

A TFD combina três elementos fundamentais:

1. Um agente fotossensibilizador (FS);
2. Fonte geradora de feixes luminosos atérmicos produtoras de fótons com comprimento de onda específico;
3. A presença de oxigênio molecular.

Quando o fotossensibilizador é ativado pela luz, haverá geração e formação estimulada de espécies reativas de oxigênio (EROs), principalmente oxigênio singlete ($^1\text{O}_2$) e radicais livres, que promovem danos oxidativos seletivos às células-alvo. O fotossensibilizador absorve energia da luz, passa ao estado excitado tripleto, transfere energia ao oxigênio molécula e gera espécies reativas.

Essas espécies produzem:

- Peroxidação lipídica das membranas. A peroxidação lipídica das membranas é um mecanismo-chave na terapia fotodinâmica (TFD), contribuindo para a destruição de células-alvo (células microbianas)
- Dano ao DNA e RNA microbiano;
- Oxidação de proteínas microbiana;
- E morte celular por apoptose ou necrose em células microbianas.

O mecanismo pode seguir dois caminhos:

- Tipo I: transferência de elétrons, que geram radicais livres e peróxidos.
- Tipo II: transferência de energia gerando oxigênio singlete.

Em comum, ambos mecanismos atuarão de forma a causar dano na estrutura celular de microrganismos presentes na lesão, contribuindo assim para melhor manejo e preparo do leito das feridas, propiciando aumento na velocidade de reparação tecidual.

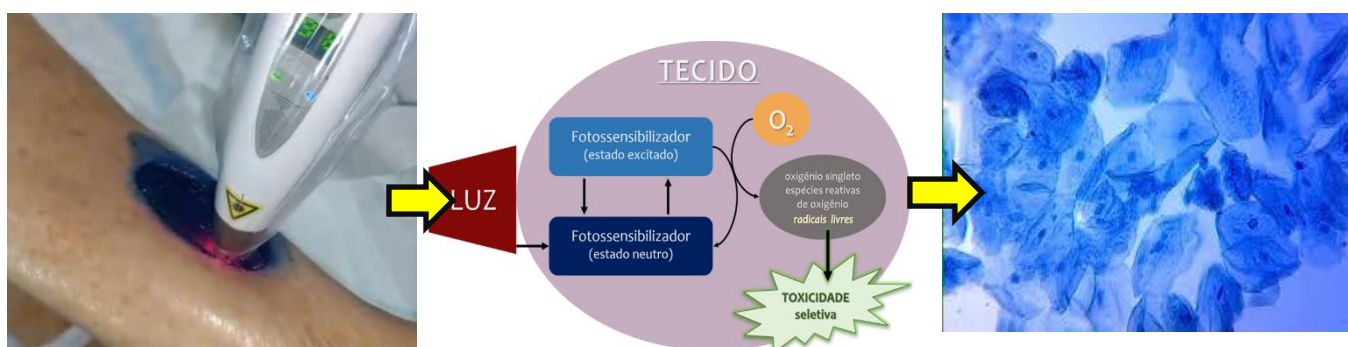


Foto 4.

Mecanismo de ação da Terapia Fotodinâmica Antimicrobiana. Foto 4. Registro fotográfico da aplicação da técnica dos arquivos pessoais – Aliny Barbosa. Enfa Dermatológica/ Estomaterapeuta. Esquema adaptado e modificado com referência em Dantas *et al* (apud Li T, Yan L 2018).

A Terapia Fotodinâmica (TFD/PDT) baseia-se em três pilares centrais:

1. Um agente fotossensibilizador (substância que se ativa com luz),
2. Uma fonte geradora de feixes luminosos atérmicos produtoras de fótons atérmicos com comprimento de onda específico,
3. Oxigênio molecular presente nos tecidos.

Quando esses três elementos estão juntos, a terapia pode gerar efeitos citotóxicos seletivos, principalmente para destruir formação de biofilmes e células microbianas, sendo seu melhor e maior poder em termos de ação, a redução da carga microbiana local.

- A luz ativa o fotossensibilizador. Quando essa área é iluminada com luz apropriada, o

fotossensibilizador absorve energia e vai para um estado excitado.

- O fotossensibilizador ativado interage com oxigênio para formar EROs.
- As EROs causam danos oxidativos nas células-alvo.
- O efeito é seletivo, devido à acumulação preferencial do fotossensibilizador e à luz direcionada.

As Espécies Reativas de Oxigênio – EROs na TFD

- São o principal agente citotóxico responsável pela eficácia da terapia.
- Têm um tempo de vida curto e atuam localmente, o que reduz danos a tecidos saudáveis.
- A produção de EROs depende da presença de oxigênio, da luz e do fotossensibilizador, permitindo controle preciso da terapia.
- Induzem morte celular por mecanismos como apoptose e necrose.
- Ativam respostas inflamatórias e imunológicas.
- Causam destruição seletiva de células-alvo, como os microrganismos.

As EROs são responsáveis pelo efeito terapêutico da TFD, pois promovem a destruição seletiva dos microrganismos que normalmente comprometem a evolução da cicatrização, preservando as células viáveis, de maneira a estimular seu crescimento saudável – tecido de granulação.

O sucesso da terapia fotodinâmica depende da presença adequada de oxigênio no tecido, pois a geração das EROs requer oxigênio molecular. Em tecidos com pouca oxigenação (hipóxia), a eficácia da TFD pode ser reduzida.

O azul de metileno (AM) é um corante fenotiazínico com alta afinidade por estruturas bacterianas e excelente potencial como fotossensibilizador de 1ª geração. Na TFD, ao ser ativado por uma fonte luminosa na faixa do vermelho (630–660 nm), o AM gera espécies reativas de oxigênio (EROs), principalmente oxigênio singlete ($^1\text{O}_2$), promovendo destruição seletiva de microrganismos.



Foto 5. Aplicação da Terapia Fotodinâmica em ferida complexa (crônica) associada ao fotossensibilizador azul de metileno a 1% para descontaminar e reduzir a formação de biofilme bacteriano. Fonte: fotos do arquivo pessoal – Aliny Barbosa Enfa. Dermatológica.

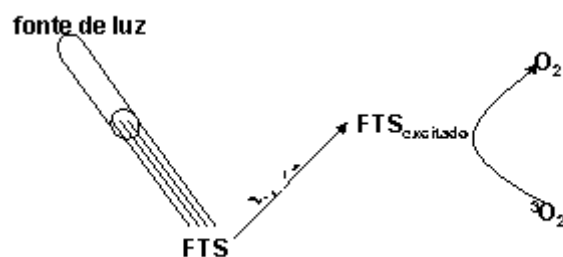
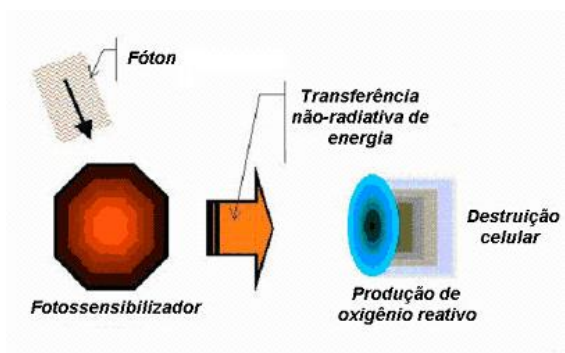


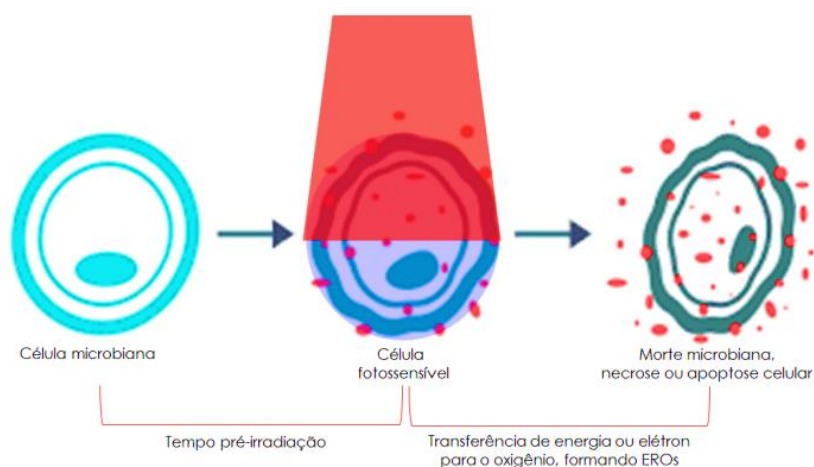
Foto 6. Aplicação da Terapia Fotodinâmica em onicomicose em hálux, fungo espécie *Trichophyton rubrum*. Associado ao uso do fotossensibilizador azul de metileno a 2% para descontaminar e tratar a dermatofitose em lâmina ungueal. Fonte: fotos do arquivo pessoal – Aliny Barbosa Enfa. Dermatológica.

