

*Antonio Eduardo de Aquino Junior
Ana Carolina Negraes Canelada
Fernanda Mansano Carbinatto
Natália Lorenzon Fernandes Marrochel
Matheus Henrique Camargo Antonio
Vanderlei Salvador Bagnato*

APLICAÇÕES CLÍNICAS DE LASERTERAPIA



INSTITUTO DE FÍSICA DE SÃO CARLOS

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

INSTITUTO DE ENSINO E PESQUISA

IRMANDADE DA SANTA CASA DE MISERICÓRDIA DE SÃO CARLOS

VOLUME 1

2025



IFSC UNIVERSIDADE
DE SÃO PAULO
Instituto de Física de São Carlos



APLICAÇÕES CLÍNICAS DE LASERTERAPIA

INSTITUTO DE FÍSICA DE SÃO CARLOS

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

INSTITUTO DE ENSINO E PESQUISA

IRMANDADE DA SANTA CASA DE MISERICÓRDIA DE
SÃO CARLOS

SÃO CARLOS/SP

2025

APLICAÇÕES CLÍNICAS DE LASERTERAPIA

Antonio Eduardo de Aquino Junior

Ana Carolina Negraes Canelada

Fernanda Mansano Carbinatto

Natália Lorenzon Fernandes Marrochel

Matheus Henrique Camargo Antonio

Renata Alessandra Goldin

Vanderlei Salvador Bagnato

APLICAÇÕES CLÍNICAS DE LASERTERAPIA

Copyright® dos autores

Todos os direitos garantidos. Qualquer parte desta obra pode ser reproduzida, transmitida ou arquivada desde que levados em conta os direitos dos autores.

Antonio Eduardo de Aquino Junior; Ana Carolina Negraes Canelada; Fernanda Mansano Carbinatto; Natália Lorenzon Fernandes Marrochel; Matheus Henrique Camargo Antonio; Renata Alessandra Goldin; Vanderlei Salvador Bagnato

Aplicações Clínicas de Laserterapia. São Carlos:Edição online, 2025. p.

ISBN 978-65-01-88274-1

Capa e Editor: Antonio Eduardo de Aquino Junior

PREFÁCIO

A realização de trabalhos acadêmicos que não terminem em um simples trabalho de conclusão de curso, uma encadernação que ganha poeira em uma estante, é o início de uma aplicabilidade das ideias e conceitos onde são investidos não apenas tempo, mas esforço para a produção de estudos de caso, estudos piloto, ou mesmo revisões mais amplas e que tomem corpo para publicações como a que estamos produzindo.

Segundo palavras de um professor que considero demais e que encontrei recentemente:

“temos que publicar até os maus resultados, para que não percamos mais tempo com ações que não funcionaram”.

Obviamente, sempre temos a pretensão de resultados positivos, mas, não podemos controlar o resultado.

Assim, de forma ética, a produção de capítulos de livro é uma solução prática para trabalhos que provavelmente não teriam substância para uma produção de artigo científico, mas que não podem se perder e que podem iniciar um processo mais rigoroso para trabalhos futuros.

Dr. Antonio Eduardo de Aquino Junior
12/12/2025

AGRADECIMENTO

Agradeço a todos os envolvidos nas realizações destas escritas. Pesquisadores, doutorandos, mestrandos, alunos de especialização e alunos de graduação.

Agradeço ao Instituto de Ensino e Pesquisa da Irmandade da Santa Casa de São Carlos, pelo constante apoio e acreditar que uma Pós-Graduação em Laser seria possível e tornar esse projeto uma realidade que está cada vez mais ganhando solidez.

Agradeço à Faculdade Sete Lagoas, a Facsete, pela colaboração dos alunos e a grande parceria com o professor Luciano, coordenador do curso de fisioterapia desta instituição.

Agradeço ao professor Vanderlei Bagnato por incentivar e acreditar no trabalho que está sendo desenvolvido.

Prof. Dr. Antonio Eduardo de Aquino Junior

12/12/2025

SUMÁRIO

1. Ação da sinergia da Fotobiomodulação e Ultrassom (Recupero®) na modulação da estimulação colinérgica e normalização do limiar de dor - elaboração teórica.....	12
2.Fotobiomodulação no Tratamento da Osteoartrite: Fundamentos, Mecanismos e Aplicação Clínica.....	157
3.Controle da dor e sintomas da Fibromialgia por protocolo sistêmico da Fotobiomodulação - estudo de caso.....	74
4.Abordagem Terapêutica com Fotobiomodulação em Fibromialgia Secundária à Covid-19: Estudo de Caso Clínico.....	98
5.Laserpuntura: Fundamentos e Aplicações Terapêuticas.....	158
6.Efeito da Fotobiomodulação em paciente com Hidrocefalia.....	2068
7.Terapia Fotodinâmica e Inativação Fotodinâmica: Uma visão dos fotossensibilizadores.....	208

1. Ação da sinergia da Fotobiomodulação e Ultrassom (Recupero®) na modulação da estimulação colinérgica e normalização do limiar de dor - elaboração teórica

Antonio Eduardo de Aquino Junior^{1,2}, Ana Carolina Negraes Canelada^{1,2,3},
e Vanderlei Salvador Bagnato^{2,3,4}

¹Pós-Graduação em Laser em Saúde, Instituto de Ensino e Pesquisa,
Irmandade da Santa Casa de Misericórdia de São Carlos, São Carlos, São
Paulo, Brasil.

²Instituto de Física de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos,
São Paulo, Brasil.

³Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia, Universidade Federal de
São Carlos, São Carlos, São Paulo, Brasil.

⁴Department of Biomedical Engineering, Texas A&M University, Texas,
Estados Unidos da América.

Autor Correspondente: antonioaquino@ifsc.usp.br

INTRODUÇÃO

A importância das técnicas de fotobiomodulação e ultrassom terapêutico no tratamento das mais diversas doenças, dores e processos inflamatórios mostram a alta relevância destes recursos não medicamentosos como instrumento de terapia, estabelecidos e consagrados nas mais diversas áreas da saúde, como cicatrização, esteatose hepática não alcoólica, mucosite, paralisia do nervo facial, obesidade, e sequelas do Covid-19 como olfato e paladar.

A fotobiomodulação, realizada por Lasers de baixa potência e ou LEDs, e por meio da produção de comprimentos de onda correspondentes à luz vermelha e infravermelha (absorvidas por estruturas sensíveis à luz, como a Citocromo C Oxidase, uma unidade da cadeia mitocondrial celular respiratória, promovem diversos benefícios, como a redução de edema e processos inflamatórios, efeitos analgésicos, cicatrização de tecidos, síntese de colágeno e a produção de ATP, agindo diretamente na condição de restauração da homeostase. Tais efeitos ocorrem mediante

maior fotossensibilidade dos canais iônicos, aumentando a concentração de íons de Ca^{2+} , Na^{+} e K . Esses processos estimulam ação anti-inflamatória, imunomoduladora, analgésica e efeitos de processamento tecidual.

A utilização do ultrassom terapêutico, um recurso tecnológico que consiste em vibrações mecânicas de alta frequência, transmitem energia, por meio de ondas ultrassônicas, promovendo ação térmica e ou não térmica, aplicados nas regiões das lesões, como as tendinites, lacerações, lesões teciduais e entre outros. Desta forma, mediante a possível elevação de temperatura dos tecidos, absorvendo parte da energia mecânica que ele produz, ocorrem o aumento da permeabilidade da membrana, resultando em diversos efeitos como aumento da vascularização, modulação de citocinas e da velocidade de condução nervosa, aumentando o limiar nociceptivo, gerando efeito anti-inflamatório e analgésico.

No entanto, a utilização de tecnologias associadas de forma sinérgica, tem avançado e cada vez mais mostrado a capacidade destes recursos associados (laser e ultrassom), seja no tratamento da fibromialgia,

artrite psoriática, artrite reumatóide, artrose, sequelas pós-Covid 19 com acometimento motor, respiratório e cognitivo; e ou outros recursos como laser e pressão negativa, no tratamento do Parkinson, e com o laser e liberação miofascial, no tratamento de tendinopatias, capsulite adesiva e lesões diversas em membro superior, possibilitando ampla e até total recuperação de doenças e lesões, culminando com a melhora da qualidade de vida e consequente reinserção dos pacientes junto ao ambiente familiar, social e profissional.

Neste ponto, como resultado da sinergia do Laser no processo de fotobiomodulação e ultrassom terapêutico, e, da forma de utilização, diferenciando-se da aplicação na localidade da dor ou lesão, para então, utilizar-se em uma compreensão de aplicação que tenha ação sistêmica, como apontado em trabalho realizado por Aquino Junior et al., 2021, nortearmos uma hipótese de “bloqueio da ação colinérgica versus estimulação colinérgica e normalização do limiar de dor”, embasada por resultados publicados anteriormente.

Nossa hipótese advém de novos conhecimentos no tratamento de doenças como fibromialgia e artrite psoriásica. A utilização da aplicação dos recursos nas palmas das mãos, descritas inicialmente para fibromialgia e posteriormente no tratamento da artrite psoriásica apontam para uma mudança na conduta de uso destes recursos tecnológicos. Diferentemente da aplicação no local da dor, onde ocorre o aumento da atividade sináptica da acetilcolinesterase, substância que degrada o neurotransmissor nociceptivo acetilcolina, reduzindo a transmissão sináptica que posiciona o córtex pré-frontal sobre a dor, gerando a condução de feedbacks do sistema nervoso central e sistema nervoso periférico, nossa hipótese aponta para a regulação direta do limiar de dor, junto ao sistema nervoso central, no córtex pré-frontal. A aplicação da fotobiomodulação e ultrassom de forma sinérgica nas palmas das mãos possibilita a condução destes recursos, absorvidos devidamente pelas terminações nervosas e circulação periférica, pelas vias aferentes, até o sistema nervoso central. Neste ponto, estabelecido por Aquino Junior et al., (2022), ocorre a regulação da pressão intracraniana (complacência cerebral), permitindo que tal modulação influencie positivamente o córtex

pré-frontal, onde gradualmente regula o limiar de dor, reduzindo a hiperalgia presente nestas doenças. O apontamento sistêmico observado é ainda conduzido pelo nervo vago (sistema parassimpático), gerando bradicardia, diminuição de dor de estômago e intestino irritável, apontados no mesmo estudo, proporcionando a homeostase entre sistemas simpático e parassimpático. A velocidade de ação da terapia sistêmica é registrada em uma regulação da dor observada em apenas 10 sessões de intervenção. Assim, decorremos da hipótese de que ao invés de ocorrer a degradação da acetilcolina, por meio do aumento da atividade enzimática da acetilcolinesterase, como ocorre na ação local do uso da terapia, neste caso, temos a modulação enzimática da mesma (acetilcolinesterase), possivelmente reduzindo a degradação da molécula de acetilcolina, favorecendo que estes estímulos, fotônico e sônico, alcancem seu objetivo junto ao sistema nervoso central, de forma mais rápida. A cadeia de ação sistêmica positiva ainda é observada mediante resultados na regulação do sono e memória, ambos observados em estudo de tratamento das sequelas Pós-Covid 19, reabilitando os pacientes, por meio da reverberação neural

e fase de sono REM. Processos de modulação enzimática no uso da luz são observados em estudos anteriores.

CONCLUSÃO

Desta forma, ações sistêmicas no uso da fotobiomodulação podem ser um caminho mais assertivo no tratamento da dor, como ferramenta tecnológica não farmacológica e não invasiva.

REFERÊNCIAS

- 1 Coelho VHM, Alvares LD, Carbinatto FM, de Aquino Junior AE, Angarita DPR et al. (2017) Photodynamic Therapy, Laser Therapy and Cellulose Membrane for the Healing of Venous Ulcers: Results of a Pilot Study. **J Nurs Care** 6: 387. doi:10.4172/2167-1168.1000387.
- 2 Carbinatto FM, Aquino Junior AE, Coelho VHM, Bagnato VS (2018) Photonic technology for the treatments of venous and arterial ulcers: Case Report. **Photodiagnosis and Photodyn Ther** 22: 39-41.
- 3 De Aquino Junior EA, Carbinatto FM, Moriyama LT, Bagnato VS (2018) Regression of Non-Alcoholic Fatty Liver by Metabolic Reduction: Phototherapy in Association with Aerobic Plus Resistance Training In

Obese Man—A Pilot Study. **J Obes Weight Loss Ther** 8: 361.
doi:10.4172/2165-7904.1000361

4 Pasciare RT, Lamas ML, Nogueira PTP, Mario EG, Ciol H, et al. (2019) Effect of the Action of Laser Therapy used in the Treatment of Oral Mucositis in Temporal Follow-up. **J Cancer Sci Ther** 11: 260-262.

5 Panhóca VH, Nogueira MS, Bagnato VS (2020) Treatment of facial nerve palsies with laser and endermotherapy: a report of two cases. **Laser Phys** 18(1):15601.

6 De aquino junior AE, Carbinatto FM, Bagnato VS (2021) Metabolic Rehabilitation: Body Homeostasis through the Action of Photobiomodulation in Weight Loss—A Comparative Study. **J Obes Weight Loss Ther** 11: 1-6.

7 Dias LD, Blanco KC, de Faria CM, Dozza C, Zanchin EM, et al. (2022)

Perspectives on photobiomodulation and combined light-based therapies for rehabilitation of patients after COVID-19 recovery. **Laser Physics Letters** 19: 1-9.

8 De Souza VB, Ferreira LT, Sene-Fiorese M, Garcia V, Rodrigues TZ, et al. (2022) Photobiomodulation therapy for treatment olfactory and taste dysfunction COVID-19-related: A case report. **J Biophotonics** 15: 1-4.

9 Junior AEA, Rodrigues TZ, Garcia V, Simão G, Carbinatto FM, et al. (2022) Conjugated and Synergistic Therapies in the treatment of Covid-19 Dysfunction - Pain, Weakness, Parestheria, Respiratory Condition, Memory, Olfactory and Taste: Case Series. **J Nov Physiother** 12: 545.

10 Enwemeka CS, Parker JC, Dowdy DS, Harkness EE, Harkness LE, et al. (2004) Efficacy of low-power lasers in tissue repair and pain control: a metaanalysis study. **Photomed Laser Surg** 22: 323-329.

11 Karu TI (2006) Mitochondrial mechanisms of photobiomodulation in context of new data about multiple roles of ATP. **Photomed Laser Surg** 28: 159-160.

12 Nejatifard M, Asefi S, Jamali R, Hamblin MR, Fekrazad R (2021) Probable positive effects of the photobiomodulation as an adjunctive treatment in COVID-19: A systematic review. **Cytokine** 137: 1-9.

13 Zhou S, Schmelz A, Seufferlein T, Li Y, Zhao J, Bachem MG. (2004) Molecular mechanisms of low intensity pulsed ultrasound in human skin fibroblasts. **J Biol Chem.** 279(52):54463-9.

14 Warden RKF, Kessler CK, Avin KG, Cardinal RE, Stewart RL. (2006) Ultrasound produced by a conventional therapeutic ultrasound unit accelerates fracture repair. **Phys Ther.** 86(8):1118-27.

15 Panhóca VH, Tamae PE, Jr AEA, Bagnato VS (2021) Comparison of the Synergistic Effect of Vacuum Therapy or Ultrasound Associated with Low Power Laser Applied in Temporomandibular Disorders. **OHDM** 20(9).

16 Amaral J, Franco DM, de Aquino Junior AE, Bagnato VS (2018) Fibromyalgia Treatment: A New and Efficient Proposal of Technology and Methodological – A Case Report. **J Nov Physiother** 8: 1.

17 Bruno JSA, Franco DM, Ciol H, Zanchin AL, Bagnato VS, et al. (2018) Could Hands be a New Treatment to Fibromyalgia? A Pilot Study. **J Nov Physiother** 8: 394. doi:10.4172/2165-7025.1000394

18 Junior AEA, Carbinatto FM, Franco DM, Bruno JSA, Simão MLS (2020) The Laser and Ultrasound: The Ultra Laser like Efficient Treatment to Fibromyalgia by Palms of Hands—Comparative Study. **J Nov Physiother** 11(2):1-5.

19 Junior AEA, Carbinatto FM, Tomaz CSR, Bagnato VS (2022) Photosonic Treatment and Fibromyalgia: The Effect on Brain Compliance - Case Report. **J Nov Physiother** 12: 510.

20 Canelada ACN, Garcia V, Rodrigues TZ, de Souza VB, Panhóca VH, et al. (2022) Effect to the Synergistic Action of Photobiomodulation and Therapeutic Ultrasound on Psoriatic Arthritis and Fibromyalgia - Case Report. **J Nov Physiother** 12(2):1-4.

21 Zampieri KR, Panhóca VH, Carbinatto FM, Bagnato VS, Junior AEA (2022) New Methodology to Potentiate the Anti-Algic Effect on the Small Joints of the Hands in Patients Affected by Rheumatoid Arthritis. **J Nov Physiother** 12: 548.

22 De Souza Simão ML, Fernandes AC, Casarino RL, Zanchin AL, Ciol H, et al. (2018) Sinergic Effect of Therapeutic Ultrasound and Low Level

Laser Therapy in the Treatment of Hands and Knees Osteoarthritis. **J Arthritis** 7: 277.

23 De Souza Simão ML, Fernandes AC, Ferreira KR, De Oliveira LS, Mário EG (2019) Comparison between the Singular Action and the Synergistic Action of Therapeutic Resources in the Treatment of Knee Osteoarthritis in Women: A Blind and Randomized Study. **J Nov Physiother** 9(2):1-3.

24 Santos AVD, Santos TVD, Zampieri KR, Tamae PE, de Aquino Junior AE, et al. (2019) Negative pressure and phototherapy: Use of combined and localized therapy to improve life's quality in Parkinson disease in a case study. **J Alzheimers Dis Parkinsonism** 9: 471.

25 Tamae PE, dos Santos AV, Simão MLS, Canelada ACN, Zampieri KR, et al. (2020) Can the associated use of negative pressure and laser therapy be a new and efficient treatment for Parkinson's pain? A comparative study. **J Alzheimers Dis Parkinsonism** 10:1-6.

26 Canelada ACN, Carbinatto FM, Junior AEA, Bagnato VS (2021) A Case Report on the Use of a Conjugated System of Myofascial Release for Shoulder Capsulitis. **J Nov Physiother** 11(2):1-4.

27 Canelada ACN, Panhóca VH, Carbinatto FM, Bagnato VS, Junior AEDA (2022) Can a New Synergistic Proposal Involving Photobiomodulation and Myofascial Release Accelerate the Evolution of Adhesive Capsulitis and Tendinopathies? **J Nov Physiother** 12: 535.

28 Canelada ACN, Carbinatto FM, Aquino Junior AED, Bagnato VS (2021) A Case Report on the use of a Conjugated System of Myofascial Release for Shoulder Capsulitis. **J Nov Physiother** 11: 1-4.

29 E. S. Vizl, E. Mester, S. Tisza, and A. Mester (1977) Acetylcholine Releasing Effect of Laser Irradiation on Auerbach's Plexus in Guinea-Pig Ileum. **J. Neural Transmission** 40, 305--308.

30 Navratil, L. and I. Dylevsky (1997) Mechanisms of the analgesic effect of therapeutic lasers in vivo. **Laser Therapy**. 9: p. 33-40

31 S.T. Azeemi, S.M. Raza, M. Yaszai (2008) Colors as catalysts in enzymatic reactions, **J. Acupunct. Meridian Stud.** 1 139–142.

32 A.E. Aquino Jr. et al. Can low-level laser therapy when associated to exercise decrease adipocyte area? (2015) **Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology** 149: 21–26

2. Fotobiomodulação no Tratamento da Osteoartrite: Fundamentos, Mecanismos e Aplicação Clínica

Silvia Helena Migliato da Fonseca¹, Antonio Eduardo de Aquino Junior^{1,2},
Ana Carolina Negraes Canelada^{1,2,3}, e Vanderlei Salvador Bagnato^{2,3,4}

¹Pós-Graduação em Laser em Saúde, Instituto de Ensino e Pesquisa,
Irmandade da Santa Casa de Misericórdia de São Carlos, São Carlos, São
Paulo, Brasil.

²Instituto de Física de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos,
São Paulo, Brasil.

³Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia, Universidade Federal de
São Carlos, São Carlos, São Paulo, Brasil.

⁴Department of Biomedical Engineering, Texas A&M University, Texas,
Estados Unidos da América.

Autor Correspondente: antonioaquino@ifsc.usp.br;

INTRODUÇÃO

A osteoartrite (OA) é uma doença osteoarticular crônica e degenerativa caracterizada por degradação progressiva da cartilagem articular associada a formação de osteófitos marginais, alterações ligamentares, sinoviais e meniscais além de danos ao osso subcondral.

Trata-se um grave problema de saúde pública, sendo uma das principais causas de incapacidade funcional em idosos no Brasil e no mundo. Sua prevalência aumenta significativamente a partir dos 60 anos, acometendo ambos os sexos, embora a incidência seja maior no sexo feminino após o período da menopausa, devido à redução dos níveis hormonais.

A articulação do joelho é uma das articulações mais afetadas pela OA, apresentando-se em 85% dos casos de AO no mundo, devido à sua

importância biomecânica no suporte de carga dos membros inferiores. Essa doença é de origem multifatorial, resultante da interação entre fatores intrínsecos e extrínsecos do indivíduo.

Entre os fatores intrínsecos, destacam-se a idade avançada, predisposição genética, alterações hormonais e desequilíbrios musculares. Já entre os fatores extrínsecos, incluem-se a obesidade, traumas articulares repetitivos, sobrecarga decorrente de atividades esportivas ou laborais de alto impacto, má postura, sedentarismo e hábitos de vida inadequados.