Oxigênio singleto:

- Altamente reativo;
- No nível molecular, favorece a perda de elétrons da cadeia dos átomos, contribuindo para alterar a estrutura celular microbiana;
- Morte celular dos microrganismos (necrose ou apoptose);
- Neutraliza fatores de virulência.

Mecanismo de Ação





Terapia fotodinâmica, interação com o fotossensibilizador. Imagem adaptada e modificada da referência Ribeiro et al (2005).

- 1º Aplicação do corante na célula-alvo;
- 2º Aguardar o tempo de pré-irradiação;
- 3º Irradiar o feixe luminoso da ponteira do equipamento no comprimento de onda e em conformidade com o protocolo pretendido com emprego do fotossensibilizador (na porcentagem escolhida);
- 4ª Formação de espécies reativas de oxigênio;
- 5ª Morte celular por necrose ou apoptose.

Concentração de AM	Aplicação típica	Efeito predominante	Evidências e observações clínicas
0,01% – 0,05%	Feridas superficiais, com leve colonização bacteriana	Bacteriostático leve, baixa citotoxicidade.	Alta biocompatibilidade; indicada em pacientes sensíveis ou feridas complexas (crônicas) sem exsudato purulento. Baixa efetividade.
0,1% – 0,5%	Feridas infectadas com biofilme inicial.	Bactericida moderado, boa penetração tecidual	Excelente relação eficácia/segurança; maior produção de EROs sem necrose tecidual.
1% – 2%	Feridas infectadas profundas e com biofilme maduro.	Efeito bactericida intenso, ação antisséptica ampliada	Estudos demonstram redução de <i>Staphylococcus aureus</i> e <i>Pseudomonas aeruginosa</i> e ação sobre fungos dermatófitos. Atentar para a quantidade de energia (J/Cm ²) irradiado no local. Quanto maior a concentração do AM, maior necessidade de ajuste na dose da potência aplicada no tecido.

Mecanismo de ação do fotossensibilizador Azul de Metileno:

1. O AM penetra na célula microbiana devido à sua carga positiva e lipofilia.
2. Ao ser excitado pela luz, o AM transfere energia ao oxigênio molecular, gerando radicais livres e oxigênio singlete.
3. Essas espécies oxidam lipídios de membrana, proteínas e o DNA microbiano, levando à morte seletiva celular microbiana sem causar dano significativo ao tecido saudável.

❖ Indicações e Recomendações para obter melhores resultados com a Terapia Fotodinâmica – TFD/PDT

Indicações	Contexto Clínico	Evidências / mecanismos relevantes
Feridas infectadas ou colonizadas (superficiais)	Feridas que apresentam contaminação/colonização ou infecção leve/moderada (ex: lesões vasculares, lesão em pé relacionada ao DM, feridas cirúrgicas).	Os levantamentos bibliográficos evidenciam que em feridas infectadas a TFD reduziu viabilidade microbiana bem como o tamanho da ferida significativamente menor comparado controle.
Feridas crônicas (não cicatrizadas)	Lesões de longa evolução, com atraso de cicatrização ou repetidas infecções.	a TFD acelera a repitelização, estimula fibroblastos, colágeno e elastina. Por intermédio da redução da carga microbiana nas lesões.
Biofilmes em feridas	Quando microrganismos formam biofilme e estão resistentes à terapia convencional.	Estudos com aPDT (antimicrobial PDT) mostram ação contra biofilmes de <i>Staphylococcus aureus</i> em queimaduras.
Complemento à terapia antimicrobiana e de cicatrização	Em combinação com limpeza da ferida, desbridamento ou curativos convencionais.	A TFD não substitui, mas pode potencializar a ação antimicrobiana e a cicatrização com menor risco de resistência microbiana.
Aplicações em tecidos superficiais acessíveis à luz	Pele, feridas cutâneas ou superficiais onde o fotossensibilizador, luz e oxigênio podem atuar.	a TFD tem melhores resultados se a área lesionada favorecer acesso ao feixe luminoso – contato direto.

Elaborado por: Aliny Barbosa. Enfermeira Dermatológica e Estomaterapeuta. Habilitação em Biofotônica. – Out. 2025

Irradiação Intravascular do Sangue a Laser (ILIB) *Intravascular Laser Irradiation of Blood*

ILIB (também citado como “intravascular laser irradiation of blood”, “intravenous laser therapy”, “intravascular photobiomodulation”) é uma forma de fotobiomodulação sistêmica que expõe o sangue a luz de baixa intensidade — historicamente com laser He-Ne ($\approx 632\text{--}635$ nm) ou diodos vermelhos/infravermelhos — com objetivo de modular respostas inflamatórias, oxidação/redução, microcirculação e metabolismo celular.

É uma modalidade de fotobiomodulação, segura pois os fótons são emitidos sobre a pele, penetrando conforme a modalidade da onda – vermelho/infravermelho, desempenhando ação sistêmica. Os fótons tipicamente vermelhos 630–660 nm atingem cromóforos no sangue principalmente o Citocromo C Oxidase nas mitocôndrias de células circulantes e endotélio, provocando um aumento controlado da atividade mitocondrial (ATP), liberação de óxido nítrico (NO), produção regulada de espécies reativas de oxigênio (ROS) e modulação de sinais iônicos (Ca^{2+}) esses eventos resultam em ações sobre a cascatas de sinalização que alteram função plaquetária, leucocitária, endotelial e metabólica sistêmica.

Em células irradiadas há influência no aumento de ATP, essa estimulação representará aumento da capacidade respiratória mitocondrial. Esse mecanismo é a base bioenergética que pode ser exemplificada por meio de:

- Consequência funcional: aumento de ATP em células sanguíneas e células endoteliais pode melhorar metabolismo celular, capacidade fagocitária, reparo e resposta ao dano. Em tecidos-alvo condiciona melhor reserva energética para reparo.
- Perfusão Microvascular: aumento transitório da perfusão microvascular, melhora da oxigenação tecidual e potencial melhora na remoção de metabólitos tóxicos.
- Efeito dependente da dosimetria: a ativação mitocondrial gera um pulso leve de ROS que funciona como segunda mensagem, ativando as vias de sinalização, induzindo a

expressão de fatores de sobrevivência/defesa antioxidante, resultando em redução da inflamação em longo prazo.

- **Hemácias / oxigenação:** a biofotoestimulação sistêmica pode melhorar a performance das hemácias e reduzir agregação, melhorando fluxo capilar. Isso melhora transporte de O₂ e troca metabólica. Merolha na viscosidade sanguínea após ILIB.
- **Plaquetas:** luz de baixa intensidade pode reduzir ativação e agregação plaquetária (efeito anticoagulante transitório), contribuindo para melhor microcirculação.

São benefícios imediatos observados com a ILIBterapia:

- Vasodilatação e melhora microcirculação;
- Aumento da oxigenação tecidual;
- Estímulo energético celular (ATP);
- Efeito antioxidante e anti-inflamatório inicial;
- Melhora do metabolismo e hemodinâmica;
- Sensação subjetiva de bem-estar, analgesia leve e relaxamento.



Foto 7. Sessão de fotomodulação – Ilibterapia infravermelho para modular dores crônicas – Fibromialgia. Fonte: arquivo pessoal – Aliny Barbosa Enfa. Dermatológica.



Foto 8. Sessão de fotomodulação – Ilibterapia vermelho para estimular modulação da dor e resposta analgésica. Fonte: arquivo pessoal – Aliny Barbosa Enfa. Dermatológica.

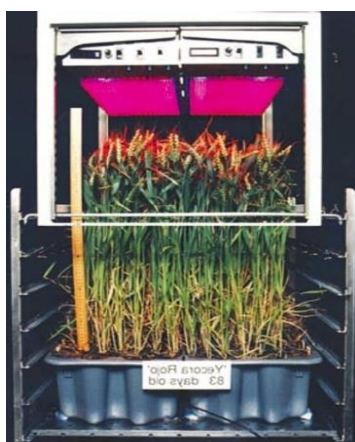
LEDterapia - LED's

A história da LEDterapia, também conhecida como fotobiomodulação, está ligada a pesquisas sobre o uso terapêutico da luz em geral, mas teve um impulso decisivo com o desenvolvimento da tecnologia LED e os estudos da NASA na década de 1990.

Em 1967 Dr. Endre Mester médico húngaro estudioso e presidente do Second Surgery Department na Semmelweis Medical University, em Budapeste, realizou consideráveis pesquisas que permitiram a compovação acerca dos efeitos da radiação laser de baixa intensidade, bem como o potencial uso clínico em diversas modalidades de tratamentos. Naquele período o pesquisador não chegou a resultados que pudessem comprovar o uso no tratamento de câncer. No entanto, pode observar aquilo que ele chamou de evento de bioestimulação.

No final da década de 1980, no Centro de Automação e Robótica Espacial de Wisconsin, pesquisadores estudavam formas efetivas e inovadoras a fim de possibilitar cultivos de alimentos em missões espaciais de longa duração. O uso de luzes LED vermelha e azuis geraram interesses, potencializando a possibilidade de otimizar a fotossíntese e crescimento de plantas em ambientes com microgravidade

O objetivo estava pautado sobre a potencialidade do emprego das luzes LED nas cores vermelhas e azuis para estimular o processo de fotossíntese em meio inóspito para o cultivo e crescimento de plantas, como leguminosas, a exemplo a batata.

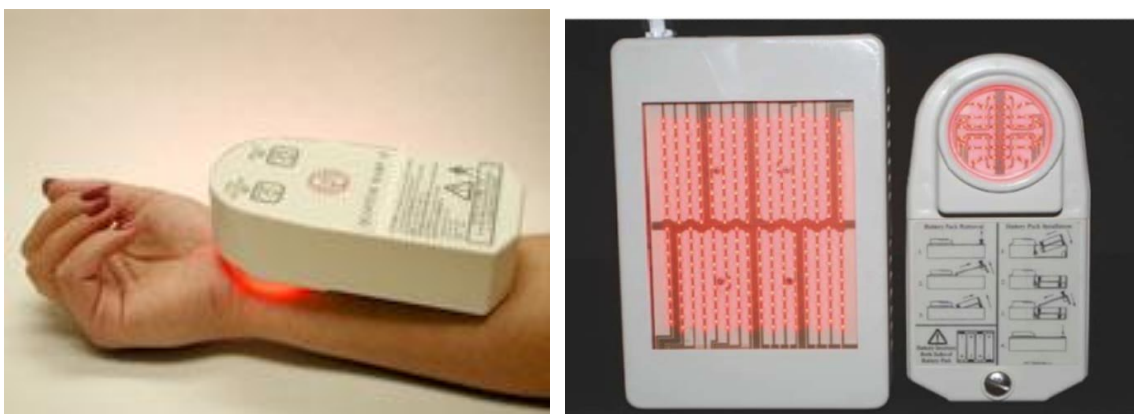


Quantum Devices Inc. (QDI), de Barneveld, Wisconsin, propôs a utilização de componentes eletrônico e semiconductor que converte energia elétrica - LEDs como fonte de fótons.

Em 1995, um experimento no ônibus espacial Columbia trouxe resultados promissores, evidenciando o sucesso no cultivo de batatas usando LEDs. Observaram também que enquanto manipulavam os LEDs, que os ferimentos oriundos de cortes pequenos em mãos cicatrizavam mais rapidamente que o habitual. Com os resultados evidenciados na prática a NASA, a agência independente do governo federal deu início ao novo rumo em pesquisas com o uso de LED's Dr. Harry Whelan, neurologista.

Entre os anos de 1995 e 2003, por meio de contratos com o programa SBIR (*Small Business Innovation Research*) e financiamentos dos estudos experimentais com LEDs vermelhos e infravermelhos, foram comprovados que as feridas tratadas com LED apresentaram regeneração e reparação tecidual (epitelização) na proporção de 50% e músculos lesionados com recuperação 40% superior em relação aos grupos de controle dos casos controles.

Os resultados obtidos naquele período foram definidores para a criação do dispositivo WARP 10, criado com a finalidade de tratamentos para lesões musculares, processos inflamatórios e dores agudas ou crônicas em soldados da força de elite da Marinha dos EUA em missões.



WARP 10 da Quantum Light Systems dispositivo portátil de LED (diodo emissor de luz) de alta intensidade, projetado para o tratamento da dor crônica através da emissão de energia no espectro do infravermelho. Disponível em: https://www.warp-light.com/Quantum_light_warp_10.html

LEDT é uma modalidade de fotobiomodulação (PBM) que usa diodos emissores de luz (LEDs) — normalmente nas bandas vermelha (~600–700 nm) e infravermelho próximo (~760–900 nm), às vezes combinada com comprimentos de onda azuis e verdes — para modular processos celulares sem efeito térmico apreciável. É usada para reduzir inflamação, acelerar cicatrização, modular resposta imune e aliviar dor (BUENO, 2014).

Como a luz LED ativa respostas que aumentam Superóxido Dismutase (SOD) e outros antioxidantes?

A superóxido dismutase (SOD) é uma enzima antioxidante, que desempenha funções relacionadas a proteção ao organismo do estresse oxidativo. A SOD é descrita como sendo uma das principais linhas de defesa do metabolismo com ação na inibição da resposta inflamatória. Produzida nas organelas celulares como mitocôndria e está também presente no citosol no citoplasma das células.

- **Absorção por cromóforos mitocondriais** compostos como a citocromo c oxidase (CCO) e outras metaloproteínas absorvem fótons vermelhos/NIR. Isso modifica a atividade da cadeia respiratória.
- **Aumento transitório da atividade mitocondrial** (Trifosfato de Adenosina – ATP) há aumento de transporte eletrônico e de ATP disponível - a principal função do ATP é armazenar e fornecer a energia necessária para o metabolismo celular. A estimulação favorecerá a melhora da energia celular para reparo e síntese proteica.
- **Geração controlada de espécies reativas (ROS)** promove liberação de NO (óxido nítrico) pequenas quantidades de ROS (isuperóxido/H₂O₂) e liberação/deslocamento de NO atuam como segundos mensageiros (redox signaling). Esses sinais ativam quinases e modulam cálcio intracelular. Tais reações bioquímicas são fundamentais para modular e controlar funções celulares e metabólicas como: resposta imune, proliferação e diferenciação celular. Esse mecanismo complexo pode ser induzido por meio da biofotônica.
- **Efeito fisiológico:** redução da inflamação (diminuindo TNF- α , IL-1 β , IL-6), melhor proliferação de fibroblastos/queratinócitos, aumento de colágeno e angiogênese; tudo isso favorece cicatrização e reduz dor.

Diferenças práticas entre LED e LLLT (Laser):

- **Coerência/monodirecionalidade:** lasers são coerentes; LEDs não. Porém, coerência não é estritamente necessária para efeitos biológicos em muitos casos, para minimizar,

emprega-se um tempo maior para a aplicação dos leds comparado aos equipamentos de lasers.

- **Penetração:** lasers pontuais e de maior potência podem penetrar mais; LEDs têm área ampla e penetração mais superficial (mas múltiplos LEDs e doses adequadas alcançam tecido relevante).