No entanto, os mecanismos envolvidos no surgimento, na progressão e na manutenção da OA ainda não estão totalmente compreendidos.

Durante os estágios iniciais da OAJ (Osteoartrite de Joelho), o processo degenerativo tende a ser lento e progressivo, caracterizando-se pelo surgimento gradual de sintomas como dor articular, edema, crepitações durante o movimento, diminuição da amplitude articular e fraqueza muscular ao redor da articulação.

Com a progressão da doença, essas alterações tornam-se mais evidentes e debilitantes. Em estágios mais avançados, observa-se uma

remodelação anormal da cartilagem e a formação de osteófitos, que promovem a destruição irreversível das estruturas articulares. Como consequência, há um comprometimento significativo da função articular, com limitação dos movimentos e alterações na marcha, o que dificulta a realização das atividades de vida diária, impactando negativamente a autonomia e a qualidade de vida do indivíduo.

O diagnóstico da OAJ é fundamentado, sobretudo, na avaliação clínica, podendo ser complementado por exames de imagem. As radiografias, por sua vez, podem evidenciar alterações típicas da doença, como redução do espaço articular, presença de osteófitos, esclerose do osso subcondral, deformidades ósseas e, em estágios mais avançados, cistos subcondrais.

Através de uma classificação radiográfica específica, é possível graduar a OAJ em diferentes níveis de gravidade, com base nas alterações estruturais visíveis nas imagens. Essa escala varia de grau 0, que indica ausência de sinais da doença. Grau 1, correspondente a alterações duvidosas, com possível presença de osteófitos incipientes. Grau 2, OAJ leve, caracterizada por osteófitos bem definidos e possível diminuição do

espaço articular. Grau 3, OAJ moderada, presença de múltiplos osteófitos, redução acentuada no espaço articular e esclerose do osso subcondral. E grau 4, forma grave da doença, osteófitos volumosos, estreitamento severo do espaço articular, esclerose subcondral avançada e deformidades ósseas evidentes, como ilustra a Figura 1.



Figura 1 - Radiografia anteroposterior (AP) do joelho esquerdo com osteoartrite. Classificação radiográfica: A = OAJ leve; B = OAJ moderada; C = OAJ moderada a grave; D = OAJ grave. As setas indicam estreitamento do espaço articular, osteófitos e deformidade óssea. O asterisco indica esclerose subcondral. Banco de imagens da autora.

O tratamento da OAJ é multidisciplinar, envolvendo diferentes abordagens terapêuticas. O manejo clínico inclui o uso de medicamentos

analgésicos e anti-inflamatórios não esteroidais (AINEs). No entanto, o uso crônico dessas medicações pode apresentar diversos efeitos adversos sistêmicos.

Diante disso, o tratamento farmacológico deve ser complementado por intervenções não farmacológicas, entre as quais a fisioterapia, visando promover a redução da dor, do quadro inflamatório articular, permitindo que o indivíduo, ao experimentar alívio sintomático, possa participar ativamente de protocolos de fortalecimento muscular e ganho de resistência reduzindo assim o impacto da OAJ na funcionalidade deste indivíduo.

Um dos recursos fisioterápicos utilizados como alternativa terapêutica é a fotobiomodulação, uma modalidade que emprega luz, como o laser de baixa intensidade. Essa técnica tem sido amplamente empregada nas áreas biológica e da saúde para tratamento de diversas afecções, em razão de suas propriedades analgésicas, anti-inflamatórias, antiedematosas e moduladoras da microcirculação local.

Nesse sentido, este capítulo tem como objetivo apresentar uma abordagem abrangente sobre a aplicação da fotobiomodulação no

tratamento da OAJ. Serão abordados os fundamentos relacionados aos aspectos fisiopatológicos da doença. Em seguida, sobre o recurso da fotobiomodulação, com ênfase em seus fundamentos e mecanismos de ação. E por fim, será apresentada uma proposta de aplicação clínica baseada em um estudo realizado com o uso da fotobiomodulação, seguida das considerações finais acerca dos resultados observados e da importância da utilização desse recurso em indivíduos com osteoartrite, destacando seu potencial terapêutico e contribuindo para o enriquecimento do conhecimento científico sobre o tema.

FISIOPATOLOGIA DA OAJ E MECANISMOS À DOR

CARTILAGEM ARTICULAR HIALINA: ESTRUTURA E FUNÇÃO

A cartilagem articular hialina é um tecido avascular, que reveste as extremidades ósseas nas articulações sinoviais. Sua principal função é permitir o movimento entre os ossos, reduzindo o atrito e absorvendo impactos.

Essa estrutura é composta por uma matriz extracelular (MEC), formada por água, colágeno tipo II, proteoglicanos, como o agrecano e outras proteínas estruturais. Os condrócitos, que representam uma pequena fração celular da cartilagem, estão imersos nessa matriz e são responsáveis por sua produção e manutenção, como ilustra a figura 2.

A integridade dessa matriz é essencial para a funcionalidade articular e, quando comprometida, inicia-se um ciclo inflamatório e degenerativo comprometendo progressivamente toda a articulação.

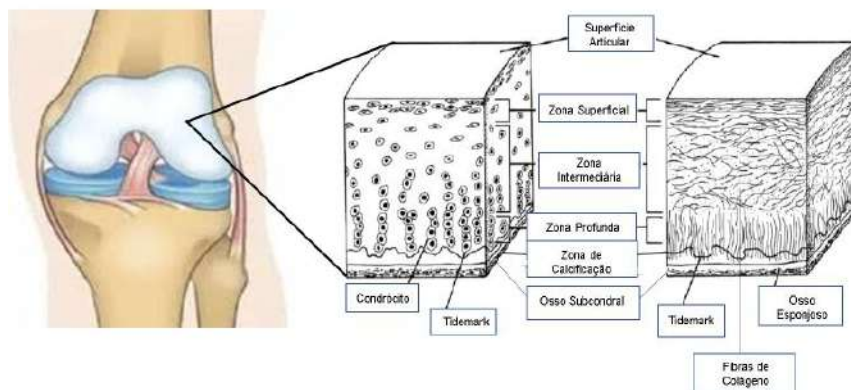


Figura 2. Esquema Adaptado da Organização dos Condrócitos e da disposição das Fibras de Colágeno ao longo da profundidade da Cartilagem Articular.

ALTERAÇÕES NA CARTILAGEM NA OAJ

Em estados osteoartróicos, a cartilagem articular sofre um processo progressivo de degradação estrutural e funcional.

Inicialmente, os condrócitos perdem a capacidade de manter o equilíbrio da matriz extracelular e passam a se proliferar de forma desordenada nas áreas mais desgastadas. Simultaneamente, a uma indução

de estados oxidativos em um ambiente celular estressante favorecendo a apoptose celular.

Esse desequilíbrio é agravado pela liberação excessiva de citocinas inflamatórias, como a IL-1 β e o fator de necrose tumoral (TNF- α). A IL-1 β e o TNF- α também induzem os condrócitos e as células sinoviais a produzir outros mediadores inflamatórios, como IL-8, IL-6, óxido nítrico e prostaglandinas.

Essas substâncias não apenas aumentam a inflamação local, como também estimulam os condrócitos e outras células a produzir enzimas degradadoras, enzimas que degradam a matriz da cartilagem, como as metaloproteinases, matriz MMP-1, MMP-8 e MMP-13. Das três principais MMPs que degradam o colágeno nativo, a MMP-13 pode ser a mais importante na OA porque degrada preferencialmente o colágeno tipo II.

O estresse oxidativo, mediado por espécies reativas de oxigênio (EROs) intensifica esse processo, promovendo ainda mais a apoptose celular e a degradação da cartilagem.

Com a progressiva degradação da cartilagem articular, outras estruturas da articulação também começam a ser afetadas. À medida que

essa proteção natural diminui, o osso subcondral começa a sofrer um processo de remodelação anormal, com aumento de densidade e formação de pequenas fissuras, além do crescimento de osteófitos, como ilustra a figura 2.1.

Além da cartilagem e do osso, a membrana sinovial, que reveste a parte interna da articulação, também entra no processo desenvolvendo um quadro inflamatório conhecido como sinovite. Essa inflamação da membrana sinovial contribui significativamente para os sintomas da osteoartrite, como dor, rigidez e inchaço.

Esse ambiente cronicamente inflamatório e degradativo cria um ciclo vicioso. Degradação leva a mais inflamação, e mais inflamação acelera a degradação. Além disso, a dor que o paciente sente pode ser amplificada pela ativação dos nervos sensoriais na articulação inflamada.

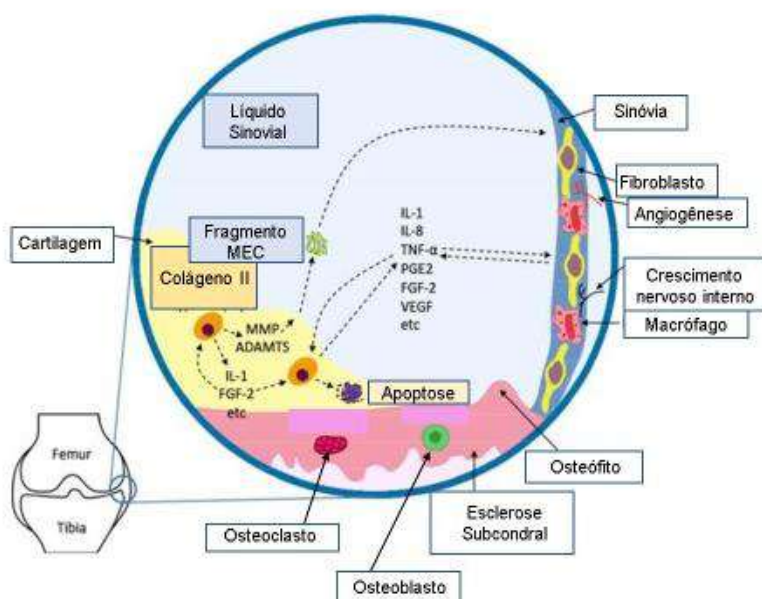


Figura 2.1. Representação adaptada da articulação sinovial com destaque para as interações celulares envolvidas na inflamação e degradação tecidual.

MECANISMOS À DOR

A dor é classificada, de acordo com sua duração, em aguda ou crônica. A dor aguda persiste por até três meses, geralmente tem origem em um processo inflamatório, cirúrgico ou traumático. Nesse estágio inicial, a dor desempenha uma função protetora, sinalizando a presença de lesão tecidual e favorecendo comportamentos de proteção e recuperação.

Com a resolução do processo nocivo, espera-se que essa dor desapareça. No entanto, quando a dor persiste além de três meses, ultrapassando o tempo de cicatrização, a dor passa a ser considerada crônica. Nesse caso, perde sua função protetora e passa a refletir alterações nos sistemas de processamento e modulação da dor, sendo considerada patológica.

A dor crônica na OA portanto, está relacionada a processos de sensibilização periférica e central, os quais contribuem para a persistência e amplificação da dor.

A sensibilização periférica representa a primeira etapa do processo nociceptivo alterado na osteoartrite e está associada à ativação e modificação funcional dos nociceptores presentes nos tecidos articulares. Esses receptores de dor estão localizados em estruturas como a membrana sinovial, a cápsula articular, os ligamentos e o osso subcondral.

As alterações inflamatórias locais, característica marcante da OA, promovem a liberação de uma série de mediadores pró-inflamatórios e neuroativos, formando o que se convencionou chamar de “sopa inflamatória”. Dentre os principais componentes dessa sopa estão as prostaglandinas (como a PGE_2), bradicinina, citocinas pró-inflamatórias (como $\text{IL-1}\beta$ e $\text{TNF-}\alpha$), fator de crescimento nervoso (NGF), óxido nítrico, histamina, além de neuropeptídeos como a substância P e o peptídeo relacionado ao gene da calcitonina (CGRP). Esses mediadores não apenas ativam os nociceptores, mas reduzem seu limiar de ativação, tornando-os hipersensíveis a estímulos normalmente não nocivos.

Consequentemente, o paciente apresenta hiperalgesia (resposta aumentada à dor) e alodinia (dor desencadeada por estímulos não dolorosos) na região articular. Essas alterações são acompanhadas de

edema, rubor e sensibilidade exacerbada, resultantes do recrutamento de células imunes e da vascularização aumentada da membrana sinovial. Além disso, o NGF induz a proliferação de fibras sensoriais no tecido sinovial, o que agrava a hipersensibilidade local e contribui para a cronificação da dor.

Com a exposição contínua e intensa dos nociceptores periféricos aos mediadores inflamatórios, ocorre a promoção de um estado de ativação sustentada das vias aferentes da dor. Como consequência, os sinais nociceptivos são transmitidos ao corno dorsal da medula espinhal, onde ocorre a primeira sinapse entre os neurônios de primeira e segunda ordem. A partir desse ponto, a transmissão da dor se dá através das vias ascendentes, como o trato espinotalâmico, que conduz a informação para centros superiores, incluindo o tálamo, o córtex somatossensorial, o córtex cingulado anterior, a ínsula e o córtex pré-frontal, todos envolvidos na percepção sensorial, emocional e cognitiva da dor.

A ativação persistente dessas vias, estabelece-se um estado conhecido como sensibilização central, caracterizado por uma hiperexcitabilidade dos neurônios espinhais e por neuroplasticidade

sináptica desadaptativa. Nesse contexto, mesmo em ausência de estímulo periférico, o sistema nervoso central passa a responder de maneira desproporcional, gerando e mantendo a dor. O glutamato, principal neurotransmissor excitatório, passa a ser liberado em maior quantidade, ativando receptores do tipo NMDA (N-metil-D-aspartato) e AMPA, promovendo aumento da condução sináptica e potenciação da resposta nociceptiva, como ilustra a figura 2.2.

Além disso, há uma desregulação dos sistemas inibitórios descendentes, que normalmente atuam para modular e suprimir os sinais dolorosos. Sistemas mediados por neurotransmissores como a serotonina, a noradrenalina e o ácido gama-aminobutírico (GABA) tornam-se menos eficazes, permitindo que o sinal doloroso continue sendo amplificado. Paralelamente, a ativação da glia espinhal (microglia e astrócitos) contribui para um microambiente neuroinflamatório no SNC, com liberação de citocinas, quimiocinas e radicais livres, que perpetuam o processo de sensibilização.

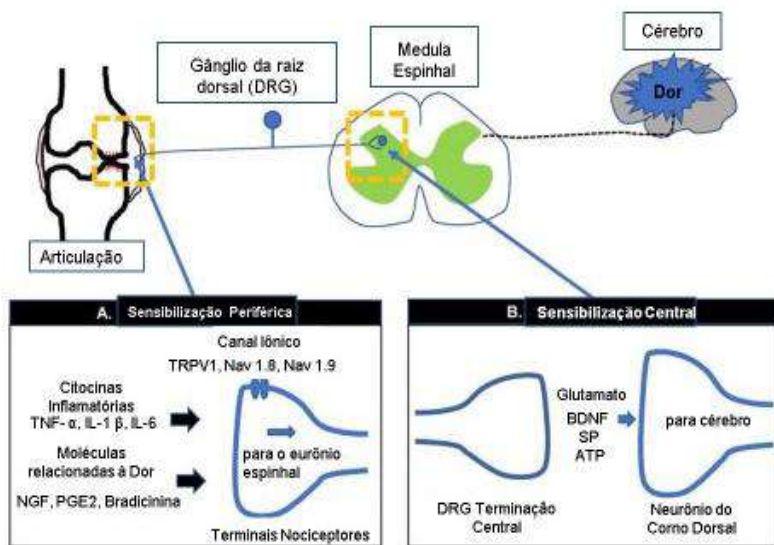


Figura 2.2. Representação adaptada da sensibilização periférica e central: mediadores inflamatórios e moléculas relacionadas à dor, que ativam terminais de nociceptores periféricos (sensibilização periférica). A dor/inflamação persistente gera disparos repetitivos em fibras C, promovendo liberação de neurotransmissores no corno dorsal da medula e ativando neurônios de segunda ordem, conduzindo o sinal nociceptivo ao cérebro.

Como resultado, o paciente com osteoartrite pode desenvolver dor de característica difusa, persistente e desproporcional à lesão periférica, frequentemente associada a distúrbios do sono, fadiga, alterações do

humor e déficits funcionais importantes. A presença desses sinais sugere que a dor na OA vai além do comprometimento estrutural articular, o que justifica a necessidade de abordagens terapêuticas mais amplas e integrativas.

FOTOBIMODULAÇÃO NA OA: CONCEITO, FUNDAMENTOS E MECANISMOS DE AÇÃO

A fotobiomodulação ou laser de baixa intensidade é um recurso terapêutico que consiste na emissão de luz com comprimentos de onda específicos sobre o tecido biológico, sendo capaz de modular a função molecular e promover específicas reações de nível químico e físico alterando a fisiologia celular.

O termo laser origina-se do acrônimo em inglês Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation, que significa amplificação da luz por emissão estimulada de radiação. Sua emissão é caracterizada por apresentar uma luz monocromática (de uma única cor), coerente (com ondas em fase), colimada (com feixes praticamente

paralelos) e unidirecional (com emissão orientada em uma única direção) como ilustram as figuras 3.1 e 3.2.

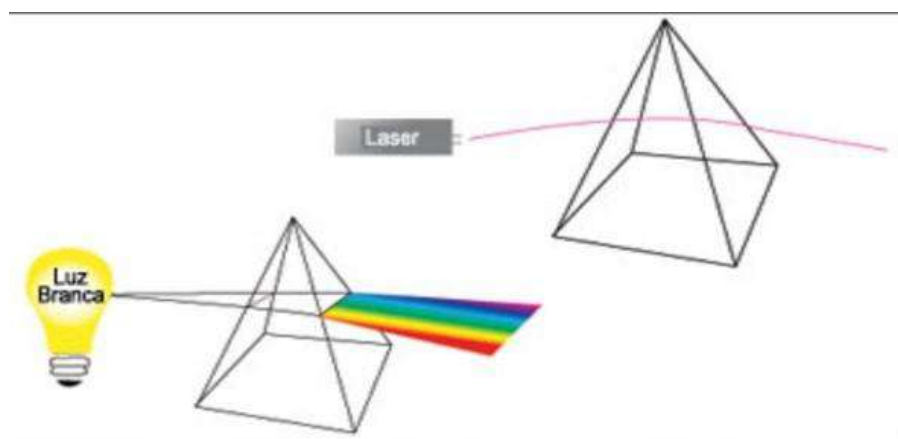


Figura 3.1. Ilustração da Característica da Luz laser de monocromaticidade.

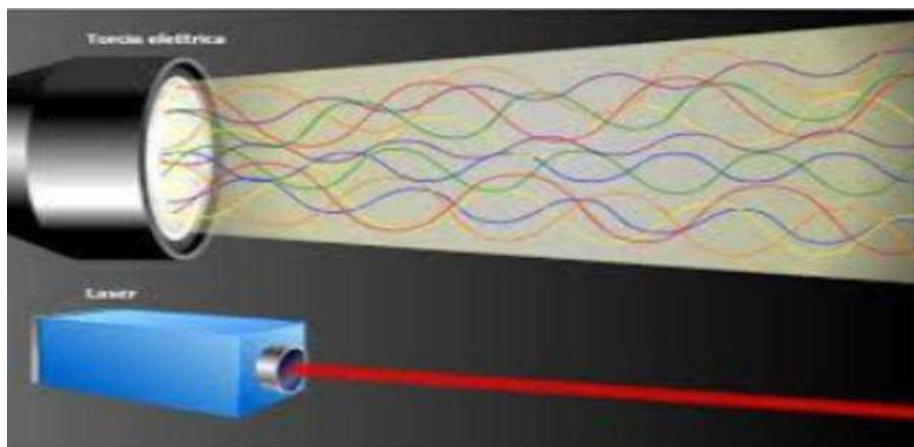


Figura 3.2. Ilustração da Amplitude da faixa de ondas bem limitada.

A aplicação da luz ocorre na faixa de potência entre 1mW a 500mW. Compreende uma janela óptica estreita, indo do vermelho ao infravermelho próximo com comprimentos de onda entre 600nm a 1000nm, como ilustram as figuras 3.3 e 3.4. Essas fontes luminosas não possui mecanismos térmicos ou ablativos.

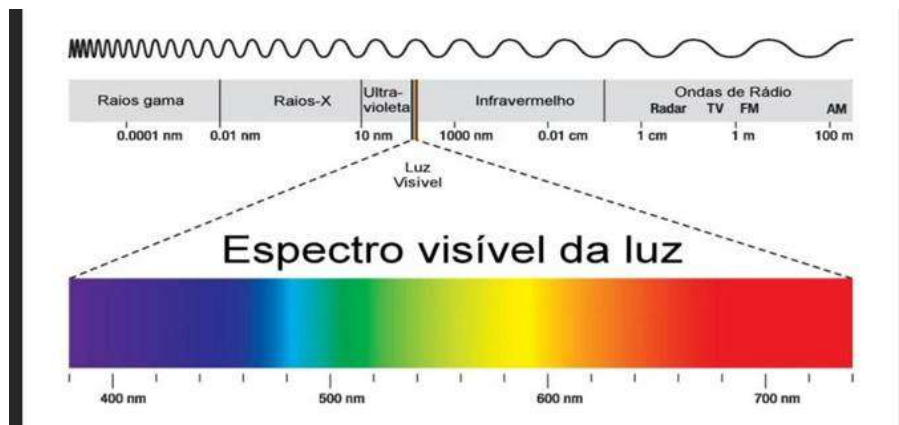


Figura 3.3. Ilustração do Espectro de Luz

MECANISMOS DE AÇÃO E EFEITOS DA FOTOBIMODULAÇÃO SOBRE OS ASPECTOS DA OA

A luz emitida é absorvida por estruturas intracelulares denominadas cromóforos, que são moléculas fotossensíveis, como a Citocromo C Oxidase, localizada na membrana interna das mitocôndrias.