Feridas / cicatrização

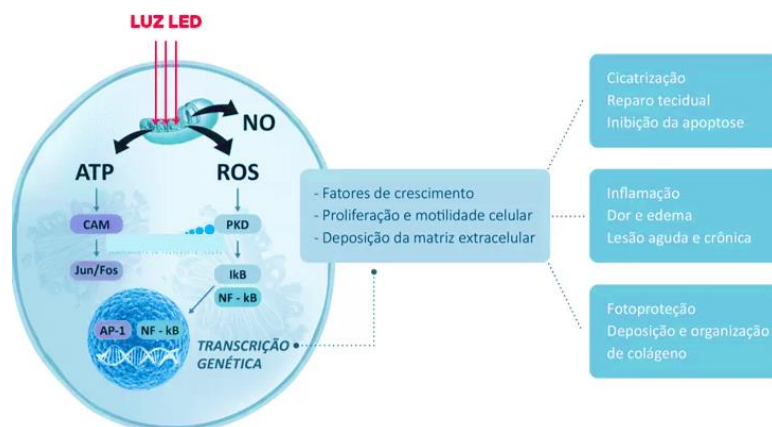
- Revisões e estudos pré-clínicos e clínicos apontam que biofotoestimulação com LEDs acelera fechamento de feridas, reduz inflamação e melhora qualidade do tecido neoformado.

De acordo com Silva et al (2019) houve aumento expressivo na síntese de colágeno após a irradiação com LED nos modelos humanos observou-se que nas culturas de fibroblastos pode ser comprovados os potenciais e reais benefícios da LEDterapia.

Controle da dor

- LEDT/LLLT demonstram efeitos analgésicos em dor aguda e crônica (mialgia, osteoartrite, dor orofacial), via redução de inflamação, modulação de condução nervosa e alterações metabólicas locais.

Essas luzes penetram de forma controlada nos tecidos e ativam fotorreceptores intracelulares, principalmente a citocromo c oxidase, na cadeia respiratória mitocondrial. O resultado é um aumento da produção de ATP, modulação do óxido nítrico (NO) e redução do estresse oxidativo — bases para a regeneração e analgesia.



Efeitos do LED na síntese do colágeno. Fonte: FERREIRA, Ana Flávia; BOMFIM, Fernando Russo Costa do.

Benefícios na Cicatrização Tecidual

1. Aceleração da regeneração celular

A energia luminosa emitida pelo LED estimula: proliferação de fibroblastos e aumento na produção de colágeno tipo I e III, essenciais para o fechamento da ferida.

- **Aumento da angiogênese**, com formação de novos capilares e maior oxigenação local.
- **Maior expressão de fatores de crescimento** (TGF- β , VEGF, FGF).

Estudos mostram que o LED vermelho (660 nm) promove uma organização mais densa das fibras colágenas e reepitelização mais rápida em feridas experimentais (Heo et al., 2019; Dos Reis et al., 2022).

2. Ação antioxidante e antinflamatória

A fotobiomodulação por LED:

- **Aumenta a expressão de superóxido dismutase (SOD)** enzima essa capaz de converter elementos tóxicos em menos tóxicos protegendo assim as células e catalase (CAT), que neutralizam radicais livres (ROS).
- **Reduz citocinas inflamatórias** (IL-1 β , IL-6, TNF- α).
- **Favorece a transição do processo inflamatório para o reparo**, equilibrando as fases da cicatrização.

Esse equilíbrio é essencial: níveis moderados de ROS são úteis para sinalização celular, mas o excesso causa dano tecidual. O LED atua como modulador redox, não apenas como antioxidante direto.

3. Melhora da oxigenação e perfusão

A liberação de óxido nítrico (NO) induzida pela luz LED causa vasodilatação local, o que:

- Aumenta a microcirculação e o fornecimento de nutrientes à área lesada.
- Reduz hipóxia tecidual, acelerando o metabolismo local.

4. Efeito sobre a integridade da matriz extracelular

O LED favorece:

- A degradação controlada de tecido necrótico,
- O recrutamento de macrófagos M2 (anti-inflamatórios),
- A deposição organizada de colágeno, resultando em cicatrizes mais estáveis e esteticamente melhores.



Foto 9.



Foto 10.

Foto 9. Sessão de Ledterapia cor vermelho para otimizar cicatrização de lesão em pé associada ao Diabetes Mellitus tipo 2. Imagem de arquivo pessoal – Aliny Barbosa Enfa. Dermatológica Foto 10. Sessão de Ledterapia cor vermelho para otimizar cicatrização em lesão por pressão em região sacral. Marca: Cicatrilluz - Cosmedical Imagem de arquivo pessoal – Aliny Barbosa Enfa. Dermatológica.

MODULAÇÃO DA DOR CRÔNICA A LEDterapia é amplamente utilizada na **analgesia não farmacológica**, especialmente em:

- Dores miofasciais,
- Artralgia,
- Neuropatias periféricas,
- Lombalgia e fibromialgia.

Mecanismo Bioquímico:

- Aumenta a síntese de ATP neuronal, otimizando a função das fibras nervosas.
- Reduz a liberação de substância P e prostaglandinas, mediadores da dor.
- Modula canais de cálcio e sódio, reduzindo a excitabilidade das terminações nervosas.
- Estimula a liberação de endorfinas e serotonina — neurotransmissores com ação analgésica.

Efeitos fisiológicos:

- Redução do edema e da pressão tecidual sobre terminações nervosas.
- Diminuição da sensibilização periférica e central (importante em dor crônica).
- Relaxamento muscular, promovendo alívio em síndromes dolorosas miofasciais.

Efeitos Terapêuticos X Comprimento das Ondas: LED's**● LED Vermelho (630–700 nm)**

- Principal alvo: citocromo C Oxidase (complexo IV mitocondrial).
- Efeitos: aumento ATP, aumento na síntese proteica, aumento na síntese e deposição de colágeno tipo I/III. Indicado para: processos de cicatrização, fotorejuvenescimento, feridas crônicas e mucosite.



Foto 11. Sessão de Ledterapia cor vermelho para otimizar cicatrização em Lesão por pressão. Fonte: arquivo pessoal – Aliny Barbosa Enfa. Dermatológica.

● LED Azul (400–470 nm)

- Principal alvo: porfirinas bacterianas → formação de oxigênio singlete e radicais livres localizados.
- Efeitos: destruição de bactérias Gram-positivas e Gram-negativas. Indicado para: acne, feridas infectadas, dermatites bacterianas, redução de inflamação superficial.

Não indicado para uso prolongado em feridas abertas extensas (pode retardar epitelização se usado isoladamente). Comprovado dano celular sobre fibroblastos em tecidos de granulação. Indicação clínica para redução da carga microbiana em feridas infectadas.



Foto 12. Aplicação de Ledterapia cor azul na descontaminação de lesão em calcâneo por pressão não aliviada. Técnica TFD com azul de metileno a 1%. Fonte: fotos de arquivo pessoal – Aliny Barbosa Enfa. Dermatológica.

● LED Verde (515–550 nm)

- Principal alvo: melanócitos e fibras autonômicas da pele.
- Efeitos: regulação da produção de melanina, melhora da oxigenação cutânea, ação calmante e homeostática. Indicado para: manchas, rosácea, alterações pigmentares pós-inflamatórias, relaxamento.



Foto 13. Aplicação de Ledterapia cor verde em tecido de epiteliação em ferida operatória para estimular síntese de colágeno e elastina. Fonte: fotos de arquivo pessoal – Aliny Barbosa Enfa. Dermatológica.

● LED Âmbar (570–600 nm)

- Principal alvo: vasos superficiais e linfáticos.
- Efeitos: estimula o fluxo linfático, melhora da elasticidade, nutrição cutânea e redução de eritemas.
- Indicado para: tratamentos estéticos, pós-procedimentos dermatológicos, rosácea, olheiras, pós-peeling. Auxilia no reestabelecimento da força tênsil do tecido.

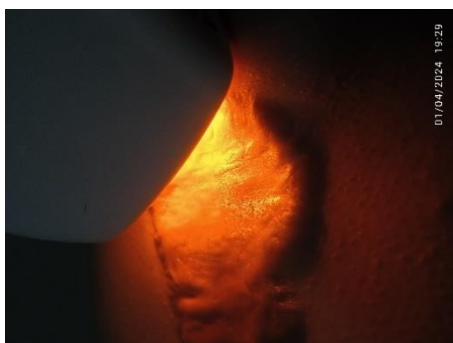


Foto 14. Aplicação de Ledterapia cor âmbar com o objetivo de estimular síntese de colágeno em ferida operatória. Fonte: imagens de arquivo pessoal – Aliny Barbosa Enfa. Dermatológica.

● LED Violeta (400–420 nm)

- Combina propriedades do azul (bactericida) e vermelho (regeneradora).
- Efeitos: redução microbiana com estímulo reparador concomitante. Indicado para: feridas infectadas, acne inflamada, pós-operatórios contaminados, controle de biofilmes.

Considerações Clínicas Importantes

Parâmetros terapêuticos devem considerar:

- Densidade de energia (J/cm^2),
- Potência do LED (mW),
- Tempo de exposição e frequência de sessões. O equilíbrio entre dose, cor e tipo de tecido determina o sucesso clínico.

Princípios Fundamentais e Comprimentos de Onda (nm) empregadas e utilizadas nas programações dos equipamentos terapêuticos de LEDs:

Cor do LED	Faixa de Comprimento de Onda (nm)	Profundidade de Penetração	Ações Biológicas Principais	Indicações Terapêuticas Mais Frequentes
 Vermelho	630–700 nm	5 a 10 mm (tecidos superficiais e médios)	Estímulo mitocondrial (↑ ATP), aumento da síntese de colágeno, angiogênese, modulação da inflamação.	Cicatrização de feridas, queimaduras, pós-operatórios, rejuvenescimento facial, mucosite oral, psoríase.
 Azul	400–470 nm	0,5 a 2 mm (epiderme)	Ação antimicrobiana (absorção pelas porfirinas bacterianas, com liberação de ROS letais para microrganismos), efeito calmante e anti-inflamatório superficial.	Acne em processo inflamatório, infecções bacterianas superficiais, controle de biofilmes, feridas colonizadas e dermatites.
 Verde	515–550 nm	2 a 4 mm (camadas intermediárias da pele)	Modulação da microcirculação e da pigmentação, equilíbrio neurovegetativo, relaxamento	Hipercromias, manchas, rosácea leve. Melhora o fluxo da circulação linfática, reduz edema.
 Âmbar (amarelo)	570–600 nm	3 a 5 mm	Estímulo à regeneração epitelial, drenagem linfática, melhora da oxigenação e da tonicidade cutânea	Rejuvenescimento, tratamento de eritemas e rosáceas, pós-peeling, olheiras, edemas faciais leves.
 Violeta (ou roxo)	400–420 nm (mistura de azul + vermelho)	1 a 3 mm	Combina ação bactericida (azul) e regeneradora (vermelho), resultando em efeito duplo: reparador e antisséptico.	Feridas infectadas, acne ativa, rosácea inflamada, inflamações com colonização bacteriana, cicatrização pós-procedimentos invasivos.

Elaborado por: Aliny Barbosa. Enfermeira Dermatológica e Estomaterapeuta. Habilitação em Biofotônica. – Out. 2025

Efeitos fisiológicos dos Led ‘s sobre os tecidos vivos

Efeito	Descrição
Bioestimulação celular	Aumento da atividade mitocondrial e síntese de ATP.
Regeneração tecidual	Acelera proliferação de fibroblastos, queratinócitos e colágeno tipo III.
Efeito antiinflamatório	Reduz liberação de prostaglandinas e citocinas pró-inflamatórias.
Ação analgésica	Liberação de endorfinas e modulação de mediadores da dor.
Neovascularização	Estimula angiogênese local e melhora da perfusão tecidual.
Reepitelização	Acelera o fechamento de feridas cutâneas.

❖ Comprimento de Ondas e Aplicações Sugeridas

Cor / Faixa (nm)	Ação predominante	Aplicações clínicas
Vermelho (630–660 nm)	Estimula fibroblastos, colágeno e epitelização.	Cicatrização, inflamações superficiais.
Âmbar (590–610 nm)	Atua sobre camadas intermediárias.	Rejuvenescimento, inflamação leve.
Infravermelho (800–850 nm)	Penetração mais profunda.	Dor muscular, tendinopatias, dores com difícil manejo farmacológico.
Azul (450–470 nm)	Ação bactericida e antiinflamatória.	Acne, feridas infectadas.
Verde (520–540 nm)	Efeito calmante e regulador.	Tratamentos estéticos e vasculares leves. Melhora o fluxo da circulação linfática.

Elaborado por: Aliny Barbosa. Enfermeira Dermatológica e Estomaterapeuta. Habilitação em Biofotônica. – Out. 2025

❖ Comparativo acerca da Efetividade e Tempo de Resposta

Aspecto	Laser (LLLT – Low Level Laser Therapy)	LED (Light Emitting Diode Therapy)
Tipo de energia	Monocromática, coerente e colimada	Policromática, incoerente e divergente
Densidade de potência (irradiância)	Alta (até 500 mW/cm ² ou mais, dependendo do equipamento e finalidade do uso.	Baixa a moderada (<100 mW/cm ²)
Penetração tecidual	Profunda — atinge estruturas como fáscia, músculo, tendão e nervo	Superficial a média — epiderme e derme; penetração limitada
Tempo de aplicação por área (velocidade)	Aplicação lenta, mas precisa e concentrada.	Aplicação em varredura ou painel: mais rápida, cobrindo áreas extensas
Tempo de resposta biológica	Resultados mais rápidos e intensos, especialmente em tecidos profundos ou lesões localizadas.	Resultados mais lentos e graduais, dependentes da repetição de sessões.
Efeito fotobiomodulador	Elevado — maior ativação mitocondrial e síntese de ATP por célula.	Moderado — ação difusa com menor densidade de fótons por área.
Indicações principais	Feridas profundas, complexas (crônicas), dor muscular e neural, pós-operatório, reparo ósseo	Feridas superficiais, inflamações leves, rejuvenescimento, acne, reparo cutâneo
Tempo médio de sessão	30 segundos a 2 minutos por ponto (dependendo da área)	5 a 15 minutos por área (geralmente painéis ou sondas múltiplas)
Segurança e custo operacional	Exige controle rigoroso de dosimetria e proteção ocular.	Alta segurança e facilidade de uso, menor custo.
Efetividade geral	Alta efetividade em tecidos profundos e condições que exigem concentração energética.	Boa efetividade em tecidos superficiais e processos inflamatórios leves a moderados.

Elaborado por: Aliny Barbosa. Enfermeira Dermatológica e Estomaterapeuta. Habilitação em Biofotônica. – Out. 2025.

❖ Comparativo entre a efetividade e o tempo de resposta fisiológica dos tecidos vivos

Estimulação Biológica	Laser	LED
Ativação mitocondrial	Rápida — alta concentração de fótons no citocromo c oxidase	Gradual — baixa densidade de fótons, necessitando mais sessões
Síntese de colágeno e fibroblastos	Mais intensa e precoce (a partir das primeiras sessões)	Progressiva, com resposta cumulativa após 4–6 sessões
Angiogênese e oxigenação	Estímulo direto em tecidos profundos	Predominantemente superficial e difusa
Controle inflamatório	Redução rápida de mediadores pró-inflamatórios (IL-1, TNF- α)	Modulação leve e progressiva

Elaborado por: Aliny Barbosa. Enfermeira Dermatológica e Estomaterapeuta. Habilitação em Biofotônica. – Out. 2025.

❖ Natureza da Energia e Interação Biológica

Aspecto	Laser (LLLT)	LED (LEDterapia)
Tipo de emissão	Feixe colimado, coerente, monocromático.	Feixe divergente, incoerente, policromático.
Precisão da energia	Alta: energia concentrada em pontos específicos.	Média: energia distribuída em área ampla
Absorção tecidual	Direcionada, eficiente, alcança tecidos mais densos (músculo, fáscia, nervo).	Dispersa, com absorção predominantemente dérmica.
Risco térmico	Baixo, mas requer controle da dosimetria.	Mínimo, praticamente inexistente.

Elaborado por: Aliny Barbosa. Enfermeira Dermatológica e Estomaterapeuta. Habilitação em Biofotônica. – Out. 2025.