Essa absorção desencadeia uma sequência de efeitos fotofísicos, como a excitação de elétrons e alteração do potencial de membrana. Em

seguida, ocorrem reações fotoquímicas, resultando no aumento da produção de Adenosina Trifosfato (ATP), modulação do óxido nítrico (NO), e liberação controlada de espécies reativas de oxigênio (ROS).

Esses efeitos resultam em respostas fotobiológicas, como a modulação da inflamação, reparação tecidual, estímulo à proliferação celular e analgesia.

Na osteoartrite (OA) a fotobiomodulação tem demonstrado efeitos promissores tanto no controle da dor quanto na modulação da inflamação e preservação da estrutura articular.

Os feixes de luz absorvidos pelos cromóforos Citocromo C Oxidase presentes na cadeia respiratória mitocondrial, promovem o aumento da síntese de ATP, a produção de colágeno tipo II e proteoglicanos, além da liberação controlada de espécies reativas de oxigênio (EROs). Esses efeitos contribuem para a redução do estresse oxidativo intra-articular, restauram a função de condrócitos e fibroblastos, previnem a progressão degenerativa e favorecem a proliferação celular e regeneração tecidual.

A fotobiomodulação também contribui para a modulação da atividade de mediadores inflamatórios envolvidos na fisiopatologia da osteoartrite, como as interleucinas (IL-1 β , IL-6), fator de necrose tumoral alfa (TNF- α) e as metaloproteinases da matriz (MMPs), inibindo processos catabólicos e favorecendo a homeostase da matriz extracelular, contribuindo assim, para a redução do processo inflamatório crônico. Além disso, modula os mediadores pró-algésicos, como bradicinina, prostaglandina E2, substância P e glutamato, que estão diretamente relacionados à sensibilização periférica e à dor crônica na osteoartrite.

Esse efeito anti-inflamatório e analgésico é potencializado pela liberação de óxido nítrico (NO), que promove vasodilatação, melhorando a microcirculação local e modulando os nociceptores periféricos.

Ao reduzir esses estímulos periféricos nociceptivos, a fotobiomodulação também atenua a sensibilização central, contribuindo de forma significativa para o controle da dor persistente.

Dessa forma, os efeitos da fotobiomodulação na osteoartrite vão muito além do simples alívio sintomático, envolvendo mecanismos celulares e moleculares que promovem não apenas o controle da dor e da

inflamação, mas também a preservação da estrutura articular e a melhora funcional do paciente.

Para ilustrar melhor a aplicação prática desses conceitos, o próximo tópico será abordado um caso clínico, no qual será possível observar, na prática clínica, como a fotobiomodulação pode ser integrada de forma eficaz ao tratamento de pacientes com osteoartrite, considerando suas reais demandas e respostas terapêuticas.

APLICAÇÃO CLÍNICA - ESTUDO DE CASO

A seguir, apresenta-se um estudo de caso que exemplifica, na prática clínica, a aplicação da fotobiomodulação no manejo da osteoartrite. Trata-se de um paciente do sexo masculino, com 62 anos de idade, submetido à artroplastia total do quadril direito há cerca de dez anos. À época, o paciente já apresentava um histórico de dor crônica no quadril direito por aproximadamente cinco anos, o que o levou a adotar, de forma compensatória, uma sobrecarga no hemicorpo esquerdo durante as atividades funcionais.

Como consequência desse padrão adaptativo, e da ausência de reabilitação adequada, o paciente desenvolveu um estilo de vida sedentário, abandonando completamente a prática de atividades físicas, inclusive aquelas básicas da vida diária.

Esse comportamento resultou em um aumento significativo de peso corporal, passando de 90 kg para 110 kg ao longo dos anos. Atualmente, observa-se comprometimento osteoartrítico no joelho esquerdo, com sinais radiográficos compatíveis com degeneração articular avançada, como ilustra a figura 4.1.



Figura 4.1. Imagem radiográfica da articulação do joelho com sinais de osteoartrite. Banco de imagens do autor.

Para avaliar a resposta ao tratamento proposto com fotobiomodulação, foram utilizados dois instrumentos validados: a Escala Visual Analógica (EVA), utilizada para mensuração subjetiva da dor, e o índice WOMAC (Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index), o qual avalia dor, rigidez e limitação funcional,

sendo amplamente empregado na mensuração da evolução clínica e da qualidade de vida em pacientes com osteoartrite.

O tratamento foi realizado por meio da fotobiomodulação utilizando o equipamento Recover®, da empresa MMOptics, com o aplicador L3, que associa comprimentos de onda no vermelho (660nm) e infravermelho (808nm).

As aplicações foram realizadas em sete pontos de dor ao redor do joelho esquerdo, priorizando regiões com maior sensibilidade à palpação e sobre estruturas articulares e periarticulares envolvidas no quadro osteoartítico. O protocolo foi seguido com uma frequência de três sessões semanais, ao longo de quatro semanas consecutivas, totalizando 12 sessões, como ilustram as figuras 4.2 e 4.3.



Figuras 4.2 e 4.3. Representação dos pontos e aplicação do protocolo de fotobiomodulação com o equipamento Recover® no joelho esquerdo.

Os resultados nos mostraram que a intensidade da dor foi mensurada por meio da Escala Visual Analógica (EVA) em cinco momentos: antes do início do tratamento (pré-tratamento) e ao final de cada semana, durante quatro semanas de acompanhamento. Os dados, apresentados na figura 4.4, demonstram flutuações na percepção da dor

ao longo do período. Observou-se um aumento no escore de dor na primeira semana, seguido por uma redução na segunda semana. Na terceira semana, houve um leve aumento, e ao final da quarta semana, os valores retornaram ao nível inicial (pontuação 2). Esse comportamento pode estar relacionado à adaptação ao tratamento, à variabilidade individual da dor ou ao curso natural da condição osteoartrítica, mantendo-se, contudo, sem piora ao final do acompanhamento.

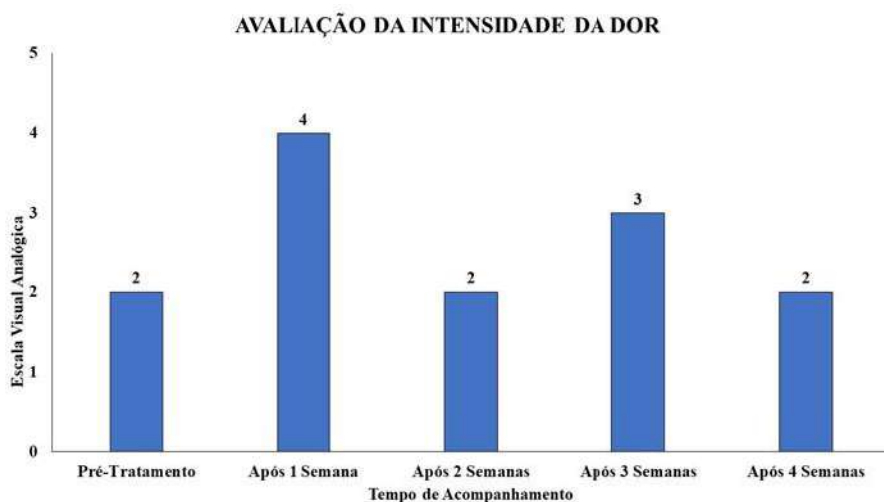


Figura 4.4. Evolução da intensidade da dor, avaliada pela Escala Visual Analógica (EVA), ao longo das quatro semanas de tratamento com fotobiomodulação.

Os escores obtidos no questionário WOMAC apresentaram uma melhora progressiva nas primeiras semanas de tratamento, com manutenção do ganho funcional até o final do acompanhamento. No pré-tratamento, o paciente apresentou escore de 73,9%, o que indica comprometimento importante da função. Após uma semana, esse valor reduziu para 55,2%, representando uma melhora de 25,3%. Na segunda semana, houve nova redução para 53,1% (28,1% de melhora em relação ao basal), e na terceira semana, o escore atingiu 43,7%, totalizando uma melhora de 40,9%. Esse valor foi mantido também na quarta semana, evidenciando estabilização do quadro funcional em patamar mais favorável. Os dados reforçam o potencial da fotobiomodulação em promover alívio sintomático e melhora da capacidade funcional em pacientes com osteoartrite do joelho, conforme ilustrado na figura 4.5.

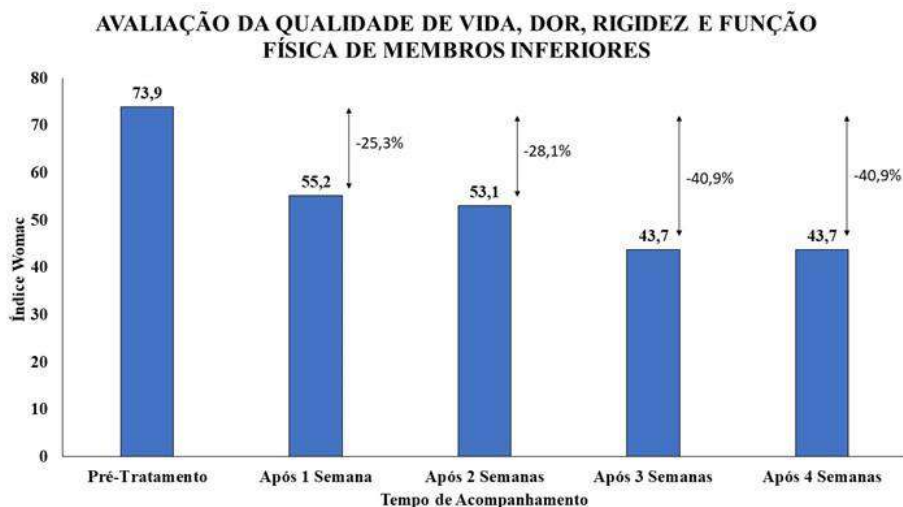


Figura 4.5. Evolução dos escores do questionário WOMAC ao longo das quatro semanas de tratamento com fotobiomodulação.

Como parte da avaliação complementar, foram realizadas imagens radiográficas da articulação do joelho esquerdo antes e após o tratamento com fotobiomodulação, como ilustra a figura 4.7, com o objetivo de observar possíveis alterações estruturais decorrentes da intervenção.

No entanto, não foram identificadas modificações morfológicas relevantes entre os exames, o que era esperado, considerando-se o curto período de acompanhamento e a natureza conservadora do tratamento.

A análise clínica e funcional, portanto, teve papel central na mensuração dos efeitos terapêuticos.



Figura 4.7. Imagens radiográficas da articulação do joelho esquerdo obtidas nos momentos pré-tratamento e pós-tratamento. Banco de imagens do autor.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O conteúdo abordado neste capítulo possibilitou uma compreensão integrada dos principais aspectos relacionados à osteoartrite, incluindo sua fisiopatologia, manifestações clínicas e impacto funcional, assim como dos mecanismos de ação da fotobiomodulação e seu potencial terapêutico.

Ao relacionar o conhecimento teórico com a aplicação prática, por meio do estudo de caso apresentado, foi possível evidenciar os benefícios desse recurso no contexto da reabilitação de pacientes com disfunções articulares crônicas.

Os achados observados reforçam a eficácia e a viabilidade clínica da fotobiomodulação como um recurso auxiliar no manejo da dor e na melhora funcional em pacientes com osteoartrite.

REFERÊNCIAS

1. HEIDARI, B. Knee osteoarthritis prevalence, risk factors, pathogenesis and features: Part I. **Caspian J Intern Med** , 2:205–12, 2011.
2. BERENBAUM, F. Osteoarthritis as an inflammatory disease (osteoarthritis is not osteoarthrosis!). **Osteoarthritis Cartilage**, 21:16–21, 2013.
3. HWANG, H. S.; KIM, H. A. Chondrocyte Apoptosis in the Pathogenesis of Osteoarthritis. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 16, n. 11, p. 26035–26054, 2015.
4. GOLDRING, S.R. Alterations in periarticular bone and cross talk between subchondral bone and articular cartilage in osteoarthritis. **Ther Adv Musculoskelet Dis**, 4(4), 249-58, 2012.
5. FELSON, D. T. Osteoarthritis as a disease of mechanics. Osteoarthritis and Cartilage /OARS, **Osteoarthritis Research Society**, v. 21, n. 1, p. 10–15, 2013.

6. REGINATO, A. M., et al. Osteoarthritis in Latin America: Study of Demographic and Clinical Characteristics in 3040 Patients. **Journal of Clinical Rheumatology**, v. 21, n. 8, p. 391–397, 2015.
7. BURGOS-VARGAS, R., et al. Characterization of knee osteoarthritis in Latin America: a comparative analysis of clinical and health care utilization in Argentina, Brazil, and Mexico. **Reumatología Clínica**. 2014.
8. VOS, T., et al. Global, regional, and national incidence, prevalence, and years lived with disability for 310 diseases and injuries, 1990-2015: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2015. **Lancet**, London, v. 388, n. 10053, p. 1545-1602, 8 out. 2016.
9. COIMBRA, I. B., et al. Osteoartrite (artrose): tratamento. **Revista Brasileira de Reumatologia**, v. 44, p. 450-453, 2004.
10. IBGE - 2017 [database on the Internet]. Pesquisa Nacional de Saúde – PNS 2013, **Doenças Crônicas**. [Acesso em julho 2025]. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/sociais/saude/9160-pesquisa-nacionalde-saude.html?edicao=9161&t=resultados>.

11. Portal Brasil: 2012. Governo do Brasil. [homepage na internet]. **Saúde – Osteoartrose** [Acesso em julho 2025]. Disponível em:
<http://www.brasil.gov.br/saude/2012/04/osteoartrose>.
12. VASCONCELOS, K.S.S.; DIAS, J.M.D.; DIAS, R.C. Relação entre intensidade de dor e capacidade funcional em indivíduos obesos com osteoartrite de joelho. **Rev. bras. fisioter.**, 10(2), 213-218, 2006.
13. ROSIS, R.G.; MASSABKI, P.S.; KAIRALLA, M. Osteoartrite: avaliação clínica e epidemiológica de pacientes idosos em instituição de longa permanência. **Rev Bras Clin.**, 8(2):101-8, 2010.
14. MICHAEL, J.W.P.; SCHLÜTER-BRUST, K.U.; EYSEL, P. The Epidemiology, Etiology, Diagnosis, and Treatment of Osteoarthritis of the Knee. **Deutsches Arzteblatt International**, v. 107, n. 9, p. 152–162, 2010.
15. ZACARON, K.A.M., et al. Nível de atividade física, dor e edema e suas relações com a disfunção muscular do joelho de idosos com osteoartrite. **Rev bras fisioter.**, 10(3):279-84, 2006.

16. DA ROSA, A.S., et al. Effects of low-level laser therapy at Wavelengths of 660 and 808 nm in experimental model of osteoarthritis. **Photochem Photobiol** 88:161–166, 2012.
17. PAGE, C.J., HINMAN, R.S.; BENNELL, K.L. Physiotherapy management of knee osteoarthritis. **IntJRheumDis.**,14(2):145-51, 2011.
18. SILVA, M.P.; BARROS, C.A.M. Benefícios de um programa de exercícios funcionais no tratamento da osteoartrite de joelho. **Saúde.**, 1(1):23-42, 2012.
19. MARCHON, R.M; CORDEIRO, R.C.; NAKANO, M.M. Capacidade Funcional: estudo prospectivo em idosos residentes em uma instituição de longa permanência. **Rev bras geriatr gerontol**, 13(2):203-14, 2010.
20. SUTBEYAZ, S.T., et al. Influence of knee osteoarthritis on exercise capacity and quality of life in obese adults. **Obesity(Silves Spring)**,15(8):2071-76, 2007.

21. CHENG, D.S.; VISCO, C.J. Pharmaceutical therapy for osteoarthritis. **PM&R**, 4:582-588, 2012.
22. SANTOS, M.L.A.S., et al. Desempenho muscular, dor, rigidez e funcionalidade de Idosas com osteoartrite de joelho. **Acta Ortop Bras**, 19(4): 193, 2011.
23. HANNAN, M.; FELSON, D.; PINCUS, T. Analysis of the discordance between radiographic changes and knee pain in osteoarthritis of the knee. **J Rheumatol**. [5./], v. 27, n. 6, p. 1513 1517, jun. 2000.
24. LESPASIO, M. J. et al. Knee osteoarthritis: a primer. **The Permanente Journal**. [S. l.], v. 21, n.16, p. 1-7, 2017.
25. KELLGREN, J. H.; LAWRENCE, J. S. Radiological assessment of osteo-arthrosis. **Annals of the rheumatic diseases**. [S.l.], v. 16, n. 4, p. 494-502, 1957.
26. OSHIMA, Y., et al. Effect of lightemitting diode (LED) therapy on the development of osteoarthritis (OA) in a rabbit model. **Biomedicine & Pharmacotherapy**, 65:224–229, 2011.

27. OLIVEIRA, P., et al. Effects of phototherapy on cartilage structure and inflammatory markers in an experimental model of osteoarthritis. **Journal of Biomedical Optics**, 18:128004, 2013.
28. DOS SANTOS, S.A., et al. Comparative analysis of two low-level laser doses on the expression of inflammatory mediators and on neutrophils and macrophages in acute joint inflammation. **Lasers in Medical Science**, 29(3):1051-8, 2014.
29. ALBERTS, B., et al. **The extracellular matrix of animals. Molecular biology of the cell**. 3. ed. New York & London, Garland, 971-84, 1994.
30. BROCKMEIER, S.F. MRI-Arthroscopy Correlations A Case-Based Atlas of the Knee, Shoulder, Elbow and Hip. **Springer**, editor, 45-131 p, 2015.
31. BAUER, D.C., et al. Classification of osteoarthritis biomarkers: a proposed approach. **Osteoarthritis and Cartilage** Volume 14, Issue 8, Pages 723-727, 2006.

32. LANE, N.E., et al. OARSI-FDA initiative: defining the disease state of osteoarthritis. **Osteoarthritis and Cartilage**. Volume 19, Issue 5, Pages 478-482, 2011.
33. KNAUPER, V., et al. Biochemical characterization of human collagenase-3. **J Biol Chem**, 271:1544–1550, 1996.
34. IM, H.J., et al. Basic Fibroblast Growth Factor Stimulates Matrix Metalloproteinase-13 via the Molecular Cross-talk between the Mitogen-activated Protein Kinases and Protein Kinase C δ Pathways in Human Adult Articular Chondrocytes. **Journal of Biological Chemistry**. Volume 282, Issue 15, Pages 11110-11121, 2007.
35. ABRAMSON, S. B.; ATTUR, M. Developments in the scientific understanding of osteoarthritis. **Arthritis Res Ther**, 19;11(3):227, 2009.
36. LEE, Y.C.; NASSIKAS, N.J.; CLAUW, D.J. The role of the central nervous system in the generation and maintenance of chronic pain in rheumatoid arthritis, osteoarthritis and fibromyalgia. **Arthritis Res. Ther**, vol. 13(no. 2):211. 10.1186/ar3306, 2011.

37. BUCKWALTER, J.A.; SALTZMAN, C.; BROWN, T. The Impact of Osteoarthritis. **Clin Orthop Relat Res**, vol. 427, 2004.
38. HATTORI, T. Association of chronic pain with radiologic severity and central sensitization in hip osteoarthritis patients. **J Pain Res**, 14:1153–1160, 2021.
39. LÓPEZ-RUIZ, M., et al. Central sensitization in knee osteoarthritis and fibromyalgia: beyond depression and anxiety. **PLoS One**, 14:0, 2019.
40. SCHAIBLE, H.G.; EBERSBERGER, A.; NATURA, G. Update on peripheral mechanisms of pain: beyond prostaglandins and cytokines. **Arthritis Res Ther**, 13:210, 2011.
41. LLUCH, E.; TORRES, R.; NIIS, J.; VAN, O. Evidence for central sensitization in patients with osteoarthritis pain: a systematic literature review. **Eur J Pain**, 18:1367–1375, 2014.

42. LLUCH, G. E.; NIIS, J.; TORRES-CUECO, R.; LÓPEZ, C.C Pain treatment for patients with osteoarthritis and central sensitization. **Phys Ther**, 93:842–851, 2013.
43. FELSON, D.T. The sources of pain in knee osteoarthritis. **Curr Opin Rheumatol**, vol. 17(no. 5):624–628, 2005.
44. OHASHI, Y., et al. Mechanisms of Peripheral and Central Sensitization in Osteoarthritis **Pain Cureus**, 15(2): e35331, 2023.
45. FUKUDA, K., et al. Reeves WC: Chronic multisymptom illness affecting Air Force veterans of the Gulf War. **JAMA**, 280: 981-988, 1998.
46. KATO, K., et al. A population-based twin study of functional somatic syndromes. **Psychol Med**, 39: 497-505, 2009.
47. FUKUDA, K., et al. An epidemiologic study of fatigue with relevance for the chronic fatigue syndrome. **J Psychiatr Res**, 31: 19-29, 1997.
48. KATO, K., et al. Chronic widespread pain and its comorbidities: a population-based study. **Arch Intern Med**, 166: 1649-1654. 10.1001/archinte.166.15.1649, 2006.