Referencias Consultadas

ABREU, Carla Cristine Schaus. Irradiação intravascular da luz de laser no sangue: uma técnica promissora para a melhoria sistêmica do paciente. **Revista Brasileira de Odontologia**, v. 76, p. 55, 2019. Acesso em 09 set. 2025 às 07:15h. Disponível em: https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=ABREU%2C+Carla+Cristine+Schaus.+Irradia%C3%A7%C3%A3o+intravascular+do+sangue+com+laser%3A+uma+t%C3%A9cnica+promissora+para+a+melhoria+sist%C3%AAmica+do+paciente.+Revista+Brasileira+de+Odontologia%2C+v.+21%2C+n.+3%2C+p.+%5Bsemp%C3%A1ginas+indicadas%5D%2C+2019&btnG=.

AZEVEDO, R. A. et al. Primeiro laser de CO₂, de Patel. *Revista da Faculdade de Odontologia da PUCRS*, Porto Alegre, 2007. Disponível em: <https://revistaseletronicas.pucrs.br/fo/article/view/1209/1923>. Acesso em: 3 nov. 2025.

BARBOSA, Aliny. Aplicação de Ledterapia cor verde em tecido de epitelização em ferida operatória para estimular síntese de colágeno e elastina. Marca: Vitality Ponce Plus. [Fotografia 13]. Mogi Guaçu, SP, 2024. Arquivo pessoal.

BARBOSA, Aliny. Aplicação da Terapia Fotodinâmica Antimicrobiana em ferida complexa associada ao uso do fotossensibilizador azul de metileno a 1% para descontaminar e reduzir área de formação de biofilme bacteriano. [Fotografia 5]. Mogi Guaçu, SP, 2024. Arquivo pessoal.

BARBOSA, Aliny. Aplicação da Terapia Fotodinâmica em onicomicose em hálux, fungo da espécie *Trichophyton rubrum*. Associado ao uso do fotossensibilizador azul de metileno a 2% para descontaminar e tratar a dermatofitose em lâmina ungueal. [Fotografia 6]. Mogi Guaçu, SP, 2025. Arquivo pessoal.

BARBOSA, Aliny. Aplicação de Ledterapia cor âmbar com o objetivo de estimular síntese de colágeno. Marca: Vitality Ponce Plus.[Fotografia 14]. Mogi Guaçu, SP, 2024. Arquivo pessoal.

BARBOSA, Aliny. Aplicação de Ledterapia cor azul na descontaminação de lesão em calcâneo por pressão não aliviada. Técnica TFD com azul de metileno a 1%. Marca: Vitality Ponce Plus. [Fotografia 12]. Mogi Guaçu, SP, 2024. Arquivo pessoal.

BARBOSA, Aliny. Classificação dos equipamentos a Laser Marca: MMOptics – Classe 3R. [Fotografia 1]. Mogi Guaçu, SP, 2024. Arquivo pessoal.

BARBOSA, Aliny. Etiquetas de alerta dos equipamentos a Laser- Classe 3R. Marca: MMOptics. [Fotografia 3]. Mogi Guaçu, SP, 2024. Arquivo pessoal.

BARBOSA, Aliny. Mecanismo da ação da Terapia Fotodinâmica Antimicrobiana. [Fotografia 4]. Mogi Guaçu, SP, ano. Arquivo pessoal.

BARBOSA, Aliny. Óculos para proteção equipamentos a Laser MMOptics – Classe 3R Marca: MMOptics.[Fotografia 2]. Mogi Guaçu, SP, 2024. Arquivo pessoal.

BARBOSA, Aliny. Sessão de fotomodulação – Ilibterapia infravermelho para modular dores crônicas – fibromialgia. Marca: MMOptics. [Fotografia 7]. Mogi Guaçu, SP, 2024. Arquivo pessoal.

BARBOSA, Aliny. Sessão de fotomodulação – Ilibterapia vermelho para estimular modulação da dor e resposta analgésica. Marca: MMOptics. [Fotografia 8]. Mogi Guaçu, SP, 2024. Arquivo pessoal.

BARBOSA, Aliny. Sessão de Ledterapia cor vermelho para otimizar cicatrização de lesão em pé associada ao Diabetes Mellitus tipo 2. Marca: Cicatrilluz - Cosmedical. [Fotografia 9]. Mogi Guaçu, SP, 2024. Arquivo pessoal.

BARBOSA, Aliny. Sessão de Ledterapia cor vermelho para otimizar cicatrização em lesão por pressão em região sacral. Marca: Cicatrilluz - Cosmedical. [Fotografia 10]. Mogi Guaçu, SP, 2024. Arquivo pessoal.

BARBOSA, Aliny. Sessão Sessão de Ledterapia cor vermelho para otimizar cicatrização em Lesão por pressão. Marca: Cicatrilluz - Cosmedical. [Fotografia 11]. Mogi Guaçu, SP, 2024. Arquivo pessoal.

BARBOSA, Sabrina. *Histórico do laser e uso do tipo vermelho de baixa intensidade na técnica ILIB.* Tese (Doutorado) — Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2021a. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/handle/ri/34956>. Acesso em: 3 nov. 2025.

BARBOSA, Sabrina. *Histórico do laser e uso do tipo vermelho de baixa intensidade na técnica ILIB.* Tese (Doutorado) — Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2021b. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/handle/ri/34956>. Acesso em: 3 nov. 2025.

Biasibetti M, Rojas DB, Hentschke VS, Moura DJ, Karsten M, Wannmacher CM, Saffi J, Dal Lago P. The influence of low-level laser therapy on parameters of oxidative stress and DNA damage on muscle and plasma in rats with heart failure. *Lasers Med Sci.* 2014 Nov;29(6):1895-906. doi: 10.1007/s10103-014-1597-1. Epub 2014 Jun 7. PMID: 24906481. Acesso em 09 set. 2025 às 06:15h. Disponível em:< <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24906481/>>.

BUENO, J. Led terapia na faixa do vermelho ao infravermelho: uma nova abordagem sob a visão quântica para a saúde. *Revista Brasileira de Práticas Integrativas e Complementares em Saúde, [S. l.], v. 3, n. 3, p. 102–110, 2014.* Disponível em: <https://www.revistasuninter.com/revistasauade/index.php/revista-praticas-interativas/article/view/334>.

CAVALCANTI, Thiago Maciel et al. Conhecimento das propriedades físicas e da interação do laser com os tecidos biológicos na odontologia. **Anais Brasileiros de Dermatologia**, v. 86, p. 955-960, 2011.. Acesso em: 07 out. 2025 às 06:15h. Disponível em:< <https://www.scielo.br/j/abd/a/KH8WDHL5Cv9Q3s5DBxgYJGR/?format=html&lang=pt#>>.

CCOH – Canadian Center for Occupational Health and Safety. Date modified:2025.08.08. Acesso em:15 out.2025 às 21:00h. Disponível em:< https://www.ccohs.ca/oshanswers/phys_agents/lasers.html#on-this-page-hdr>.

CONCEIÇÃO, Sabrina Barbosa Matos da. "Análise da efetividade da hemolaserterapia para prevenção da sintomatologia dolorosa, alterações hematológicas e impacto na qualidade de vida em pacientes com anemia falciforme." (2021). Disponível em: < <https://repositorio.ufba.br/handle/ri/34956> >. Acesso em 10 out. 2025 às 20:00h.

CONSELHO FEDERAL DE ENFERMAGEM (COFEN). Parecer nº 114/2021 — regulamenta o uso da irradiação intravascular a laser no sangue (ILIB) para enfermeiros habilitados. Disponível em: <https://www.cofen.gov.br/parecer-de-camara-tecnica-n-114-2021-ctas-cofen/>. Acesso em: 3 nov. 2025.

CONSELHO FEDERAL DE ENFERMAGEM (COFEN). Parecer nº 13/2018 — regulamenta o uso da terapia e modalidade de tratamento com laser de baixa intensidade para enfermeiros capacitados no tratamento de lesões mamilares. Disponível em: <https://www.cofen.gov.br/parecer-n-13-2018-cofen-ctln/>. Acesso em: 3 nov. 2025.

CONSELHO FEDERAL DE ENFERMAGEM (COFEN). Parecer nº 6/2025 — regulamenta o uso da laserterapia na saúde da mulher (fissuras mamilares, feridas perianais, atrofia vaginal, alívio da dor e regeneração tecidual). Disponível em: <https://www.cofen.gov.br/parecer-no-8-2025-camaras-tecnicas-de-enfermagem/>. Acesso em: 3 nov. 2025.

CONSELHO FEDERAL DE ENFERMAGEM (COFEN). Parecer nº 9/2024 — regulamenta a aplicação de laser de baixa intensidade para alívio de cólicas em recém-nascidos. Disponível em: <https://www.cofen.gov.br/parecer-no-9-2024-cofen-camtec-ctesnc/>. Acesso em: 3 nov. 2025.

CONSELHO FEDERAL DE ENFERMAGEM (COFEN). Resolução nº 787/2025 — atualiza e regulamenta a atuação autônoma do enfermeiro em feridas, coberturas e tecnologias como laser e LED. Disponível em: <https://www.cofen.gov.br/resolucao-cofen-no-787-de-21-de-agosto-de-2025/>. Acesso em: 3 nov. 2025.

CONSELHO FEDERAL DE MEDICINA (CFM). Resolução nº 2.327/2022 — dispõe sobre a aplicação de terapêuticas reconhecidas no exercício da profissão médica. Disponível em: https://sistemas.cfm.org.br/normas/arquivos/resolucoes/BR/2022/2327_2022.pdf. Acesso em: 3 nov. 2025.

Cromóforos <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/5/5144/tde-01032023-151655/publico/AndreTadeuSugawaraVersaoCorrigida.pdf>.

DA SILVA, Vanessa Guerling; MARTINS, Wesley. A ação sistêmica da terapia Intravascular Laser Irradiation of Blood (Ilib) para fortalecimento do sistema imunológico e processo inflamatório: uma revisão integrativa. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, v. 12, n. 6, pág. e24612642265-e24612642265, 2023. Acesso em 10 set. 2025 às 21h. Disponível em: < https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=A+a%3A7%3A3o+sist%3AAmica+da+terapia+Intravascular+Laser+Irradiation+of+Blood+%28Ilib%29+para+fortalecimento+do+sistema+imunol%3B3gico+e+processo+inflamato%3B3rio%3A+uma+revis%3A3o+integrativa&btnG=#d=gs_cit&t=1761011468940 >

<https://scholar.google.com/output?dinfo%3ABmotkZKXK-0J%3Ascholar.google.com%2F%26output%3Dcite%26scirp%3D0%26hl%3Dpt-BR>>.

DANTAS, Caroline Maria Gomes. VIVAN, Carolina Lapaz. FREITAS, Patrícia Moreira de. Terapia fotodinâmica no controle das infecções bucais durante o tratamento ortodôntico. **Conexão UNNA**. Fascículo Outubro/Novembro/Dezembro - 2014 Disponível em: <https://conexao.odontoprev.com.br/edicoes/>>

DE ABREU, Luana Farnese Machado. AVALIAÇÃO DO EFEITO DO LASER DE DÍODO NA PRODUÇÃO DE CITOCINAS POR MONÓCITOS HUMANOS ESTIMULADOS COM *Porphyromonas gingivalis*. Acesso em 10 set. 2025 às 21:40h. Disponível em:< https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=aplica%C3%A7%C3%A3o+do+laser+de+diodo+ama+e+Safavi+N&btnG=>.

DE MATOS DA SILVA, F. .; DE SOUSA MOREIRA, L. .; DOS SANTOS SILVA, M. .; RODRIGUES, W. .; DE SIQUEIRA RODRIGUES FLEURY ROSA, S. . USO DE FOTOTERAPIA PARA CICATRIZAÇÃO DE FERIDAS DE PÉS DIABÉTICOS. *Hegemonia*, [S. l.], n. 27, p. 20, 2019. DOI: 10.47695/hegemonia.vi27.277. Disponível em: <https://revistahegemonia.emnuvens.com.br/hegemonia/article/view/277>.

Efeitos do laser terapêutico no processo de cicatrização das queimaduras: uma revisão bibliográfica. Andrade AG, Lima CF, Albuquerque AKB. Efeitos do laser terapêutico no processo de cicatrização das queimaduras: uma revisão bibliográfica. *Rev Bras Queimaduras* 2010;9(1):21-30. Acesso em: 10 set. 2025 às 23h. Disponível em:< <https://www.rbqueimaduras.com.br/how-to-cite/29/pt-BR>>.

Efeitos do LED na síntese do colágeno. Fonte: FERREIRA, Ana Flávia; BOMFIM, Fernando Russo Costa do. Efeitos do *Light Emitting Diode* na Reparação do Colágeno. *Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento*. Ano 03, Ed. 01, Vol. 01, pp. 151-163, Janeiro de 2018. ISSN:2448-0959 **EINSTEIN DESCREVE O EFEITO FOTOELÉTRICO**. Hipótese de Einstein sobre os quanta (fóton) da luz. Disponível em: <https://www.ebsco.com/research-starters/history/einstein-describes-photoelectric-effect>. Acesso em: 3 nov. 2025.

ENCICLOPÉDIA BRITÂNICA. Niels Ryberg Finsen: utilização da luz para o tratamento de várias patologias. Disponível em: <https://www.britannica.com/biography/Niels-Ryberg-Finsen>. Acesso em: 3 nov. 2025.

ENDO, Cristina et al. Biofotônica - Laserterapia acelera a regeneração de nervos periféricos. **Acta Ortopédica Brasileira**, v. 16, p. 305-310, 2008. Acesso em 08 set. 2025 às 21h. Disponível em:< https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=https%3A%2F%2Fwww.scielo.br%2Fj%2Faob%2Fa%2F9crCgVsgrBdWX3zyZdPXTHw%2F%3Flang%3Dpt&btnG=>.

ESTEVÃO, Rua José. Laser: fundamentos e indicações em dermatologia. **Med Cutan Iber Lat Am**, v. 37, n. 1, p. 5-27, 2009. *Revista Medicina Cutânea Ibero-Latino-Americana* ISSN 0210-5187 (Electronic). Acesso em 22 out. 2025 às 11:22h. Disponível em:< <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumenI.cgi?IDARTICULO=20632>>.

Farivar, Shirin et al. “Biological effects of low level laser therapy.” *Journal of lasers in medical sciences* vol. 5,2 (2014): 58-62. Acesso em: 15 out. 2025 às 23:00h. Disponível em: <<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4291815/#:~:text=Summary,dose%20light%20may%20be%20beneficial.>>.

Gary Thomas, Richard Isaacs, Basic principles of lasers, Anaesthesia & Intensive Care Medicine, Volume 12, Issue 12, 2011, Pages 574-577, ISSN 1472-0299, <https://doi.org/10.1016/j.mpaic.2011.09.013>. Acesso em: 08 out. 2025 às 10:15h. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S147202991100227X#:~:text=rights%20and%20content-,Abstract,to%20prevent%20injury%20and%20fires.>>.

GENOVESE, Walter João. **Laser de baixa intensidade: aplicações terapêuticas em odontologia**. . São Paulo: Lovise. . Acesso em: 08 out. 2025. , 2000.

HISTÓRIA ANTIGA DA TERAPIA COLORIDA. Antiga Grécia: helioterapia, exposição ao sol do corpo para restabelecer a saúde. Disponível em: <https://infraredsauna.com/blog/color-light-therapy-history/>. Acesso em: 3 nov. 2025.

JANNA NETO, Frederico Carlos et al. Efeito da terapia fotônica no tratamento de lesões traumáticas de tecidos moles: ensaio clínico controlado randomizado duplo-cego. 2022.. Aceso em 08 set. 2025 às 10h. Disponível em: <https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=l+Avalia%C3%A7%C3%A3o+dos+efeitos+terap%C3%AAuticos+do+LED+%28%CE%BB627+%C2%B1+10+nm%29+na+fase+inicial+do+tratamento+da+entorse+de+tornozelo%3A+um+ensaio+cl%C3%ADnico+randomizado+controlado+por+placebo&btnG=>.