49. MURPHY, S.L., et al. The impact of momentary pain and fatigue on physical activity in women with osteoarthritis. **Arthritis Care Res**, 59: 849-856, 2008.
50. KARU, T. I. The Science of low power laser therapy. London: **Gordon and Beach**, 320 p., 1998.
51. SMITH, H. S.; HARRIS, R.; CLAUW, D. Fibromyalgia: an afferent processing disorder leading to a complex pain generalized syndrome. **Pain Physician**, v.14, n. 2, p. 1991.
52. BAROLET, D. Light Emitting Diodes (LEDs) in Dermatology. **Seminars in Cutaneous Medicine and Surgery**, v. 27, n. 4, p. 227-238, 2008.
53. DE FREITAS, L. F.; HAMBLIN, M.R. Proposed Mechanisms of Photobiomodulation or Low-Level Light Therapy. **IEEE journal of selected topics in quantum electronics** : a publication of the **IEEE Lasers and Electro-optics Society**, 22(3): 7000417, 2016.

54. CHUNG, H., et al. The nuts and bolts of low-level laser (light) therapy. **Annals of Biomedical Engineering**, 40:516–533, 2012.
55. SERGE, L.J; FERREIRA, M.D.S. **Laser Terapêutico – Proposta de Guia de Estudo**. Manual Apresentado ao curso de Fisioterapia da Faculdade São Lucas (TCC). Porto Velho (RO), 2015.
56. HUANG, Y.-Y.; CHEN, A. C.-H.; CARROLL, J. D., et al. Biphasic dose response in low level light therapy. **Dose Response**, v. 7, p. 358–383, 2009.
57. KARU, T. “Primary and Secondary Mechanisms of Action of Visible to Near- IR Radiation on Cells.” **Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology**, vol. 49, no. 1, pp. 1–17, 1999.
58. TOMAZONI, S.S., et al. Effects of photobiomodulation therapy, pharmacological therapy, and physical exercise as single and/or combined treatment on the inflammatory response induced by experimental osteoarthritis. **Lasers Med Sci**, 32:101–8, 2017.

59. TOMAZONI, S.S., et al. Isolated and combined effects of photobiomodulation therapy, topical nonsteroidal anti-inflammatory drugs, and physical activity in the treatment of osteoarthritis induced by papain. **J Biomed**, 21:108001, 2016.
60. KARU, T.I.; PYATIBRAT, L.V.; AFANASYEVA, N.I. Cellular effects of low power laser therapy can be mediated by nitric oxide. **Lasers Surg Med**, 36(4):307–314, 2005.
61. LIEBERT, A., et al. Photophysical Mechanisms of Photobiomodulation Therapy as Precision Medicine. **Biomedicines**, 11(2):237–237, 2023.
62. TOMAZONI, S. S. et al. Photobiomodulation therapy in the modulation of inflammatory mediators and bradykinin receptors in an experimental model of acute osteoarthritis. **Lasers in Medical Science**, [S.l.], v. 32, n. 1, p. 87–94, 2017.
63. BALBINOT, G., et al. Photobiomodulation Therapy Partially Restores Cartilage Integrity and Reduces Chronic Pain Behavior in a Rat Model of

Osteoarthritis: Involvement of Spinal Glial Modulation. **Cartilage**, 13(2_suppl), 1309S–1321S, 2019.

3. Controle da dor e sintomas da Fibromialgia por protocolo sistêmico da Fotobiomodulação - estudo de caso

Renata Alessandra Goldin, Carolina de Almeida Gianini^{1,2,3}, Matheus Henrique Camargo Antonio^{1,2,3}, Caroline Baptista da Silva Garcia¹, Tiago Zuccolotto Rodrigues^{1,2,3}, Kellen Alexandra Botelho Gussi^{1,2,3}, Antonio Eduardo de Aquino Junior^{1,2}, Ana Carolina Negraes Canelada^{1,2,3}, Fernanda Mansano Carbinatto^{1,2} e Vanderlei Salvador Bagnato^{2,3,4}

¹Pós-Graduação em Laser em Saúde, Instituto de Ensino e Pesquisa, Irmandade da Santa Casa de Misericórdia de São Carlos, São Carlos, São Paulo, Brasil.

²Instituto de Física de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, São Paulo, Brasil.

³Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, São Paulo, Brasil.

⁴Department of Biomedical Engineering, Texas A&M University, Texas, Estados Unidos da América.

Autor Correspondente: antonioaquino@ifsc.usp.br

INTRODUÇÃO

A Fibromialgia é caracterizada como uma síndrome dolorosa e crônica, acometendo de 2% a 4% da população mundial. Manifesta sintomas recorrentes e incluem dor crônica generalizada, fadiga intensa, distúrbios do sono e alterações emocionais. Ansiedade e depressão são comuns nesses pacientes e a síndrome pode inclusive estar associada a condições autoimunes, como artrite reumatoide e lúpus.

Há ainda relatos de aumento da pressão intracraniana, o que pode desencadear outras condições, levando a incapacidade funcional, alterações psicossomáticas e psicossociais.

Essas manifestações estão diretamente relacionadas à amplificação da percepção sensorial mediada pelo sistema nervoso central.

Entre os sintomas comumente associados à Fibromialgia destacam-se: a síndrome do intestino irritável, parestesia, sensação de edema, cefaleia, rigidez matinal e alterações cognitivas. A disfunção cognitiva representa um dos aspectos mais debilitantes da síndrome, caracterizado pela diminuição da capacidade de concentração e memória

imediate e de curto prazo, além de incapacidade de realizar múltiplas tarefas, deficits reconhecidos como Fibrofog.

O tratamento farmacológico da Fibromialgia busca modular o sistema nervoso central, para isso são utilizados antidepressivos, anticonvulsivantes, analgésicos, anti-inflamatórios e ansiolíticos. Contudo, analgésicos comuns e anti-inflamatórios não esteroides (AINEs) não representam eficácia atualmente. Ainda assim, o uso permanece frequente e, muitas vezes, indiscriminado, o que pode acarretar efeitos deletérios relevantes, como distúrbios gastrointestinais, risco cardiovascular aumentado, lesões renais e hepatotoxicidade. Intervenções não farmacológicas no manejo da fibromialgia, demandam uma abordagem multidisciplinar, relacionando diferentes profissionais da saúde, e multimodal, ao integrar estratégias terapêuticas complementares.

A crescente utilização da fotobiomodulação no controle da dor crônica tem motivado a literatura científica a exigir novas evidências clínicas que explorem não apenas seus efeitos analgésicos, mas também seus impactos sobre sintomas neuropsíquicos, como ansiedade, depressão

e distúrbios do sono.

Nesse contexto, destaca-se o avanço na aplicação da fotobiomodulação em regiões como palmas das mãos e solas dos pés, áreas com alta densidade de receptores sensoriais e conexão direta com o sistema nervoso central (tálamo e córtex somatossensorial). A estimulação dessas zonas pode modular circuitos neurais relacionados à dor crônica e ao controle emocional.

Considerando os benefícios e a relevância dos recursos terapêuticos contemporâneos, torna-se necessária a implementação de protocolos inovadores que explorem o uso sistêmico da terapia com laser de baixa potência.

Dessa forma, o presente estudo tem como objetivo avaliar a eficácia da fotobiomodulação na redução da dor, melhora da qualidade do sono e redução dos níveis de ansiedade e depressão, buscando contribuir para a ampliação de estratégias não invasivas, tecnológicas e integrativas na reabilitação funcional, com foco especial em populações com baixa resposta aos tratamentos convencionais.

METODOLOGIA

Para este estudo, foi utilizado o equipamento *Recover*®, produzido pela MMOptics (Brasil), que permite a emissão de luz de baixa potência (110 mW) por meio de um sistema não invasivo, indolor e sem geração de calor excessivo. A luz utilizada foi do espectro vermelho, com comprimento de onda de 660 nm.

A aplicação foi realizada em nove pontos na região palmar e doze pontos na região plantar (Figura 1), com uma dose de 4J por ponto. O tempo total de exposição foi de 8 minutos por mão e 6 minutos por pé, totalizando 28 minutos por sessão.

O protocolo de intervenção consistiu em duas aplicações semanais, durante cinco semanas consecutivas, totalizando 10 sessões. Resultados clínicos positivos foram observados a partir da quinta sessão. Durante todo o procedimento, o equipamento foi mantido em posição perpendicular à superfície da pele, a fim de otimizar a entrega da energia luminosa ao tecido-alvo.

Para a avaliação da dor, utilizou-se o Questionário de Dor de

McGill, instrumento multidimensional amplamente utilizado na prática clínica e em pesquisas para caracterizar qualitativamente e quantitativamente a experiência dolorosa.

Esse questionário é composto por descritores organizados em categorias que avaliam aspectos sensoriais, afetivos, avaliativos e miscelâneos da dor. O paciente seleciona os termos que melhor descrevem sua dor, atribuindo uma pontuação baseada na intensidade de cada descritor. O escore total, denominado *Pain Rating Index* (PRI), pode ser dividido em escore sensorial, afetivo e total, refletindo a complexidade da dor percebida.

Além disso, utilizou-se a Escala Visual Analógica (EVA) uma ferramenta simples e rápida de aplicar, variando de 0 a 10, sendo “0” a ausência total de dor e “10” o nível máximo de dor referido pelo paciente. Essa escala foi aplicada durante a primeira, quinta e décima sessão dos atendimentos.

Para avaliar a qualidade de vida e a funcionalidade foi utilizado o *Fibromyalgia Impact Questionnaire* (FIQ), um instrumento específico e validado para essa condição. O questionário é composto por questões que

avaliam a capacidade funcional, o número de dias em que o paciente se sentiu incapacitado, além de sintomas como dor, fadiga, rigidez, distúrbios do sono, ansiedade e depressão. A pontuação final varia de 0 a 100, sendo que valores mais elevados indicam maior impacto da fibromialgia na qualidade de vida e funcionalidade do indivíduo.

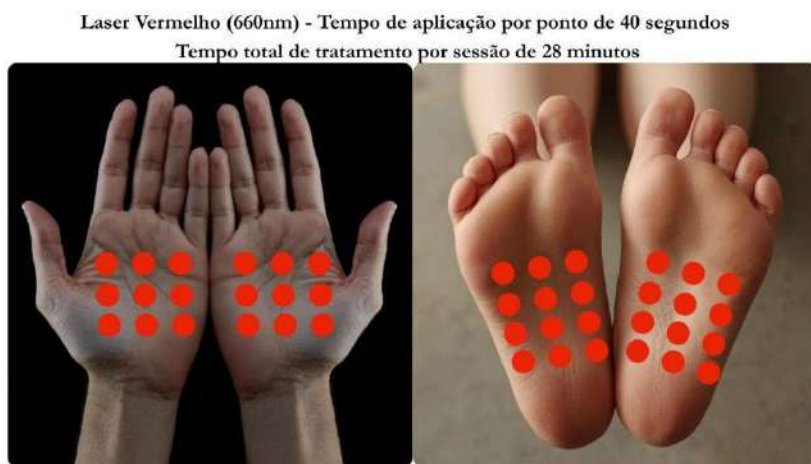


Figura 1 - Imagem representativa da aplicação nas mãos e nos pés com distribuição de pontos, 9 em cada mão e 12 em cada pé. Banco de imagens do autor. Imagem criada por CANVA IA.

ESTUDO DE CASO E RESULTADOS

Paciente G.M.S.F., feminino, 56 anos, apresenta diagnóstico médico de doença mista do tecido conjuntivo, englobando artrite reumatoide e lúpus eritematoso sistêmico, além de quadro associado de fibromialgia. Essas condições têm impacto direto em sua capacidade funcional, ocasionando sintomas como dor crônica, fadiga, limitação articular e comprometimento das atividades de vida diária e profissional.

A figura 2 mostra a comparação entre pacientes fibromiálgicos submetidos à fotobiomodulação sistêmico recorrido neste estudo com base na avaliação pela Escala Fibromyalgia Impact Questionnaire. É possível observar a diferença significativa entre pré-tratamento com percentual de 35% de maior impacto da fibromialgia e, depois do tratamento com percentual de 2% de menor impacto da fibromialgia melhorada ao protocolo aplicado.

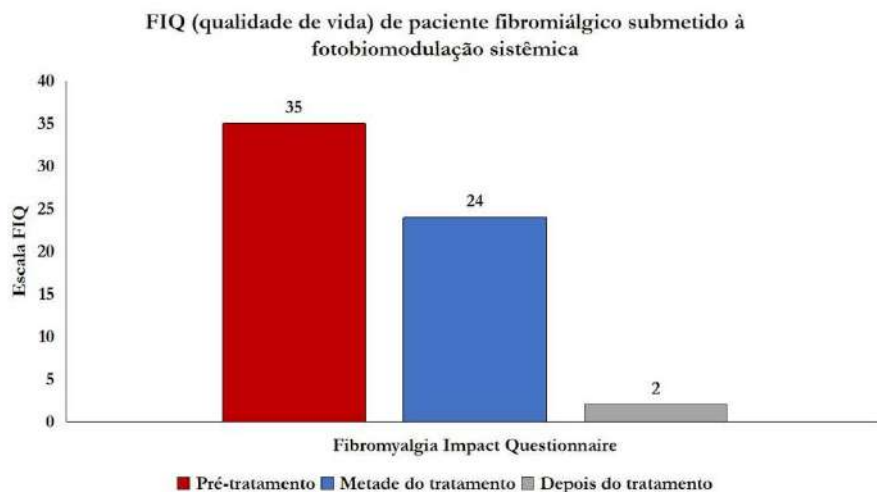


Figura 2 - Questionário Internacional de Fibromialgia (FIQ)- qualidade de vida.

A Figura 3 mostra a comparação entre pacientes fibromiálgicos submetidos à fotobiomodulação sistêmica recorrido neste estudo com base na avaliação pela Escala Visual Analógica. É possível observar a diferença significativa entre pré-tratamento com percentual de 8% de maior intensidade de dor da fibromialgia e, depois do tratamento com percentual de 5% de menor intensidade de dor da fibromialgia melhorada ao protocolo aplicado.

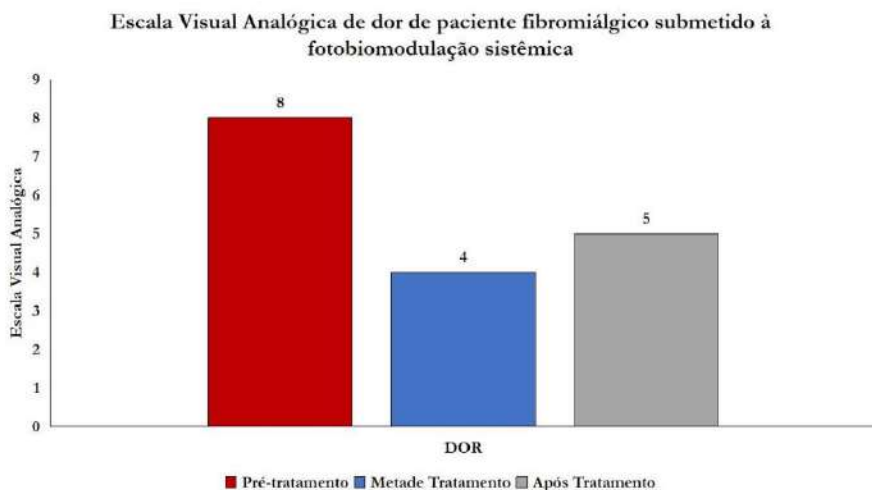


Figura 3 - Escala Visual Analógica de dor - (EVA).

A figura 4 mostra a comparação entre pacientes fibromiálgicos submetidos à fotobiomodulação sistêmica recorrido neste estudo com base em avaliação pelo Questionário de Dor de McGill. É possível observar a diferença significativa entre pré-tratamento com percentual de 12% de menor discernimento de dor da fibromialgia e, depois do tratamento com percentual de 36% de maior discernimento de dor da fibromialgia melhorada ao protocolo aplicado.

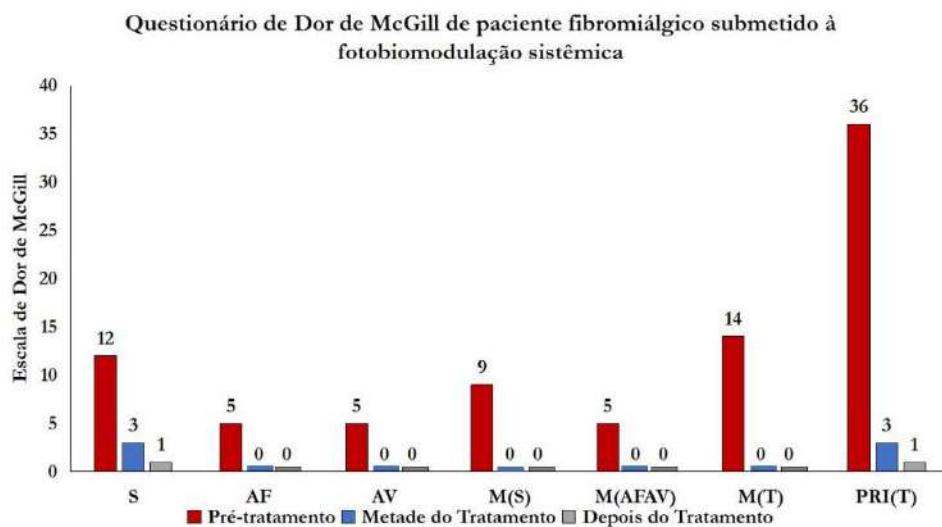


Figura 4 - Questionário de Dor de McGill.

A figura 5 mostra a comparação entre pacientes fibromiálgicos submetidos à fotobiomodulação sistêmica recorrido neste estudo com base em avaliação pelo Questionário de Pittsburgh. É possível observar a diferença significativa entre pré-tratamento com percentual de 14% com menor análise confirmatória da qualidade do sono e, depois do tratamento com percentual de 7% com maior análise confirmatória da qualidade do sono da fibromialgia melhorada ao protocolo aplicado.

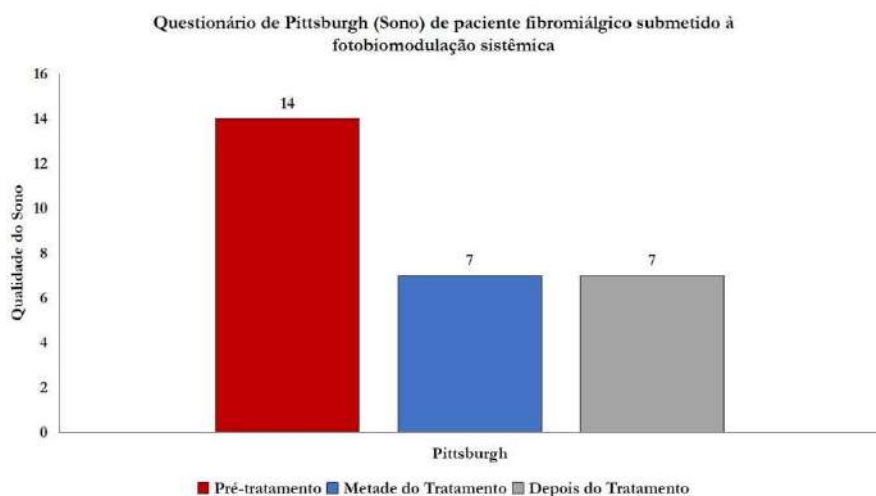


Figura 5 - Questionário de qualidade do sono de Pittsburgh.

Discussão

A fibromialgia, sendo uma síndrome dolorosa crônica, afeta não apenas o sistema musculoesquelético, mas também diversos outros aspectos fisiológicos e psicossociais, como distúrbios do sono, alterações na pressão intracraniana e transtornos psicossomáticos e psicossociais, incluindo ansiedade e depressão. A quantidade e diversidade dos sintomas apresentados gera uma grande limitação funcional, interferindo

diretamente no estilo de vida do paciente e comprometendo suas atividades diárias, tanto no contexto familiar quanto no profissional. Como consequência, há um impacto negativo significativo na vida pessoal, social e ocupacional, promovendo uma redução constante na qualidade de vida.

Tendo em vista que um dos recursos mais utilizados por diversos profissionais da área da saúde é o laser terapêutico, destaca-se sua ampla aplicação e seu uso em novas patologias.

A fotobiomodulação sendo um processo que ocorre por meio da ação de lasers de baixa potência (660nm), os quais são absorvidos por estruturas que são penetradas pela luz, denominado citocromo C oxidase, oferecendo vantagens como efeitos analgésicos e produção de ATP, favorecendo a homeostase.

Mediante sobre a hipótese que na fibromialgia ao invés de ocorrer a diminuição da acetilcolina, por conta da ação da enzima acetilcolinesterase que está aumentada, observa-se a modulação da própria, o que leva a menor degradação da acetilcolina, sendo assim, o estímulo fotônico, pode chegar ao lugar almejado, o sistema nervoso

central.

Especialmente em áreas ricas em terminações autonômicas, como as palmas das mãos, pode ativar trajetos relacionados ao nervo vago e influenciar áreas do córtex pré-frontal. Essa estimulação pode promover efeitos centrais importantes, como a redução da pressão intracraniana, por meio do aumento da complacência vascular, vasodilatação controlada e melhora da oxigenação cerebral, otimizando o metabolismo neuronal sem aumento significativo do volume sanguíneo intracraniano.

Além disso, o laser também pode atuar de forma eficaz sobre o trato gastrointestinal, contribuindo para o manejo da síndrome do intestino irritável (SII), pela sua ação anti-inflamatória e neuromoduladora é capaz de reduzir a inflamação de baixo grau, diminuir o espasmo visceral e regular o peristaltismo, mesmo na ausência de sinais clínicos clássicos de inflamação, frequentemente observados em pacientes com SII.

A melhora na qualidade do sono, assim como a diminuição dos sintomas de ansiedade e depressão, podem ser explicadas pelo fato de os pacientes se sentirem mais confortáveis e menos limitados em suas atividades. O aumento da energia observado pode refletir o alívio da dor e

a melhora da função celular, permitindo que os indivíduos se sintam menos fatigados e mais capazes de realizar suas atividades diárias com maior vigor e vitalidade, decorrente do processo de fotobiomodulação.

Mediante a isto, com a aplicação de forma pontual do laser em 9 pontos nas palmas das mãos e 12 pontos nas plantas dos pés (Figura 1), observa-se resultados muitos semelhantes e positivos como já visto em artigos na literatura.

A figura 2 demonstra a melhora da qualidade de vida do paciente fibromiálgico pela Escala Fibromyalgia Impact Questionnaire, com uma redução de 33%. Devido a ação sistêmica do laser que reduz níveis de dores, vemos claramente na figura 3, onde mostra a redução das notas de dores pela Escala Visual Analógica. Essa dor muitas vezes é confundida pelo paciente, mas após o tratamento, foi observado que os indivíduos conseguiram ter melhor discernimento das dores pelo Questionário de McGill, na figura 4.

E como já visto em estudos anteriores, os quais mostraram melhora da qualidade do sono pelo Questionário de Pittsburgh (figura 5), neste estudo podemos confirmar que também houve melhora do sono no

fibromiálgico.

Os resultados obtidos mostram que ocorreu melhora global do paciente, apresentando uma evolução positiva do quadro agudo da doença, bem como na dor representada na escala visual analógica. Na análise, é possível observar um quadro positivo da terapia utilizada, havendo redução dos fatores que afetam a qualidade de vida. Neste contexto, o laser aplicado nos pontos das palmas das mãos e plantas dos pés é um mecanismo acessório para a diminuição e melhor discernimento das dores, assim com a melhora do sono, com o intuito de trazê-lo à normalidade, permitindo, possivelmente, uma melhor qualidade de vida.

CONCLUSÃO

O presente estudo evidencia, de forma consistente, que a paciente com fibromialgia se beneficiou da fotobiomodulação, obtendo uma redução significativa da dor e, conseqüentemente, uma melhora da mobilidade e funcionalidade, impactando positivamente nas atividades de vida diária. Esses resultados contribuíram para a otimização da função

sensório motora e para a elevação da qualidade de vida da paciente.

Dessa forma, o equipamento utilizado, aliado a um protocolo inovador, demonstrou ser um recurso seguro, não invasivo, isento de efeitos colaterais e com tempo de aplicação viável na prática clínica. Além disso, mostrou-se eficaz na redução do número de sessões e no tempo total de tratamento fisioterapêutico convencional.

REFERÊNCIAS

1. BAIR, M. J., & KREBS, E. E. (2020). Fibromyalgia. **Annals of Internal Medicine**, 172(5), ITC33–ITC48.
2. MAJITHIA, V., & GERACI, S. A. (2007). Rheumatoid arthritis: Diagnosis and management. **The American Journal of Medicine**, 120(11), 936–939.
3. BAGNATO, V. S., RODRIGUES, T. Z., GARCIA, V., VIDOTTI, H. G. M., & JUNIOR, A. E. DE A. (2024). Systemic Effects of Photobiomodulation and Ultrasound as a Potentiating Tool in the Treatment of Sleep Disorders—Pilot Study. **Journal of Novel Physiotherapies**, 14(5), 1–8.
4. BRADLEY, L. A. (2009). Pathophysiology of fibromyalgia. **The American Journal of Medicine**, 122(12 Suppl), S22-30.
5. JUNIOR, A. E. DE A., CARBINATTO, F. M., FRANCO, D. M., BRUNO, J. DA S. A., SIMÃO, M. L. S., FERNANDES, A. C., CANELADA, A. C. N., JUNIOR, N. A. V., & BAGNATO, V. S. (2020). The Laser and Ultrasound: The Ultra Laser like Efficient

- Treatment to Fibromyalgia by Palms of Hands - Comparative Study. **Journal of Novel Physiotherapies**, 11(1), 1–12.
6. JUNIOR, A. E. DE A., CARBINATTO, F. M., TOMAZ, C. DA S. R., & BAGNATO, V. S. (2022). Photosonic Treatment and Fibromyalgia: The Effect on Brain Compliance - Case Report. **Journal of Novel Physiotherapies**, 12(3), 1–6.
 7. GIORGI, V., SARZI-PUTTINI, P., PELLEGRINO, G., SIROTTI, S., ATZENI, F., ALCIATI, A., TORTA, R., VARRASSI, G., FORNASARI, D., COACCIOLI, S., & BONGIOVANNI, S. F. (2024). Pharmacological Treatment of Fibromyalgia Syndrome: A Practice-Based Review. **Current Pain and Headache Reports**, 28(12), 1349–1363.
 8. CLAUW, D. J. (2014). Fibromyalgia: A clinical review. **JAMA**, 311(15), 1547–1555.
 9. ARNOLD, L. M., CLAUW, D. J., DUNEGAN, L. J., TURK, D. C., & FIBROCOLLABORATIVE. (2012). A framework for fibromyalgia management for primary care providers. **Mayo Clinic Proceedings**, 87(5), 488–496.

10. JUNIOR, A. E. DE A., RODRIGUES, T. Z., ANTONIO, M. H. C., CANELADA, A. C. N., BERNARDO, C. C., GARCIA, V., CARBINATTO, F. M., & BAGNATO, V. S. (2024). Can Technological Combinations of Therapeutic Resources in Rehabilitation Act with Drug Synergy in the Treatment of Fibromyalgia Symptoms? - Pilot Study. **Journal of Novel Physiotherapies**, 14(11), 1–6.
11. ANTONIO, M. H. C., RODRIGUES, T. Z., JAMAMI, L. K., CANELADA, A. C. N., BERNARDO, C. C., JUNIOR, A. E. DE A., CARBINATTO, F. M., & BAGNATO, V. S. (2024). Reducing Lumbopelvic Pain in Pregnant Women through the Combination of Technologies with Systemic Application of Photobiomodulation with Therapeutic Ultrasound-Case study. **Journal of Novel Physiotherapies**, 14(11), 1–5. <https://doi.org/10.4172/2165-7025.1000765>
12. AMARAL, J., FRANCO, D. M., JUNIOR, A. E. DE A., & BAGNATO, V. S. (2018). Fibromyalgia Treatment: A New and Efficient Proposal of Technology and Methodological - A Case Report. **Journal of Novel Physiotherapies**, 8(1), 1–3.

13. BRUNO, J. S. A., FRANCO, D. M., CIOL, H., ZANCHIN, A. L., BAGNATO, V. S., & AQUINO JUNIOR, A. E. DE. (2018). Could hands be a new treatment to fibromyalgia? A pilot study. **Journal of Novel Physiotherapies**, 8(3), 1000393–1.
14. AARON, R. V., RAVYTS, S. G., CARNAHAN, N. D., BHATTIPROLU, K., HARTE, N., MCCAULLEY, C. C., VITALICIA, L., ROGERS, A. B., WEGENER, S. T., & DUDENEY, J. (2025). Prevalence of Depression and Anxiety Among Adults With Chronic Pain: A Systematic Review and Meta-Analysis. **JAMA Network Open**, 8(3), e250268.
15. KOHRT, B. A., GRIFFITH, J. L., & PATEL, V. (2018). Chronic pain and mental health: Integrated solutions for global problems. **Pain**, 159 Suppl 1(Suppl 1), S85–S90.
16. HAMBLIN, M. R. (2016). Photobiomodulation or low-level laser therapy. **Journal of Biophotonics**, 9(11–12), 1122–1124.
17. SCHNECKENBURGER, H. (2023). Laser Application in Life Sciences. **International Journal of Molecular Sciences**, 24(10), 8526.

18. ENWEMEKA, C. S., PARKER, J. C., DOWDY, D. S., HARKNESS, E. E., SANFORD, L. E., & WOODRUFF, L. D. (2004). The efficacy of low-power lasers in tissue repair and pain control: A meta-analysis study. **Photomedicine and Laser Surgery**, 22(4), 323–329.
19. SIRACUSA, R., PAOLA, R. D., CUZZOCREA, S., & IMPELLIZZERI, D. (2021). Fibromyalgia: Pathogenesis, Mechanisms, Diagnosis and Treatment Options Update. **International Journal of Molecular Sciences**, 22(8), 3891.
20. FRANCO, D. M., BRUNO, J. DA S. A., ZANCHIN, A. L., CIOL, H., BAGNATO, V. S., & JUNIOR, A. E. DE A. (2018). Therapeutic Ultrasound and Photobiomodulation Applied on the Palm of Hands: A New Treatment for Fibromyalgia® ③ A Man Case Study. **Journal of Novel Physiotherapies**, 8(6), 1–4.
21. HAMBLIN, M. R. (2018). Photobiomodulation for traumatic brain injury and stroke. **Journal of Neuroscience Research**, 96(4), 731–743.
22. ISHIBASHI, N., NANJO, T., & TAO, S. (2024). Photobiomodulation improves acute restraint stress-induced visceral hyperalgesia in rats. **Lasers in Medical Science**, 39(1), 143.

23. TURGAY, T., GÜNEL KARADENİZ, P., & SEVER, G. B. (2020). Comparison of low level laser therapy and extracorporeal shock wave in treatment of chronic lateral epicondylitis. **Acta Orthopaedica Et Traumatologica Turcica**, 54(6), 591–595.
24. CANELADA ACN, GARCIA V, GIANINI CA, JAMAMI LK, ANTÔNIO MHC, ET AL. (2025) Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation (TENS) and Photobiomodulation promote improvement in Cervical Radicular Pain Due to Disc Herniation? Case Study. **J Nov Physiother** 15: 803
25. JUNIOR, A. E. DE A., CARBINATTO, F. M., RODRIGUES, T. Z., GARCIA, V., CANELADA, A. C. N., & BAGNATO, V. S. (2023). The Regulatory Action of Fibro fog: Pain, Quality of Life, Sleep, Anxiety and Depression observed after 42 Months of Treatment: A Case Report. **Journal of Novel Physiotherapies**, 13(3), 1–1.
26. LEE, M. (2021). Clinimetrics: The Revised Fibromyalgia Impact Questionnaire. **Journal of Physiotherapy**, 67(3), 220–221.
27. CHIAROTTO, A., MAXWELL, L. J., OSTELO, R. W., BOERS, M., TUGWELL, P., & TERWEE, C. B. (2019). Measurement Properties

- of Visual Analogue Scale, Numeric Rating Scale, and Pain Severity Subscale of the Brief Pain Inventory in Patients With Low Back Pain: A Systematic Review. **The Journal of Pain**, 20(3), 245–263.
28. HAWKER, G. A., MIAN, S., KENDZERSKA, T., & FRENCH, M. (2011). Measures of adult pain: Visual Analog Scale for Pain (VAS Pain), Numeric Rating Scale for Pain (NRS Pain), McGill Pain Questionnaire (MPQ), Short-Form McGill Pain Questionnaire (SF-MPQ), Chronic Pain Grade Scale (CPGS), Short Form-36 Bodily Pain Scale (SF-36 BPS), and Measure of Intermittent and Constant Osteoarthritis Pain (ICOAP). **Arthritis Care & Research**, 63 Suppl 11, S240-252.
29. BAGNATO, V. S., RODRIGUES, T. Z., GARCIA, V., VIDOTTI, H. G. M., & JUNIOR, A. E. DE A. (2024). Systemic Effects of Photobiomodulation and Ultrasound as a Potentiating Tool in the Treatment of Sleep Disorders—Pilot Study. **Journal of Novel Physiotherapies**, 14(5), 1–8.

4. Abordagem Terapêutica com Fotobiomodulação em Fibromialgia Secundária à Covid-19: Estudo de Caso Clínico

Matheus Henrique Camargo Antonio^{1,2,3}, Luciana Kawakami Jamami^{1,2,3}, Antonio Eduardo de Aquino Junior^{1,2}, Ana Carolina Negraes Canelada^{1,2,3}, Fernanda Mansano Carbinatto^{1,2} e Vanderlei Salvador Bagnato^{2,3,4}

¹Pós-Graduação em Laser em Saúde, Instituto de Ensino e Pesquisa, Irmandade da Santa Casa de Misericórdia de São Carlos, São Carlos, São Paulo, Brasil.

²Instituto de Física de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, São Paulo, Brasil.

³Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, São Paulo, Brasil.

⁴Department of Biomedical Engineering, Texas A&M University, Texas, Estados Unidos da América.

Autor Correspondente: antonioaquino@ifsc.usp.br;

INTRODUÇÃO

A fibromialgia é uma síndrome de origem multifatorial, caracterizada por dor musculoesquelética crônica, difusa e persistente, frequentemente associada à disfunção no processamento central da dor. Em grande parte dos casos, os indivíduos afetados desenvolvem uma resposta exacerbada a estímulos dolorosos, fenômeno conhecido como hipersensibilidade central. Essa condição, muitas vezes, está acompanhada por um estado de hipervigilância à dor, que pode estar intimamente relacionado a distúrbios psicológicos, como ansiedade e depressão.

Do ponto de vista neuroquímico, observam-se alterações significativas na neurotransmissão monoaminérgica, incluindo o aumento de substâncias excitatórias, como o glutamato e a substância P, e a redução de neurotransmissores inibitórios, como serotonina e noradrenalina, especialmente em regiões da medula espinhal envolvidas nas vias descendentes de modulação da dor. Tais desequilíbrios contribuem não apenas para o quadro algico, mas também para

manifestações como fadiga, distúrbios gastrointestinais, alterações do sono e instabilidades do humor.

Estudos epidemiológicos demonstram que a prevalência da fibromialgia varia conforme o contexto populacional e geográfico, oscilando entre 0,2% e 6,6% na população geral, com taxas mais elevadas entre mulheres (2,4% a 6,8%), áreas urbanas (0,7% a 11,4%) e menores em zonas rurais (0,1% a 5,2%).

Embora ainda não exista um modelo animal que reproduza integralmente todas as manifestações clínicas da fibromialgia, diversos estudos pré-clínicos vêm demonstrando que a exposição de animais a estressores físicos ou emocionais pode induzir quadros compatíveis com sensibilização central. Além disso, intervenções experimentais que alteram propositalmente o equilíbrio neuroquímico do sistema nervoso central têm reproduzido comportamentos de dor generalizada, reforçando o papel da centralização da dor nessa síndrome.

Com o advento da pandemia de COVID-19, crescem as evidências de que o vírus SARS-CoV-2 pode desencadear processos de neuroinflamação, tanto na periferia (terminações nervosas das vias aéreas

e pulmões, nervo vago e gânglios sensoriais vagais quanto em estruturas centrais responsáveis pela integração sensorial. Esse processo inflamatório é mediado por substâncias como interferons neuronais e ATP liberado por células da glia, essenciais nas respostas antivirais do sistema nervoso. Tais alterações podem favorecer o desenvolvimento de um estado de sensibilização e dor persistente, contribuindo para o surgimento ou agravamento da fibromialgia em indivíduos no contexto pós-COVID-19.

No estudo “Epidemiology, costs, and the economic burden of fibromyalgia”, os autores descrevem o impacto socioeconômico significativo da síndrome, evidenciando o uso intensivo de recursos terapêuticos, especialmente analgésicos e anti-inflamatórios não esteroidais (AINEs), utilizados por aproximadamente 74% dos pacientes. Apesar da ampla utilização, o uso prolongado desses fármacos está associado a efeitos adversos importantes, incluindo alterações gastrointestinais, reações cutâneas, toxicidade hepática, imunossupressão, alopecia, além de potenciais prejuízos às funções hepática e pulmonar.

Diante desse cenário, é imperativa a busca por estratégias

terapêuticas inovadoras, seguras e não farmacológicas para o manejo da dor crônica. Nesse contexto, destaca-se a aplicação da fotobiomodulação e do ultrassom terapêutico, que vêm se consolidando como alternativas promissoras. A fotobiomodulação, por meio da luz vermelha e infravermelha, atua sobre as mitocôndrias celulares, promovendo aumento da produção de ATP e favorecendo o equilíbrio bioquímico intracelular. O ultrassom terapêutico, por sua vez, produz efeitos mecânicos e térmicos nos tecidos, estimulando a angiogênese, a oxigenação tecidual e o metabolismo local.

A associação entre essas duas tecnologias potencializa benefícios como maior permeabilidade celular, modulação inflamatória, regeneração tecidual e homeostase neuroquímica. Tais mecanismos podem contribuir para a redução da dor, melhora funcional e otimização do tempo de reabilitação, especialmente em pacientes com fibromialgia associada à síndrome pós-COVID-19.

Dessa forma, reforça-se a importância da incorporação de recursos tecnológicos avançados, como a fotobiomodulação e o ultrassom, na prática fisioterapêutica, como estratégias complementares e eficazes no

tratamento da fibromialgia e suas manifestações pós-virais, oferecendo aos pacientes uma abordagem mais segura, eficiente e de menor risco iatrogênico.

METODOLOGIA

Estudo de caso submetido para aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital Santa Casa de Misericórdia de São Carlos e aprovado sob o C.A.A.E. 58039522.8.0000.8148. A paciente assinou o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) após receber esclarecimentos sobre o estudo. A participante não foi identificada por nome e, caso ocorresse qualquer desconforto físico, psicológico ou emocional, em qualquer momento, ela poderia interromper sua participação, sem qualquer ônus.

A paciente iniciou o processo de intervenção após aprovação e autorização médica responsável, que a acompanhou durante todo o processo. O tratamento foi realizado de forma individual e privativa.

Todos os questionários e escalas foram aplicados na forma de entrevista, deixando a voluntária livre para escolher a melhor resposta.

Foi questionada a paciente sobre a sensação subjetiva de dor, utilizando a escala visual analógica (VAS), na qual varia de 0 (sem nenhuma dor) a 10 (máximo de dor referida).

O questionário do impacto da fibromialgia foi aplicado para avaliar o impacto sobre a percepção da qualidade de vida nos últimos sete dias, dividido em 10 itens com 19 perguntas, com pontuação máxima de 100%.

Uma outra escala utilizada foi a Escala de Ansiedade e Depressão, na qual possui 14 questões, metade referente a ansiedade e as outras 7 questões sobre a depressão, cada uma destas é pontuada por meio da escala Likert (0 a 3 pontos), na qual deverá ser somada.

Além disso, a qualidade de vida foi avaliada por meio do questionário de qualidade de vida SF-36, contendo um total de 36 questões. Este questionário é composto por oito domínios: capacidade funcional, aspectos físicos, dor, estado geral de saúde, vitalidade, aspectos sociais, aspecto emocional e saúde mental, além da pontuação total, a qual considera a média aritmética de todos os domínios. A pontuação varia de 0 a 100 (0= pior estado de saúde; 100 = melhor estado de saúde).

Para a intervenção foi-se utilizado dispositivo comercial chamado RECUPERO®, desenvolvido pelo Instituto de Física de São Carlos, da Universidade de São Paulo, pelo Laboratório de Apoio Técnico (LAT), número de patente BR102014007397-3 A2 e comercializado pela empresa MMOptics, São Carlos, São Paulo, Brasil, foi utilizado. O equipamento possui capacidade sinérgica para aplicação de Fotobiomodulação associada ao Ultrassom Terapêutico, incluindo a formação de uma “sobreposição de campos terapêuticos”.

A intervenção foi realizada utilizando o equipamento RECUPERO®, totalizando 10 sessões, com 2 sessões por semana, durante 5 semanas. O protocolo utilizado consistiu na aplicação combinada de Fotobiomodulação (através de um laser de baixa potência com comprimento de onda de 660nm e 808nm e ultrassom terapêutico (modo pulsado, frequência de 1MHz, intensidade de 0.8W/cm^2), sendo aplicado por 5 minutos nas palmas das mãos (regiões tenar, hipotênar e aponeuroses palmares) e na região que se apresentou com maior índice de dor (região cervical), com irradiação de 36 Joules por região, totalizando 108 Joules.

RELATO DE CASO

Trata-se de paciente do sexo feminino, D.A.R.S., com 81 anos de idade, aposentada. Relata como queixa principal a dificuldade em realizar atividades básicas do cotidiano devido à dor generalizada, limitação funcional e fadiga persistente.

Apresenta antecedentes clínicos importantes, tendo sido diagnosticada com fibromialgia pós-COVID-19 em fevereiro de 2021. A paciente refere que, durante a infecção viral, apresentou perda completa do olfato e paladar, além de quadro inflamatório multissistêmico que evoluiu com manifestações musculoesqueléticas diversas. Após o episódio infeccioso, desenvolveu um quadro doloroso crônico, difuso e progressivo, associado a rigidez matinal, distúrbios do sono, alterações cognitivas e grande prejuízo funcional.

Adicionalmente, a paciente apresenta múltiplas comorbidades e alterações estruturais, como: lesão por esforço repetitivo (LER); estenose medular lombar e cervical; rompimento do menisco medial do joelho esquerdo; gonoartrose bilateral; estenose intestinal funcional; osteofitose

entre os níveis vertebrais de L1 a S1; redução do espaço discal em L5-S1; esclerose das articulações interfacetárias de L2 a S1; calcificação peritrocantérica bilateral; protrusão discal em C2-C3 e abaulamentos discais múltiplos de C3 a C7.

Durante a anamnese, relatou histórico de infecção com resposta leucocitária exacerbada, além do uso prolongado de anti-inflamatórios e corticosteroides. Mencionou também o uso de suplementos como colágeno com vitaminas D e E, creatina e diversos medicamentos para o controle da dor, entre eles: deflazacort, meloxicam, famotidina, cloridrato de tramadol, carisoprodol e paracetamol.