Khoo, Nooshafarin Kazemi et al. “In vitro Therapeutic Effects of Low Level Laser at mRNA Level on the Release of Skin Growth Factors from Fibroblasts in Diabetic Mice.” *Avicenna journal of medical biotechnology* vol. 6,2 (2014): 113-8. Acesso em: 15 out. 2025 às 22:30h. Disponível em: <<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4009093/#:~:text=Among%20the%20many%20physiological%20mechanisms,in%20diabetic%20and%20nondiabetic%20mice>>.

LABORATÓRIO DE FÍSICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Modelo Atômico de Bohr. Disponível em: <https://share.google/lzvEdu1B0LmOxiwb>. Acesso em: 3 nov. 2025.

LABORATÓRIO DE QUÍMICA DO ESTADO SÓLIDO – UNICAMP. Teoria da Emissão Estimulada. Disponível em: https://lqes.iqm.unicamp.br/canal_cientifico/pontos_vista/pontos_vista_divulgacao83-1.html. Acesso em: 3 nov. 2025.

LINS, Ruthinéia Diógenes Alves Uchôa et al. Efeitos bioestimulantes do laser de baixa potência no processo de reparo. **Anais Brasileiros de Dermatologia**, v. 85, p. 849-855, 2010. Acesso em: 07 out. 2025 às 10:00h. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/abd/a/PDZDkSSQdZkL5xdjYZh4VVN/?format=html&lang=pt>>

LINS, Ruthinéia Diógenes Alves Uchôa et al. Efeitos bioestimulantes do laser de baixa potência no processo de reparo. **Anais Brasileiros de Dermatologia**, v. 85, p. 849-855, 2010. Acesso em 03 out. 2025

às 16:20h. Disponível em:< https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=Efeitos+bioestimulantes+do+laser+de+baixa+pot%C3%A4ncia+no+processo+de+reparo&btnG=>.

NASCIMENTO, Camila Prado Cruz et al. Redução bacteriana via terapia fotodinâmica. 2013. Acesso em: 08 set. 2025 às 05horas. Disponível em:< https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=Redu%C3%A7%C3%A3o+bacteriana+via+terapia+fotodin%C3%A2mica&btnG=>.

PRINCÍPIOS DO LASER EM OFTALMOLOGIA. Primeira aplicação do laser de rubi na fotocoagulação, em oftalmologia. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK582153/>. Acesso em: 3 nov. 2025.

RANGEL, Bianca Tavares et al. Técnica de ILIB modificada: uma revisão de literatura. 2021, Anais. Bauru: Faculdade de Odontologia de Bauru, Universidade de São Paulo, 2021. . Acesso em: 20 out. 2025. Disponível em:< https://repositorio.usp.br/item/003048456?utm_source=chatgpt.com>.

Ribeiro, Joselito & Flores, Araceli & Rickson, Coelho & Mesquita, Jorge & Humberto, Nicola & Maria, Ester & Nicola, Ester. (2005). Terapia Fotodinâmica: uma luz na luta contra o câncer. Physicae. 5. 10.5196/physicae.5.2.. Acesso em: 06 out. 2025 às 06:15h. Disponível em:< https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=Terapia+Fotodin%C3%A2mica%3A+uma+luz+na+luta+contra+o+c%C3%A2ncer+Joselito+Nardy+Ribeiro%2C+Araceli+Ver%C3%B3nica+Flores+Instituto+de+Qu%C3%ADmica+%E2%80%93+Universidade+Estadual+de+Campinas+%28UNICAMP%29+C.P.+6154%2C+13083-970%2C+Bar%C3%A3o+Geraldo%2C+Campinas%2C+S%C3%A3o+Paulo%2C+Brasil+email%3AAna+riber%40ig.com.br&btnG=>

SANTOS, Anaeliza Figueiredo dos. **Efeito da irradiação consecutiva e simultânea dos comprimentos de onda 660nm e 808nm, emitido com laser de baixa intensidade, sobre o estresse oxidativo de fibroblastos gengivais.** 2020. Dissertação (Mestrado em Patologia Oral e Maxilofacial e Pacientes Especiais) - Faculdade de Odontologia, University of São Paulo, São Paulo, 2020. doi:10.11606/D.23.2020.tde-25082021-155003. Acesso em: 2025-10-06. Disponível em:< <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/23/23154/tde-25082021-155003/en.php>>.)

SANTOS, Emanuel Pinheiro; GOMES, Anderson SL. O laser aleatório: fundamentos e aplicações. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 46, p. e20240134, 2024. Acesso em: 06 out. 2025 às 09:00h. Disponível em:< <https://www.scielo.br/j/rbef/a/CXZFVFr8rP6ssYBf68p4y7P/?lang=pt>>

SANTOS, Emanuel Pinheiro; GOMES, Anderson SL. O laser aleatório: fundamentos e aplicações. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 46, p. e20240134, 2024. Acesso em: 06 out. 2025 às 10:00h. Disponível em:< https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=+laser+aleat%C3%B3rio%3A+fundamentos+e+aplica%C3%A7%C3%B5es+T+he+random+laser%3A+fundamentals+and+applications&btnG=>.

SANTOS, J. R. *Ação do laser na cadeia respiratória da mitocôndria*. Tese (Doutorado) — Universidade de São Paulo, São Paulo, 2020. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/23/23154/tde-25082021-155003/en.php>. Acesso em: 3 nov. 2025.

SILVA, Rafaela de Moraes. Levantamento de dados sobre os perigos associados à prática da automedicação. 2018. 42 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Ciências Biológicas) - Instituto de Biologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018. Acesso em: 10 out. 2025 às 08:30h. Disponível em: < <https://pantheon.ufrj.br/handle/11422/15984> >.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE LASER EM MEDICINA E CIRURGIA. Aplicações do laser de rubi em operações sobre o ouvido interno. Disponível em: <https://sblmc.org.br/category/otorrinolaringologia/>. Acesso em: 3 nov. 2025.

Sommer, Andrei & Pinheiro, Antonio & Mester, Adam & Franke, Ralf-Peter & Whelan, Harry. (2001). Biostimulatory Windows in Low-Intensity Laser Activation: Lasers, Scanners, and NASA's Light-Emitting Diode Array System. *Journal of clinical laser medicine & surgery*. 19. 29-33. 10.1089/104454701750066910. Acesso em: 08 out. 2025 às 08:30h. Disponível em: < https://www.researchgate.net/figure/Basic-Arndt-Schultz-curve-1-8_fig1_11799260 >.

TORRES, A. R.; BRITO, F. S. Introdução do laser de semicondutor. *Acta Scientia*, João Pessoa, v. 2, n. 1, p. 40–48, 2020. Disponível em: <https://periodicos.iesp.edu.br/index.php/actascientia/article/download/400/308>. Acesso em: 3 nov. 2025.

UNESP. *Plataforma inorgânica à base de apatitas de interesse biológico visando à liberação controlada de fármacos*. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/7ed2c623-dd28-4603-b47e-92690691e76b/content>. Acesso em: 3 nov. 2025.

VIEIRA, L. F.; BONVENTI JUNIOR, W.; OLIVEIRA JUNIOR, J. M. de; ARANHA, N. Caracterização de um dispositivo portátil para irradiação de sangue por laser extravascular. **Revista Principia**, [S. l.], v. 61, n. 1, p. 239–255, 2024. DOI: 10.18265/1517-0306a2022id6761. Disponível em: <<https://periodicos.ifpb.edu.br/index.php/principia/article/view/6761>>.

Vinck EM, Cagnie BJ, Cornelissen MJ, Declercq HA, Cambier DC. Increased fibroblast proliferation induced by light emitting diode and low power laser irradiation. *Lasers Med Sci*. 2003;18(2):95-9. doi: 10.1007/s10103-003-0262-x. PMID: 12928819.. Acesso em: 8 set. de 2025 às 06:30h. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12928819/>>.

WERNECK, Carlos Eduardo et al. **Efeitos do laser terapêutico sobre sistemas biológicos: revisão de literatura**. *Revista Brasileira de Implantodontia*, v. 8, n. 3, p. 13-15, 2002Tradução . . Acesso em: 05 out. 2025.