O exame físico revelou dor à palpação em pontos-gatilho compatíveis com os critérios diagnósticos da fibromialgia, limitação de amplitude de movimento em coluna lombar e cervical, além de claudicação à marcha. Os sinais clínicos indicam sobreposição de componentes nociceptivos, neuropáticos e inflamatórios da dor.

RESULTADOS

Pode-se observar na figura 1 que após o tratamento a paciente não relatou a presença de dor (pré-tratamento 9 e após tratamento 0 pela Escala Visual Analógica).

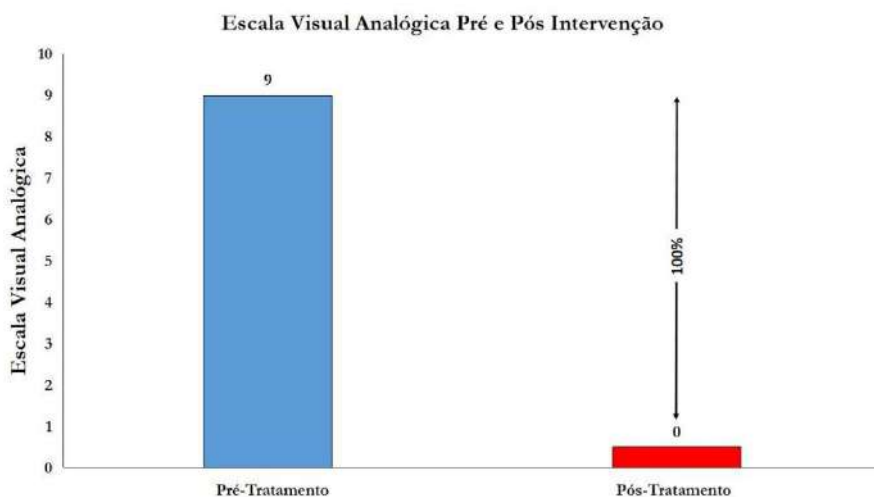


Figura 1. Escala Visual Analógica antes e após o tratamento.

No Questionário de Impacto da Fibromialgia houve uma diminuição em 66,4% após o tratamento proposto (Figura 2).

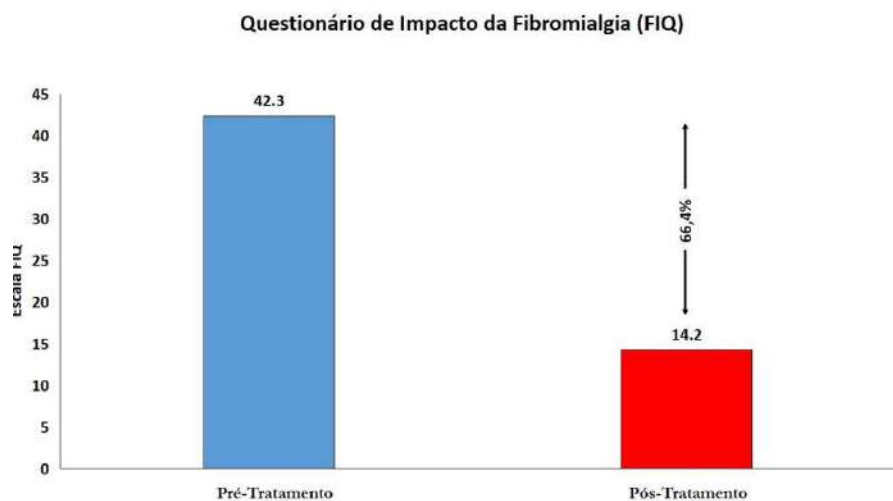


Figura 2. Questionário de Impacto da Fibromialgia antes e após o tratamento.

Uma outra escala utilizada foi a Escala de ansiedade e depressão, na qual a ansiedade diminuiu de 9 para 2 pontos com diminuição de 77,7%. E, houve uma melhora em 100% da pontuação da escala de depressão, ilustrada na Figura 3.

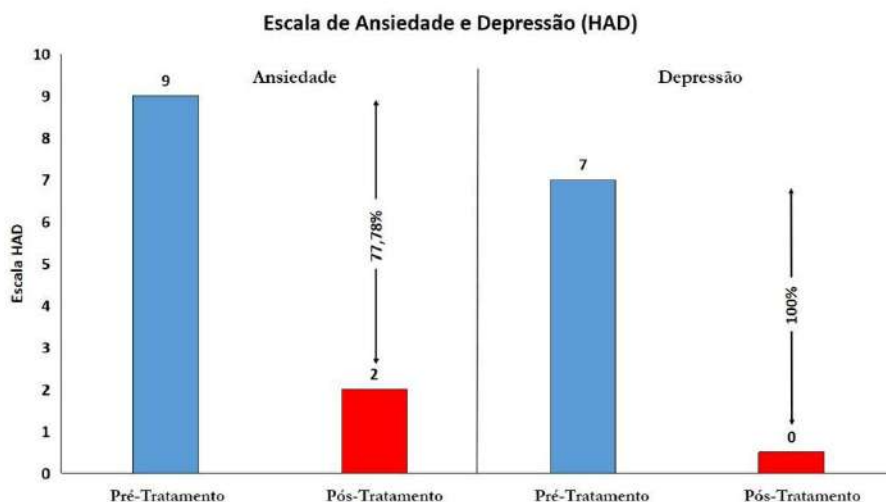


Figura 3. Escala de ansiedade e depressão pré e pós tratamento.

Com relação a qualidade de vida pode se observar um aumento nas pontuações em todos os domínios do Questionário *Short Form 36*, indicando uma melhora na qualidade de vida. Houve um aumento de 0 para 100 e 66,7, respectivamente, nos domínios limitação nos aspectos físicos e emocionais, vitalidade de 45 para 85 pontos, capacidade funcional de 60 para 80, estado geral de saúde (antes de 40 e após 85), dor (pré tratamento de 12 e pós tratamento de 77) e, finalmente, aumento

das pontuações nos domínios aspectos sociais e saúde mental, respectivamente, de 50 para 100 e 52 para 76 pontos.

Tabela 1. Resultados antes e após tratamento da da qualidade de vida pelo questionário *Short Form 36*.

Avaliação Questionário SF-36	Pré-Tratamento	Pós-Tratamento
Capacidade Funcional	60	80
Limitação dos Aspectos Físicos	0	100
Dor	12	77
Estado Geral de Saúde	40	85
Vitalidade	45	85
Aspectos Sociais	50	100
Limitação dos Aspectos Emocionais	00	66
Saúde Mental	52	76

DISCUSSÃO

A síndrome pós-COVID-19 tem sido associada a uma variedade de manifestações clínicas persistentes, sendo a dor musculoesquelética crônica uma das mais prevalentes. Estudos recentes têm apontado uma similaridade sintomatológica entre pacientes com pós-COVID-19 e indivíduos com fibromialgia, especialmente no que diz respeito à dor generalizada, fadiga, problemas de sono e distúrbios cognitivos. Essa semelhança sugere que a infecção pelo SARS-CoV-2 pode atuar como gatilho para processos de sensibilização central e periférica, resultando em uma fibromialgia secundária.

Nessa condição, os mecanismos neurais de modulação da dor tornam-se disfuncionais, resultando em um estado de hiperexcitabilidade do sistema nervoso central, caracterizado por alterações nos sistemas inibitórios descendentes, a ativação das células gliais e a neuroinflamação persistente, contribuindo para sua cronificação.

Diante disso, estratégias terapêuticas não farmacológicas que atuam diretamente na modulação neuroquímica e inflamatória tornam-se

especialmente relevantes. A fotobiomodulação, por meio do uso de laser de baixa intensidade, exercem efeitos biológicos capazes de restaurar a homeostase celular por meio da ativação de cromóforos mitocondriais, aumento da produção de Adenosina Trifosfato (ATP) e regulação de vias intracelulares envolvidas na expressão de citocinas e na modulação de neurotransmissores. Esses efeitos resultam na redução da excitabilidade neuronal, no controle da inflamação e na melhora do reparo tecidual.

Outro recurso é o ultrassom terapêutico, cuja ação baseia-se na emissão de ondas mecânicas geradas por um transdutor composto por cristais piezoelétricos. Esses cristais convertem a energia elétrica inicial em energia mecânica, que, ao ser transmitida aos tecidos biológicos, promove microdeformações celulares e excitação das estruturas moleculares.

Essas alterações resultam em aumento da permeabilidade celular, estímulo à microcirculação e liberação de mediadores bioquímicos, capaz de modular vias sensoriais e receptores de dor, contribuindo assim, para a

modulação neural e da inflamação, além de promover a reparação tecidual.

A associação entre essas duas modalidades terapêuticas tem sido estudada há alguns anos por pesquisadores do Instituto de Física de São Carlos (IFSC/USP) e aplicada em diferentes contextos clínicos, como no tratamento da fibromialgia e condições pós-COVID-19. Essa combinação, viabilizada pelo equipamento RECUPERO®, integra de forma sinérgica esses dois recursos, permitindo a sobreposição de suas ações e potencializando os efeitos biológicos celulares.

O protocolo é aplicado nas palmas das mãos, região ricamente innervada, onde os estímulos fotossônicos são conduzidos por fibras sensoriais até o sistema nervoso central. Essa condução desencadeia mecanismos neuroquímicos e autonômicos, incluindo a modulação da atividade da acetilcolinesterase e a ativação do nervo vago, promovendo equilíbrio autonômico, redução da pressão intracraniana e restauração da homeostase neuroquímica, reduzindo a excitabilidade neuronal, o controle da inflamação e a melhoria do reparo tecidual.

Em ensaios envolvendo fibromialgia, protocolos aplicados nas palmas das mãos resultaram em redução significativa da dor, melhora da qualidade do sono, fadiga e parâmetros psicológicos, com efeitos sustentados por até 300 dias após o término do tratamento, indicando um impacto prolongado na modulação da sensibilização central.

De forma semelhante, estudo conduzido em paciente com sequelas pós-COVID-19, observou-se benefícios comparáveis, incluindo alívio da dor musculoesquelética crônica, melhora da fadiga, da função cognitiva e da qualidade de vida, sugerindo que ambas as condições compartilham mecanismos neuroquímicos comuns, como disfunções nos sistemas inibitórios descendentes e hiperexcitabilidade neuronal.

No presente relato, a aplicação do mesmo protocolo em paciente com fibromialgia secundária à COVID-19 reforçou as evidências descritas na literatura demonstrando melhora significativa nos escores de dor, qualidade de vida e parâmetros psicológicos, reforçando a hipótese de que estratégias terapêuticas que modulam a neuroquímica e a resposta

autônoma são eficazes no manejo de condições caracterizadas por sensibilização central.

CONCLUSÃO

Conclui-se que a aplicação sistêmica da fotobiomodulação associada ao ultrassom terapêutico constitui uma abordagem não farmacológica promissora para modular mecanismos centrais e autonômicos relacionados à dor crônica, favorecendo o equilíbrio funcional e a homeostase neural.

REFERÊNCIAS

1. SIRACUSA, R., PAOLA, R. D., CUZZOCREA, S., & IMPELLIZZERI, D. (2021). Fibromyalgia: Pathogenesis, Mechanisms, Diagnosis and Treatment Options Update. **International Journal of Molecular Sciences**, 22(8), 3891.
2. MARQUES, A. P., SANTO, A. S. D. E., BERSSANETI, A. A., MATSUTANI, L. A., & YUAN, S. L. K. (2017). Prevalence of fibromyalgia: literature review update. **Revista Brasileira de Reumatologia**, 57(4), 356–363.
3. IANNUCELLI, C., FAVRETTI, M., DOLCINI, G., DI CARLO, M., PELLEGRINO, G., BAZZICHI, L., ET AL. (2025). Fibromyalgia: one year in review 2025. **Clinical and Experimental Rheumatology**, 43(6), 957–969.
4. BERWICK, R., BARKER, C., GOEBEL, A., & GUIDELINE DEVELOPMENT GROUP. (2022). The diagnosis of fibromyalgia syndrome. **Clinical Medicine** (London, England), 22(6), 570–574.

5. CABO-MESEGUER, A., CERDÁ-OLMEDO, G., & TRILLO-MATA, J. L. (2019). Epidemiología y caracterización sociodemográfica de la fibromialgia en la Comunidad Valenciana. **Revista Española de Salud Pública**, 93, e201912099.
6. ARNOLD, L. M., BENNETT, R. M., CROFFORD, L. J., DEAN, L. E., CLAUW, D. J., GOLDENBERG, D. L., ET AL. (2019). AAPT Diagnostic Criteria for Fibromyalgia. **The Journal of Pain**, 20(6), 611–628.
7. CLAUW, D. J. (2015). Fibromyalgia and related conditions. **Mayo Clinic Proceedings**, 90(5), 680–692.
8. FIALA, K., MARTENS, J., & ABD-ELSAYED, A. (2022). Post-COVID Pain Syndromes. **Current Pain and Headache Reports**, 26(5), 379–383.
9. SONG, W. J., HUI, C. K. M., HULL, J. H., BIRRING, S. S., MCGARVEY, L., MAZZONE, S. B., & CHUNG, K. F. (2021). Confronting COVID-19-associated cough and the post-COVID syndrome:

role of viral neurotropism, neuroinflammation, and neuroimmune responses. **The Lancet Respiratory Medicine**, 9(5), 533–544.

10. STACEY, S. K., & MCELENEY, M. (2021). Topical Corticosteroids: Choice and Application. **American Family Physician**, 103(6), 337–343.

11. CANELADA, A. C. N., ET AL. (2025). Synergistic effect of functional electrical stimulation (FES) and photobiomodulation in the rehabilitation of a patient with lumbar radiculopathy due to disc herniation: case report. **Journal of Novel Physiotherapies**, 15(3), 1000804-1–1000804-6.

12. BAGNATO, V. S., & AQUINO JUNIOR, A. E. DE. (2018). Fundamentals of light, phototherapy and their modern applications in podiatry. In **Fundamentals and Applications of Laser Therapy in Podiatry**. São Carlos: University of São Paulo - USP.

13. ANTÔNIO, M. H. C., RODRIGUES, T. Z., JAMAMI, L. K., CANELADA, A. C. N., BERNARDO, C. C., ET AL. (2024). Reducing lumbopelvic pain in pregnant women through the combination of

technologies with systemic application of photobiomodulation with therapeutic ultrasound – Case study. **Journal of Novel Physiotherapies**, 14, 765.

14. AQUINO JUNIOR, A. E. DE, CARBINATTO, F. M., FRANCO, D. M., BRUNO, J. S. A., SIMÃO, M. L. S., FERNANDES, A. C., ET AL. (2021). The laser and ultrasound: the ultra laser like efficient treatment to fibromyalgia by palms of hands - comparative study. **Journal of Novel Physiotherapies**, 11(1), 1000447-1–1000447-12.

15. DIAS, L. D., BLANCO, K. C., DE FARIA, C. M. G., DOZZA, C., ZANCHIN, E. M., PAOLILLO, F. R., ET AL. (2022). Perspectives on photobiomodulation and combined light-based therapies for rehabilitation of patients after COVID-19 recovery. **Laser Physics Letters**, 19(4), 045604-1–045604-9.

16. KHOJA, O., PASSADOURO, B. S., MULVEY, M., DELIS, I., ASTILL, S., TAN, A. L., & SIVAN, M. (2022). Clinical characteristics

and mechanisms of musculoskeletal pain in Long COVID. **Journal of Pain Research**, 15, 1729–1748.

17. FERNÁNDEZ-DE-LAS-PEÑAS, C., NAVARRO-SANTANA, M.P., PLAZA-MANZANO, G., PALACIOS-CEÑA, D., ARENDT-NIELSEN, L.D.M. (2021). Time course prevalence of post-COVID pain symptoms of musculoskeletal origin in patients who had survived severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 infection: A systematic review and meta-analysis. **Pain**, 163, 1220–1231.

18. CLAUW, D.J. (2014). Fibromyalgia: A Clinical Review. **JAMA**, 311, 1547–1555.

19. WOOLF, C.J. (2011). Central sensitization: Implications for the diagnosis and treatment of pain. **Pain**, 152, S2–S15.

20. WILLIAMS, D.A., CLAUW, D.J. (2009). Understanding Fibromyalgia: Lessons from the Broader Pain Research Community. **J. Pain**, 10, 777–791.

21. KHOJA, O., SILVA-PASSADOURO, B., CRISTESCU, E., MCEWAN, K., DOHERTY, D., O'CONNELL, F., PONCHEL, F., MULVEY, M., ASTILL, S., TAN, A.L., ET AL. (2024). Clinical Characterization of New-Onset Chronic Musculoskeletal Pain in Long COVID: A Cross-Sectional Study. **J. Pain Res.**, 17, 2531–2550.
22. FIALHO, M.F.P., BRUM, E.S., OLIVEIRA, S.M. (2023). Could the Fibromyalgia Syndrome Be Triggered or Enhanced by COVID-19? **Inflammopharmacology**, 31, 633–651.
23. HAIDER, S., JANOWSKI, A.J., LESNAK, J.B., HAYASHI, K., DAILEY, D.L., CHIMENTI, R., FREY-LAW, L.A., SLUKA, K.A., BERARDI, G. (2023). A Comparison of Pain, Fatigue, and Function between Post-COVID-19 Condition, Fibromyalgia, and Chronic Fatigue Syndrome: A Survey Study. **Pain**, 164, 385–401.
24. URSINI, F., CIAFFI, J., MANCARELLA, L., LISI, L., BRUSI, V., CAVALLARI, C., D'ONGHIA, M., MARI, A., BORLANDELLI, E., CORDELLA, J.F., ET AL. (2021). Fibromyalgia: A new facet of the post-

COVID-19 syndrome spectrum? Results from a web-based survey. **RMD Open**, 7, e001735.

25. SILVA-PASSADOURO, B., TAMASAUSKAS, A., KHOJA, O., CASSON, A.J., DELIS, I., BROWN, C., SIVAN, M. (2024). A Systematic Review of Quantitative EEG Findings in Fibromyalgia, Chronic Fatigue Syndrome and Long COVID. **Clin. Neurophysiol.**, 163, 209–222.

26. KHOJA, O., MULVEY, M., ASTILL, S., TAN, A.L., SIVAN, M. (2024). New-Onset Chronic Musculoskeletal Pain Following COVID 19 Infection Fulfills the Fibromyalgia Clinical Syndrome Criteria: A Preliminary Study. **Biomedicines**, 12(9), 1940.

27. AIMBIRE, F., ET AL. (2006). Low-Level Laser Therapy Induces Dose-Dependent Reduction of TNF Levels in Acute Inflammation. **Photomed Laser Surg.**, 24, 33–37.

28. SAKIHAMA, H. (1995). Effect of a helium-neon laser on cutaneous inflammation. **Kurume Med J.**, 42, 299–305.

29. MIZUTANI, K., ET AL. (2004). A Clinical Study on Serum Prostaglandin E2 with Low-Level Laser Therapy. **Photomed Laser Surg.**, 22, 537–539.
30. VIEGAS, V.N., ET AL. (2007). Effect of Low-Level Laser Therapy on Inflammatory Reactions during Wound Healing: Comparison with Meloxicam. **Photomed Laser Surg.**, 25, 467–473.
31. GAVISH, L., ET AL. (2008). Irradiation with 780 nm Diode Laser Attenuates Inflammatory Cytokines but Upregulates Nitric Oxide in Lipopolysaccharide-Stimulated Macrophages: Implications for the Prevention of Aneurysm Progression. **Lasers Surg Med.**, 40, 371–378.
32. SHI, Y., WU, W. (2023). Multimodal non-invasive non-pharmacological therapies for chronic pain: mechanisms and progress. **BMC Med.**, 21, 372.
33. ÇITAK-KARAKAYA, I., AKBAYRAK, T., DEMİRTÜRK, F., EKICI, G., BAKAR, Y. (2006). Short and Long-Term results of

Connective Tissue Manipulation and Combined Ultrasound Therapy in Patients with Fibromyalgia. **J Manipulative Physiol Ther**, 29, 524–528.

34. FRANCO, D.M., AMARAL BRUNO, J.S., ZANCHIN, A.L., CIOL, H., BAGNATO, V.S., ET AL. (2018). Therapeutic Ultrasound and Photobiomodulation Applied on the Palm of Hands: A New Treatment for Fibromyalgia – A Man Case Study. **J Nov Physiother**, 8.

35. DE AQUINO JUNIOR, A.E., CARBINATTO, F.M., FRANCO, D.M., AMARAL BRUNO, J.S., SOUZA SIMÃO, M.L., ET AL. (2021). The Laser and Ultrasound: The Ultra Laser like Efficient Treatment to Fibromyalgia by Palms of Hands - Comparative Study. **J Nov Physiother**, 11(1), 1–12.

36. DE AQUINO JUNIOR, A.E., CARBINATTO, F.M., FERNANDES, A.C., FRANCO, D.M., LARA, A.A., ET AL. (2021). The Combined Photobiomodulation and Therapeutic Ultrasound: How does the Efficient Treatment of Fibromyalgia by the Palms Promote a Prolonged Effect? **J Nov Physiother**, 11(1), 1–5.

37. DE AQUINO JUNIOR, A.E., CARBINATTO, F.M., ROCHA TOMAZ, C.S., BAGNATO, V.S. (2022). Photosonic Treatment and Fibromyalgia: The Effect on Brain Compliance - Case Report. **J Nov Physiother**, 12, 1–6.
38. DE AQUINO JUNIOR, A.E., RODRIGUES, T.Z., GARCIA, V., SIMÃO, G., CARBINATTO, F.M., ET AL. (2022). Conjugated and Synergistic Therapies in the Treatment of Covid-19 Dysfunction - Pain, Weakness, Paresthesia, Respiratory Condition, Memory, Olfactory and Taste: Case Series. **J Nov Physiother**, 12, 545.
39. LIN, G., REED-MALDONADO, A.B., LIN, M., XIN, Z., LUE, T.F. (2016). Effects and Mechanisms of Low-Intensity Pulsed Ultrasound for Chronic Prostatitis and Chronic Pelvic Pain Syndrome. **Int J Mol Sci**, 17, 1057.
40. ALBRECHT, P.J., HOU, Q., ARGO, C.E., STOREY, J.R., WYMER, J.P., ET AL. (2013). Excessive peptidergic sensory innervation of cutaneous arteriole-venule shunts (AVS) in the palmar glabrous skin of

fibromyalgia patients: Implications for widespread deep tissue pain and fatigue. **Pain Med.**, 4, 895–915.

41. MACFARLANE, G.J., KRONISCH, C., DEAN, L.E., ATZENI, F., HÄUSER, W., ET AL. (2017). EULAR revised recommendations for the management of fibromyalgia. **Ann Rheum Dis**, 76, 318–328.

42. VANDERLEI, L.C.M., SILVA, R.A., PASTRE, C.M., AZEVEDO, F.M., GODOY, M.F. (2008). Comparison of the Polar S810i monitor and the ECG for the analysis of heart rate variability in the time and frequency domains. **Braz J Med Biol Res**, 41, 854–859.

43. PORGES, S.W. (2009). The polyvagal theory: new insights into adaptive reactions of the autonomic nervous system. **Cleve Clin J Med**, 76 Suppl 2, S86–S90.

44. KIM, H., JUNG, H.R., KIM, J.B., KIM, D.J. (2022). Autonomic Dysfunction in Sleep Disorders: From Neurobiological Basis to Potential Therapeutic Approaches. **J Clin Neurol**, 18, 140–151.

5. Laserpuntura: Fundamentos e Aplicações Terapêuticas

Thânia Orlando Garbelotti¹, Gabriel da Silva Santos², Dauro Schimidt Duarte Júnior², Luciano Rezende Vilela², Antonio Eduardo de Aquino Junior^{1,3}, Ana Carolina Negraes Canelada^{1,3,4}, Vanderlei Salvador Bagnato^{3,4,5}

¹Pós-Graduação em Laser em Saúde, Instituto de Ensino e Pesquisa, Irmandade da Santa Casa de Misericórdia de São Carlos, São Carlos, São Paulo, Brasil.

²Curso de Graduação em Fisioterapia, Faculdade de Sete Lagoas, Facsete, Sete Lagoas, Minas Gerais, Brasil.

³Instituto de Física de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, São Paulo, Brasil.

⁴Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, São Paulo, Brasil.

⁵Department of Biomedical Engineering, Texas A&M University, Texas, Estados Unidos da América.

Autor Correspondente: antonioaquino@ifsc.usp.br;

LASERTERAPIA

A luz de baixa intensidade começou a ser utilizada com fins terapêuticos em 1967, através do *Dr. Endre Mester* na *Universidade Médica de Semmelweis*, na Hungria. Seu trabalho pioneiro deu origem à *Low-Level Laser Therapy (LLLT)*, baseando-se em observações clínicas de efeitos biológicos não térmicos. A palavra "laser" deriva do inglês *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*, que significa amplificação da luz por emissão estimulada de radiação. Desde então, o laser é utilizado na prática clínica, especialmente na laserpuntura, utilizando uma luz especial que se diferencia por sua alta coerência, monocromaticidade, e direcionalidade. Diferentemente da luz comum, o feixe de laser é formado por fótons que se propagam em perfeita sincronia, o que garante que a energia seja transmitida de forma precisa e com alta penetração nos tecidos. Essa tecnologia, inicialmente desenvolvida para aplicações industriais e científicas, passou a ser estudada no campo da saúde a partir das décadas de 1960 e 1970, quando pesquisadores observaram seus efeitos biológicos positivos, mesmo em baixas

intensidades. Na área da saúde, utiliza-se o chamado LLLT, também conhecido como laser de baixa potência ou laser de baixa energia. Ele é aplicado com o intuito de estimular respostas biológicas nos tecidos, sem provocar aquecimento significativo ou destruição celular. Essa base científica é essencial para justificar o uso da laserpuntura, potencializando os efeitos clínicos sem procedimentos invasivos. Os efeitos clínicos do laser dependem de parâmetros físicos como comprimento de onda (nm), potência (mW), energia (J), densidade de energia (J/cm^2) e tempo de aplicação (s), que determinam a profundidade de penetração e a dose efetiva entregue ao tecido. Esses aspectos serão detalhados posteriormente na seção sobre fundamentos da ação terapêutica.

ACUPUNTURA

A acupuntura teve início quando os povos primitivos chineses perceberam, por acaso, que a dor em determinada parte do corpo era aliviada quando outra parte era picada, a partir daí foram criados mapas seccionados do corpo humano e interpretados de acordo com as leis naturais de percepção do mundo, “*yin yang*”. Essa técnica tornou-se uma

das principais intervenções terapêuticas da Medicina Tradicional Chinesa (MTC) com auge em 1368-1644 d.C, sendo referência na forma de tratar doenças. A teoria dos meridianos e seus colaterais são pilares da MTC e se refere a um sistema de canais invisíveis por onde circulam a energia vital, conhecida como Qi, e o sangue, e percorrem pelo corpo inteiro em ramificações se conectando internamente com os órgãos (coração, pulmão, intestino, fígado, rins, etc.). Já os colaterais são redes menores desses meridianos, porém são mais periféricas e entrelaçam todo o organismo formando uma comunicação energética e funcional. A seguir é apresentado uma representação esquemática do meridiano do estômago (Figura 1).



Figura 1. Representação esquemática do *Zu-Ying-Ming-Wei-Jing* (Meridiano do Estômago), conforme a Nomenclatura Internacional Padrão de Acupuntura da Organização Mundial da Saúde (1990), baseada na teoria da Medicina Tradicional Chinesa. A imagem está em domínio público no país de origem e em demais localidades onde o prazo legal de proteção autoral é de até 100 anos após a morte do autor. Fonte: Wikimedia Commons. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=514662>. Acesso em: 16 de jul. 2025

Essa forma de conexão é responsável por manter o equilíbrio entre os órgãos internos e externos, regular as funções fisiológicas e refletir sinais de desarmonias ou de patologias. Sendo assim, bloqueios nessa rede de transmissão são interpretados como sintomas ou doenças nos órgãos a ele ligados.

LASERPUNTURA

A laserpuntura é uma abordagem terapêutica que une os princípios da acupuntura tradicional chinesa com a tecnologia moderna da fotobiomodulação. Em vez de utilizar agulhas para a estimulação dos acupontos, são aplicados feixes de luz de baixa intensidade, promovendo efeitos fisiológicos e bioquímicos sem perfurar a pele, sendo uma alternativa menos invasiva e mais bem tolerada por pacientes sensíveis ou com medo de agulhas, como crianças e idosos por exemplo. A precisão na localização dos pontos de acupuntura e a forma como o laser é posicionado são fundamentais para obter os resultados terapêuticos desejados.

O início do uso da laserpuntura aconteceu paralelamente ao avanço das pesquisas sobre terapia LLLT, que teve sua origem no trabalho de Mester e colaboradores, na Hungria. Inicialmente, o foco era estimular a cicatrização de feridas, mas logo passou a ser empregado também no alívio da dor. A relação entre essa terapia e a laserpuntura se deve, em parte, à existência dos chamados pontos de acupuntura *ahshi* (ou "pontos de dor"), que podem surgir em qualquer parte do corpo devido a lesões ou doenças. Embora não possuam uma localização fixa, esses pontos oferecem áreas potenciais para o tratamento por meio da acupuntura. Desde então passou a ser investigada também, por suas propriedades analgésicas, anti-inflamatórias e regenerativas, tornando-se parte das chamadas terapias integrativas reconhecidas por órgãos como a Organização Mundial da Saúde (OMS) e incluída nas práticas do Sistema Único de Saúde (SUS) no Brasil.

A principal finalidade da laserpuntura é estimular os pontos de acupuntura, promovendo o fluxo de energia vital (Qi) e, consequentemente, o bem-estar geral. Embora o Qi não seja uma unidade

mensurável pela ciência ocidental, ela é traduzida como uma unidade que rege defesa, crescimento, transformação e regulação de sistemas corporais, logo, sua plenitude, bloqueio ou deficiência é transmitida como sendo algo patológico. Autores contemporâneos, como Mei Feng (2021), destacam essa energia tanto como uma substância quanto como um movimento – uma matéria “sutil” que flui e dá forma ao funcionamento orgânico. Outros conciliam o Qi com conceitos energéticos ocidentais, como metabolismo energético. São várias as limitações para chegar num consenso universal para definir fisicamente essa energia, porém estudos de bioeletricidade e tecnologia de imagens, além do reconhecimento da eficácia clínica da acupuntura, indicam que, mesmo sem medir Qi diretamente, podemos observar efeitos biológicos reais (aumento da circulação sanguínea, liberação de endorfinas e estimulação de respostas neurológicas e imunológicas). Esse fornecimento de energia celular pode promover de forma concreta aquilo que a MTC descreve como “desbloquear o Qi” e restaurar seu fluxo.

Assim, ainda que o Ocidente não reconheça Qi como um tipo de energia física, a prática de laserpuntura reflete uma integração prática e funcional entre as duas visões. Ela oferece evidências físicas e bioquímicas para os efeitos que a MTC sempre atribuiu ao Qi, funcionando como uma ponte terapêutica entre tradição e ciência moderna, promovendo o que chamamos de homeostase.

FUNDAMENTOS DA AÇÃO TERAPÊUTICA

A fotobiomodulação é a interação entre a luz laser e os tecidos vivos, caracterizada pela aplicação de radiação não ionizante para induzir efeitos biológicos benéficos. Essa terapia surgiu da observação de que o LLLT promoviam aceleração na cicatrização e alívio de dor, antes mesmo de sua popularização clínica.

O mecanismo central dessa interação ocorre a nível celular, com destaque para a absorção de fótons pelo citocromo c oxidase, cromóforo localizado no complexo IV da cadeia respiratória mitocondrial. Esse complexo absorve luz na faixa do vermelho ao infravermelho próximo

(600–900 nm), desencadeando processos fotobiológicos relevantes. Quando a luz incide sobre as mitocôndrias, ocorre a dissociação de moléculas de óxido nítrico (NO) que inibem a respiração celular. A remoção dessa inibição restaura e intensifica o transporte eletrônico, aumentando o potencial de membrana mitocondrial e a síntese de trifosfato de adenosina (ATP).

Além disso, há modulação controlada de espécies reativas de oxigênio (ROS), que, em níveis fisiológicos, atuam como sinalizadores para a expressão de genes relacionados à proliferação celular, reparo tecidual e efeitos anti-inflamatórios. Canais iônicos sensíveis à luz também são ativados, permitindo o influxo de cálcio e desencadeando cascatas de sinalização intracelular. Como consequência, observa-se aumento da produção de ATP e da oxigenação celular, vasodilatação mediada por NO, redução de citocinas pró-inflamatórias (como TNF- α e IL-6) e estímulo à síntese de colágeno, crescimento de fibroblastos e angiogênese.

Estudos demonstram que a fotobiomodulação acelera a cicatrização, alivia a dor e reduz edemas, resultados corroborados por meta-análises recentes. Os efeitos são dependentes dos parâmetros físicos, como comprimento de onda (600–1200 nm), potência (10–500 mW), densidade de energia (1–10 J/cm²) e modo de emissão (contínuo ou pulsado). No contexto da laserpuntura, esses mecanismos também se aplicam. Esse aumento energético em áreas lesionadas ou hipoperfundidas contribui para a reativação celular e a restauração do equilíbrio funcional do organismo, resultando em respostas terapêuticas significativas.

O laser vermelho possui comprimento de onda entre 630 nm e 690 nm, com penetração superficial de aproximadamente 0,2 a 0,5 cm. Essa característica o torna indicado para estruturas externas, como pele, mucosas e tecidos cicatriciais, sendo amplamente utilizado para cicatrização, tratamento de feridas, acne e lesões superficiais.

Por outro lado, o laser infravermelho apresenta comprimento de onda entre 780 e 1064 nm, alcançando profundidades de até 5 cm, ideal para músculos, tendões e articulações. É indicado para processos

inflamatórios como lombalgias, tendinites e bursites, além de auxiliar no reparo tecidual e analgesia.

Ambos atuam por fotobiomodulação, mas a escolha depende da profundidade e da natureza da lesão, garantindo maior eficácia clínica (Figura 2). Além do comprimento de onda e da profundidade de penetração, outros parâmetros (Tabela 1) influenciam a eficácia da fotobiomodulação, como potência, densidade de energia e modo de emissão, os quais devem ser ajustados conforme a condição clínica e o tipo de tecido-alvo.

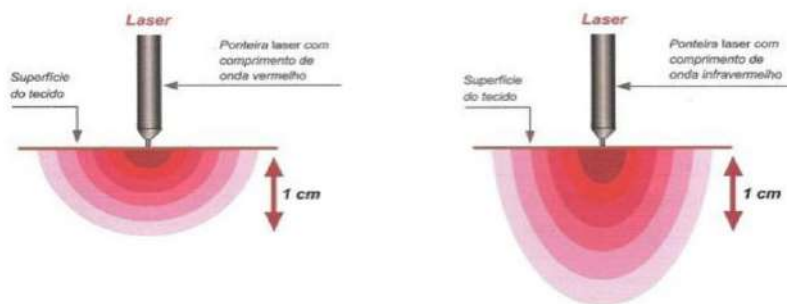


Figura 2 – Penetração da luz no tecido dependendo do comprimento de onda. Fonte: GARCEZ et al., 2012.

Estudos demonstram que lasers na faixa de 630 a 904 nm são eficazes na indução de respostas terapêuticas relevantes, como:

- Aumento da produção de ATP. Estímulo à síntese de colágeno;
- Liberação de óxido nítrico (vasodilatação e modulação inflamatória);
- Redução da dor pela liberação de endorfinas;
- Estímulo à regeneração tecidual e proliferação celular.
- Essas propriedades tornam a laserpuntura eficaz no manejo de diversas condições, especialmente dores crônicas, distúrbios músculo-esqueléticos, problemas emocionais, disfunções metabólicas e até como prevenção da morte do tecido para evitar degeneração neurológica.

APLICAÇÕES CLÍNICAS DE LASERTERAPIA

Tabela 1 – Comparação entre laser vermelho e infravermelho quanto a parâmetros e indicações terapêuticas.

Parâmetros	Laser Vermelho	Laser Infravermelho
Comprimento de onda	630 – 690 nm	780 – 1064 nm
Penetração tecidual	Superficial ($\approx 0,2 - 0,5$ cm)	Profunda ($\approx 2 - 5$ cm)
Potência usual	10 – 100 mW	50 – 500 mW
Densidade de energia (Fluência)	1 – 4 J/cm ²	4 – 10 J/cm ²
Modo de emissão	Contínuo ou pulsado	Contínuo ou pulsado
Efeitos fisiológicos predominantes	Estímulo da reparação superficial, ativação celular e modulação inflamatória	Estímulo profundo, analgesia, reparo muscular e tecidual
Indicação preferencial	Pele, estética, cicatrizes, feridas	Músculos, tendões, articulações

TIPOS DE LASER UTILIZADOS NA LASERPUNTURA E JUSTIFICATIVA DE ABORDAGEM TÉCNICA

Atualmente, diversos tipos de equipamentos a laser são empregados na prática clínica, e cada um apresenta especificidades técnicas que influenciam diretamente na profundidade de penetração, no tipo de tecido atingido e, conseqüentemente, nos resultados terapêuticos. Entre os lasers mais comumente utilizados na laserpuntura estão os He-Ne (632,8 nm), GaAs (904 nm), GaAlAs (780–850 nm), InGaAlP (630–685 nm) e diodo laser (650 a 1064 nm), e são separados em dois grupos: laser vermelho visível (entre 630 e 690 nm) e os que emitem luz na faixa do infravermelho próximo (entre 780 e 1064 nm).

Além da variação no comprimento de onda, os aparelhos disponíveis no mercado podem apresentar diferenças significativas quanto à potência, ao modo de emissão (contínuo ou pulsado), ao tipo de ponteira (convencional, acupuntura ou fibra óptica), à área do feixe (spot size) e à densidade de energia (J/cm^2). Esses fatores tornam o universo da laserpuntura tecnicamente diversificado, exigindo que o profissional

conheça bem os parâmetros de seu equipamento para garantir segurança, efetividade e reprodutibilidade dos tratamentos.

Embora o panorama técnico envolva múltiplos tipos de laser, este capítulo opta por apresentar e aprofundar os fundamentos, parâmetros e aplicações clínicas da laserpuntura com base em equipamentos que conjugam laser vermelho e infravermelho, por se tratar de um aparelho mais recente na modalidade combinada. O dispositivo possui duas fontes emissores de luz: uma no comprimento de onda vermelho e outra no infravermelho, possibilitando ao profissional escolher entre abordagens mais superficiais ou profundas, conforme a necessidade clínica.

LASERPUNTURA E MEDICINA TRADICIONAL CHINESA (MTC)

Na perspectiva da MTC, a laserpuntura visa estimular os acupontos para restabelecer o equilíbrio entre o Yin e Yang e favorecer o livre fluxo do Qi (energia vital) e do sangue pelos meridianos, que são organizados em um circuito onde fluem em proporções variadas. Embora o estímulo seja feito por luz, o efeito pode ser equivalente ao das agulhas

quando aplicado com os parâmetros corretos. Alguns estudos apontam que intensidades próximas de 1 J/cm^2 ou superiores já são capazes de provocar sensação semelhante ao DeQi, termo utilizado para descrever a resposta terapêutica sentida durante a acupuntura convencional.

Além disso, a laserpuntura tem sido objeto de crescente interesse científico por permitir uma aplicação não invasiva e indolor, o que favorece sua aceitação por parte de pacientes que têm receio de agulhas ou possuem contraindicações à acupuntura tradicional. A literatura contemporânea mostra que a estimulação dos acupontos com LLLT promove efeitos bioquímicos e neurofisiológicos mensuráveis, como a modulação da atividade do sistema nervoso autônomo, o aumento da liberação de endorfinas e a melhora da microcirculação. Esses efeitos, embora mediados por mecanismos distintos dos obtidos com agulhas, corroboram a lógica da MTC ao restabelecer a harmonia energética do organismo. Assim, a laserpuntura mantém os princípios fundamentais da MTC ao mesmo tempo em que expande suas possibilidades terapêuticas com respaldo científico.

EFEITOS FISIOLÓGICOS E INDICAÇÕES CLÍNICAS

A laserpuntura produz efeitos locais e sistêmicos de bioestimulação tecidual através de reações fotoelétricas, fotoenergéticas e fotoquímicas, dependendo do local e da dosagem da aplicação. Entre os efeitos mais comuns estão:

- Analgésico: Inibição da condução nociceptiva e liberação de endorfinas;
- Anti-inflamatório: Redução de citocinas inflamatórias e estímulo de macrófagos anti-inflamatórios;
- Antiedematoso: Estímulo à drenagem linfática e vasodilatação;
- Cicatrizante: Ativação de fibroblastos, aumento da síntese de colágeno e angiogênese;
- Neuroprotetor: Aumento da atividade mitocondrial em neurônios e estímulo à neurogênese;
- Esses efeitos tornam o uso da laserpuntura indicado para:

- Lombalgia, cervicalgia, tendinites;
- Enxaqueca, artrose, fibromialgia;
- Ansiedade, insônia e depressão leve;
- Processos inflamatórios crônicos;
- Estética (rejuvenescimento, cicatrizes, celulite);
- Feridas e úlceras crônicas.

CUIDADOS E PREPARAÇÃO PARA A APLICAÇÃO DA LASERPUNTURA

Antes da aplicação da laserterapia, é fundamental realizar a preparação adequada do ambiente, do terapeuta e do paciente, garantindo segurança e eficácia do procedimento. O espaço destinado à aplicação deve ser organizado, bem iluminado e sinalizado com aviso de “Uso de Laser”, evitando a entrada de pessoas não autorizadas durante a sessão. Também é importante manter as superfícies limpas, higienizar os equipamentos e evitar objetos reflexivos no local para minimizar riscos de

dispersão do feixe. O terapeuta deve utilizar óculos de proteção específicos para o comprimento de onda do laser empregado, conforme norma de segurança, e higienizar as mãos antes do início do atendimento. Após selecionar corretamente os parâmetros no equipamento — como comprimento de onda, potência, tempo de exposição e modo de emissão — é necessário garantir que a ponteira esteja limpa e bem acoplada, evitando disparos acidentais. Da mesma forma, o paciente deve receber óculos de proteção compatíveis com o comprimento de onda do laser e ser posicionado confortavelmente, a fim de permanecer imóvel durante a aplicação.

A área de tratamento deve ser higienizada previamente, removendo resíduos, cremes ou maquiagem, e acessórios metálicos próximos devem ser retirados. Antes do procedimento, é recomendável explicar ao paciente a finalidade da técnica, as sensações esperadas (sensação leve de formigamento, calor suave ou sensação de pulsação) e a comunicação de qualquer desconforto ou sensação anormal durante o tratamento. Durante a aplicação, deve-se posicionar a ponteira mantendo

o foco do laser sobre o ponto de acupuntura com uma leve pressão na pele, direcionando-o 90 graus em relação à pele, nunca se deve direcionar o feixe para os olhos, mesmo com óculos de proteção. Como mostra na figura abaixo (Figura 3):

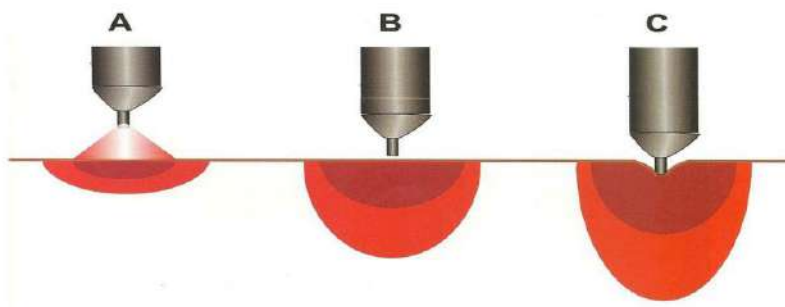


Figura 3. Aplicação do laser. A: Laser aplicado com certo afastamento do tecido. B: Representa aplicação do laser com contato superficial no tecido. C: Representa a aplicação do laser com compressão suave no tecido. (GARCEZ et al., 2012)

Por fim, pode-se dar o comando de início no aparelho e aguardar, mantendo-o na mesma posição até o final da aplicação. O tempo de duração irá variar de acordo com a energia (Joules) escolhida, porém, é recomendado que cada ponto seja estimulado por um mínimo de 20

segundos. Esses cuidados seguem normas internacionais, como a ANSI Z136.3 e as recomendações da World Association for Laser Therapy (WALT), garantindo que a laserterapia seja realizada com segurança, eficácia e padronização.

CONTRAINDICAÇÕES

O uso do laser na acupuntura, assim como em outras aplicações terapêuticas, é considerado seguro e geralmente não provoca dor ou reações adversas. No entanto, como qualquer recurso clínico, existem algumas contraindicações e precauções que devem ser observadas em sua utilização. A seguir, apresenta-se a Tabela 2, que especifica as categorias de contraindicações absolutas e relativas, destacando cada condição e as respectivas observações.

APLICAÇÕES CLÍNICAS DE LASERTERAPIA

Tabela 2 - Contraindicações absolutas e precauções no uso da laserpuntura

Categoria	Condição	Descrição / Observações
Absoluta	Exposição direta aos olhos	Risco de lesão ocular. Sempre utilize óculos de proteção específicos para laser.
	Câncer ativo (não paliativo)	Evitar aplicação direta sobre tumores malignos (proliferação de células tumorais).
	Gravidez	Não há evidências suficientes de segurança fetal.
Relativa/ Precaução	Sobre glândulas endócrinas	Evitar aplicação direta; pode interferir na função tireoidiana e/ou suprarrenais.
	Epilepsia fotossensível	Evitar frequências pulsadas <30 Hz; usar modo contínuo.
	Usuários de	Evitar aplicação direta na área do

APLICAÇÕES CLÍNICAS DE LASERTERAPIA

	marcapasso ou implantes eletrônicos	dispositivo.
Relativa/ Precaução	Sobre tatuagens muito pigmentadas	Maior absorção de energia pode causar calor excessivo.
	Locais com injeção recente de corticosteroides	Aguardar pelo menos 7 dias para evitar reações inflamatórias.
	Feridas abertas com infecção ou sangramento ativo	Risco de agravamento do quadro; preferir após estabilização.
	Doenças sistêmicas graves (hepáticas, renais, hematológicas)	Aplicar com cautela, conforme avaliação médica.
	Pacientes em uso de fármacos fotossensibilizantes	Maior risco de reações cutâneas adversas.

Alguns pontos de acupuntura utilizados para o tratamento de distúrbios oculares, cefaleias ou condições relacionadas à estagnação do Yang localizam-se muito próximos ao globo ocular, aumentando o risco de lesões quando estimulados com o laser. Por isso, a aplicação nessa região deve ser feita com extrema cautela, utilizando equipamentos de baixa potência e sempre com proteção ocular adequada para o paciente e o terapeuta.

Os principais pontos que apresentam risco por proximidade ao globo ocular incluem:

- Tongziliao (VB1): Lateral da órbita ocular, na depressão anterior à junção dos ossos frontal e temporal.
- Jingming (B1): Canto interno do olho, próximo ao canto lacrimal.
- Yuyao (ponto extra): No meio da sobrancelha, na depressão acima do nariz.

- Taiyang (ponto extra): Na têmpora, na junção das linhas média e superior do cabelo.
- Qiuhou (ponto extra): Próximo à borda lateral da órbita ocular.
- Yintang (ponto extra): No meio das sobrancelhas, sobre a linha do Vaso Governador, um dos pontos mais utilizados na prática clínica.

APLICAÇÃO CLÍNICAS DA LASERPUNTURA: RELATOS DE CASOS

A seguir, são apresentados casos clínicos que ilustram a aplicação prática da laserpuntura em pacientes com distúrbios emocionais e alterações associadas ao sono e dor.

Caso clínico 1

Uso da laserpuntura em paciente com quadro depressivo associado à insônia e ansiedade

Paciente V.A.L.O., mulher, 52 anos, casada, sem histórico de comorbidades médicas ou psiquiátricas relevantes, apresentou queixa principal de depressão com início há aproximadamente 15 anos. Faz uso contínuo de succinato de desvenlafaxina monoidratado. No relato inicial, descreveu dificuldade em relaxar, estresse frequente, apreensão, insônia e baixa capacidade de concentração.

Na avaliação inicial, obteve os seguintes resultados: Escala Hospitalar de Ansiedade e Depressão (HAD) – 14 pontos para ansiedade e 13 pontos para depressão (total: 27 pontos); Índice de Qualidade do Sono de Pittsburgh – valor elevado (indicativo de má qualidade do sono); Escala Visual Analógica (EVA) para dor – 10 (dor máxima).

O tratamento foi realizado com acupuntura sistêmica, utilizando os pontos Yintang, C7, E36, P7, R3 e R6, associados à laserpuntura em pontos específicos para modulação emocional e analgesia.

Após o ciclo terapêutico, a paciente relatou melhora significativa: sono mais tranquilo, maior relaxamento, redução da ansiedade, melhora da disposição e do humor. Relato espontâneo:

“Me senti tão relaxada e menos ansiosa que até fui pescar”.

Na reavaliação, obteve: Escala HAD – 9 pontos para ansiedade e 10 para depressão (total: 19 pontos); EVA – 3 a 4 (dor moderada); melhora do escore no Índice de Pittsburgh, sugerindo qualidade do sono satisfatória.

Caso clínico 2

Laserpuntura no manejo de ansiedade, estresse e insônia.

Paciente J.G.S.T.M., mulher, 33 anos, casada, sem histórico médico ou psiquiátrico relevante, apresentou queixa principal de ansiedade, estresse e insônia, com início em 2018. Faz uso contínuo de venlafaxina. No relato inicial, referiu sensação constante de estresse, apreensão, dificuldade para dormir e episódios frequentes de ansiedade.

Na avaliação inicial, obteve: Escala HAD – 15 pontos para ansiedade e 12 para depressão (total: 27 pontos); Escala Visual Analógica (EVA) para dor – 1 a 2 (dor leve); e índice de qualidade do sono indicativo de insônia.

O tratamento consistiu em sessões de laserpuntura, utilizando os pontos Yintang, C7, E36, P7, R3 e R6, com parâmetros ajustados para estimulação de pontos energéticos relacionados à modulação emocional e relaxamento.

Após o ciclo terapêutico, a paciente relatou melhora significativa nos sintomas: maior disposição, redução da ansiedade, tranquilidade emocional e diminuição da compulsão alimentar. Na reavaliação, apresentou: Escala HAD – 9 pontos para ansiedade e 7 para depressão (total: 16 pontos); EVA – 0 (ausência de dor); e melhora importante nos escores de sono.

Caso clínico 3

Laserpuntura no manejo de ansiedade e depressão em paciente com possível TDAH

Paciente V.O.C., mulher, 24 anos, solteira, sem comorbidades clínicas relevantes, apresentou queixa principal de ansiedade e depressão, com início em 2020. Histórico psiquiátrico indicava possível diagnóstico de TDAH. Faz uso contínuo de cloridrato de atomoxetina e oxalato de escitalopram.

No relato inicial, a paciente referiu estresse, preocupação constante, indisposição e ansiedade acentuada. Na avaliação clínica, obteve os seguintes escores: Escala HAD – 12 pontos para ansiedade e 14 para depressão (total: 26 pontos); EVA – 5 a 6 (dor moderada); índice de qualidade do sono com alteração significativa.

O tratamento consistiu em laserpuntura associada à acupuntura sistêmica, com estímulo nos pontos Yintang, C7, E36, P7, R3 e R6, em protocolos voltados para equilíbrio emocional, regulação do sono e analgesia. Foram realizadas 8 sessões, 2 vezes por semana, durante 30 dias.

Ao final do tratamento, a paciente relatou melhora global: sensação de relaxamento, ausência de crises de ansiedade, melhora do sono, redução do estresse, menor compulsão alimentar, aumento da disposição e menor sonolência diurna. Os escores finais foram: Escala HAD – 6 pontos para ansiedade e 10 para depressão (total: 16 pontos); EVA – 1 a 2 (dor leve); índice de sono com evolução significativa para melhor qualidade.

Pontos utilizados e seus efeitos segundo a Medicina Tradicional Chinesa (MTC):

- ExHN3 – Yintang: Localizado na linha mediana anterior, entre os supercílios. Efeito calmante: tranquiliza o Shen, indicado para distúrbios psíquicos, insônia e estresse.
- C7 – Shenmen: No punho, radialmente ao tendão do flexor ulnar do carpo. Função: regula o coração e tranquiliza o Shen, útil em palpitações, distúrbios emocionais e insônia.
- E36 – Zusanli: A 3 cun abaixo do E-35, lateral à margem da tíbia. Tonifica Qi e Yang, estimula imunidade, regula Shen, indicado em fraqueza, ansiedade e estados maníacos.
- P7 – Lieque: Lado radial do antebraço, sobre o processo estiloide do rádio. Abre canais externos, benefícios para cabeça e pescoço; acalma o Shen.

- R3 – Taixi: No sulco entre o maléolo medial e o tendão do calcâneo. Nutre Yin dos rins, regula Qi, acalma Shen, indicado para insônia e ansiedade crônica.
- R6 – Zhaohai: Distal ao maléolo medial, articulação tálus-calcâneo. Nutre Yin, harmoniza energia, melhora o sono, reduz preocupação e agitação.

Tabela 3 - Comparação dos resultados clínicos antes e após o tratamento

Paciente	Escala HAD Pré	Escala HAD Pós	EVA Pré	EVA Pós	Qualidade do sono
Caso 1	27	19	10	3	Melhorou
Caso 2	27	16	10	0	Melhorou
Caso 3	26	16	5	1	Melhorou
<p>Escala HAD = Avaliação do Nível de Ansiedade e Depressão.</p> <p>EVA = Escala Visual Analógica.</p>					

CONCLUSÃO

A laserpuntura representa a convergência entre o saber ancestral da Medicina Tradicional Chinesa e os avanços científicos da fotobiomodulação moderna. Seu potencial terapêutico está cada vez mais consolidado na literatura, e sua aplicabilidade clínica cresce à medida que se aprimoram os parâmetros técnicos e se ampliam as evidências. Embora ainda haja desafios, como a padronização de protocolos e a mensuração objetiva do Qi, os resultados clínicos obtidos apontam para uma prática promissora e integrativa, com impacto positivo em múltiplas áreas da saúde. Tunér e Hode, renomados pesquisadores do laser e suas aplicações declararam:

“Qualquer pessoa que estude a literatura cuidadosamente pode ficar confusa. Alguns comprimentos de onda alcançam os melhores efeitos sobre isso e aquilo, enquanto outros têm efeitos mais fracos ou nenhum. Algumas doses levam a efeitos benéficos, mas quando a dose é aumentada, os efeitos desaparecem. Se tratarmos uma condição, alguns dos parâmetros que queremos influenciar podem ser afetados, mas talvez

não todos. Se administrarmos o tratamento à distância, não obteremos os mesmos efeitos que se tratássemos em contato ou com pressão. Algumas frequências produzem efeitos na dor, outras no edema. Em que devemos acreditar? E o que fazemos para encontrar a melhor dose, comprimento de onda e assim por diante?”.

Portanto, é inegável os benefícios de seu uso, já evidenciados em diversos trabalhos; no entanto, a dosimetria ainda apresenta variabilidade significativa, dependendo tanto da conduta do profissional, quanto das características individuais do paciente, o que reforça a necessidade de mais estudos clínicos que estabeleçam protocolos padronizados e baseados em evidências.

REFERÊNCIAS

- 1 ADLY, A.S., ADLY, M.S. (2022). Effects of laser acupuncture teletherapy for rheumatoid arthritis elderly patients. **Lasers in Medical Science**, 37(1), 499–504. <https://doi.org/10.1007/s10103-021-03287-0>.
- 2 BAXTER, G.D., BLEAKLEY, C., MCDONOUGH, S. (2008). Clinical effectiveness of laser acupuncture: a systematic review. **Journal of Acupuncture and Meridian Studies**, 1(2), 65–82. [https://doi.org/10.1016/S2005-2901\(09\)60026-1](https://doi.org/10.1016/S2005-2901(09)60026-1).
- 3 CHOI, E.J., LEE, P.B., KIM, Y.C., ET AL. (2021). The effectiveness of laser acupuncture for treatment of musculoskeletal pain: A meta-analysis of randomized controlled trials. **Pain Physician**, 24(4), 315–330. PMID: 34163229.
- 4 DE ALMEIDA, P., LOPES MARTINS, R.Á., TOMAZONI, S.S., ET AL. (2018). Effect of low-level laser therapy on pain in patients with fibromyalgia: A systematic review and meta-analysis. **Lasers in Medical Science**, 33(2), 343–351.

5 FU, T., CHEN, M., XIE, Y., ET AL. (2024). The effectiveness of laser acupuncture for chronic nonspecific low back pain: A systematic review and meta-analysis. **European Journal of Pain**, 28(2), 255–266. PMID: 38821755.

6 HAMBLIN, M.R. (2017). Mechanisms and applications of the anti-inflammatory effects of photobiomodulation. **AIMS Biophysics**, 4(3), 337–361.

7 HUANG, Z., MA, J., CHEN, J., ET AL. (2023). The effectiveness of laser therapy for knee osteoarthritis: A systematic review and meta-analysis. **Photomedicine and Laser Surgery**, 41(5), 302–312. PMID: 39845448.

8 HUNG, Y.C., LIN, P.Y., CHIU, H.E., HUANG, P.Y., HU, W.L. (2021). The Effectiveness of Laser Acupuncture for Treatment of Musculoskeletal Pain: A Meta-Analysis of Randomized Controlled Studies. **Journal of Pain Research**, 14, 1707–1719. <https://doi.org/10.2147/JPR.S308876>.

9 KARU, T.I. (2010). Mitochondrial mechanisms of photobiomodulation in context of new data about multiple roles of ATP. **Photomedicine and Laser Surgery**, 28(2), 159–160.

- 10 LITSCHER, G. (2019). Brain Photobiomodulation—Preliminary Results from Regional Cerebral Oximetry and Thermal Imaging. **Medicines**, 6(1), 11. <https://doi.org/10.3390/medicines6010011>.
- 11 LITSCHER, G., OPITZ, G. (2012). Technical Parameters for Laser Acupuncture to Elicit Peripheral and Central Effects: State-of-the-Art and Short Guidelines. **Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine**, 2012, Article ID 697096. <https://doi.org/10.1155/2012/697096>.
- 12 MELO-DE-LIMA, L., DUARTE, G.A.V., OLIVEIRA, C., ET AL. (2024). Laser acupuncture for temporomandibular disorders: A systematic review and meta-analysis. **Journal of Oral Rehabilitation**, 51(3), 304–317. PMID: 38374226.
- 13 ROSSO, M.P.O., BUCHAIM, D.V., KAWANO, N., ET AL. (2018). Photobiomodulation Therapy (PBMT) in Peripheral Nerve Regeneration: A Systematic Review. **Bioengineering**, 5(2), 44. <https://doi.org/10.3390/bioengineering5020044>.

- 14 TAVARES, M.C., SÁ, K.N., BAPTISTA, A.F. (2013). Effects of low-level laser therapy on pain in patients with temporomandibular disorders: A double-blind, randomized, controlled trial. **Journal of Oral Rehabilitation**, 40(3), 206–213. PMID: 23380907.
- 15 WORLD ASSOCIATION FOR LASER THERAPY (WALT). (s.d.). *Dosage recommendations for laser therapy*. Disponível em: <https://waltza.co.za/documentation-links/recommendations/>
- 16 WU, D., LAN, X., LITSCHER, G., ET AL. (2024). Laser acupuncture and photobiomodulation therapy in Bell's palsy with a duration of greater than 8 weeks: a randomized controlled trial. **Lasers in Medical Science**, 39(1):29. <https://doi.org/10.1007/s10103-023-03970-4>.
- 17 YANG, J., MALLORY, M.J., WU, Q., ET AL. (2020). A segurança da acupuntura a laser: uma revisão sistemática. **Acupuntura Médica**, 32(4), 205–214. <https://doi.org/10.1089/acu.2020.1419>.
- 18 ZHANG, Y. (2021). Interpretação da localização dos pontos de acupuntura no ensino da medicina tradicional chinesa: implicações para a acupuntura na pesquisa e na prática clínica. **Anatomical Record**, 304, 2372–2380. <https://doi.org/10.1002/ar.24618>

19 ZHAO, J. (2016). Effects of low-level laser therapy on cellular processes. **Lasers in Medical Science**, 31(4), 843–852.

20 PROHASKA J, HOHMAN MH. Laser Complications. [Updated 2023 Aug 28]. In: StatPearls [Internet]. **Treasure Island** (FL): StatPearls Publishing; 2025 Jan-. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK532248/>

21 SKELLY AC, CHOU R, DETTORI JR, TURNER JA, FRIEDLY JL, RUNDELL SD, FU R, BRODT ED, WASSON N, KANTNER S, FERGUSON AJR. Noninvasive Nonpharmacological Treatment for Chronic Pain: A Systematic Review Update [Internet]. Rockville (MD): **Agency for Healthcare Research and Quality** (US); 2020 Apr. Report No.: 20-EHC009. PMID: 32338846.

22 ZHOU Y. C., An advanced clinical trial with laser acupuncture anesthesia for minor operations in the oro-maxillofacial region, **Lasers in Surgery and Medicine**. (1984) 4, no. 3, 297–303, 2-s2.0-0021705502.

6. Efeito da Fotobiomodulação em paciente com Hidrocefalia

Natália Lorenzon Fernandes Marrochel^{1,2,3}, Carolayne Carboni Bernardo^{1,2,3}, Vanessa Garcia^{2,3}, Geovana Carisani Possa^{1,2}, Antonio Eduardo de Aquino Junior^{1,2}, Fernanda Mansano Carbinatto^{1,2,3}, Vanderlei Salvador Bagnato^{2,3,4}

¹Pós-Graduação em Laser em Saúde, Instituto de Ensino e Pesquisa, Irmandade da Santa Casa de Misericórdia de São Carlos, São Carlos, São Paulo, Brasil.

²Instituto de Física de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, São Paulo, Brasil.

³Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, São Paulo, Brasil.

⁴Department of Biomedical Engineering, Texas A&M University, Texas, Estados Unidos da América.

Autor Correspondente: antonioaquino@ifsc.usp.br;

INTRODUÇÃO

Anualmente, em todo o mundo, 2 a 5 em 1.000 bebês, nascem prematuros. Indivíduos nascidos vivos antes de 28 semanas de gestação, são considerados neonatos prematuros extremos e apresentam maior vulnerabilidade às lesões cerebrais e distúrbios de outros sistemas em relação aos de maior idade gestacional. De acordo com um estudo publicado na revista Lancet em 2023, estima-se que 1 em cada 10 nascidos vivos no ano de 2020, foram prematuros e esses números são cada vez mais crescentes. Hemorragia intraventricular, hidrocefalia e paralisia cerebral são as complicações neurológicas mais importantes no período pós-natal dos prematuros, sendo que o prognóstico piora quando o peso e a idade ao nascer forem extremamente baixos. Com o desenvolvimento tecnológico e avanços na assistência neonatal, a taxa de sobrevivência dos prematuros extremos aumentou, entretanto, a maioria dos sobreviventes recebe alta com problemas crônicos de saúde e danos neurológicos graves. Em metanálise de Graciane Radaelli et al, 2023, concluíram que os dados sobre desfechos de recém-nascidos prematuros

em países da América do Sul são escassos e reforçam que funções motoras e cognitivas sofrem maior comprometimento quanto menor idade gestacional.

A hemorragia intraventricular é o sangramento da matriz germinativas subependimária na proximidade do núcleo causado em direção aos ventrículos laterais; Os ramos provenientes das artérias cerebral anterior e média realizam a irrigação da matriz. A imaturidade do recém-nascido extremo, agrava o risco das hemorragias devido a fragilidade vascular. Os vasos sanguíneos imaturos e sem membrana basal, sofrem variações de fluxo sanguíneo cerebral devido vários fatores, podendo ser desde distúrbios de coagulação, infecções, fenômenos hipoxicos-isquemicos, instabilidade hemodinâmica, até fatores externos do ambiente neonatal. Estima-se que 80-90% das Hemorragias Intraventriculares ocorrem nas primeiras 72 horas de vida e praticamente 100% nos primeiros dez dias de vida. A evolução do prognóstico depende do grau da hemorragia, sendo a grau IV, a mais extensa. Nela ocorre a dilatação ventricular e extensão ao parênquima cerebral; Em pouco tempo

podem surgir complicações como epilepsia e hidrocefalia, além de outras lesões cerebrais, como a leucomalácia. As lesões cerebrais predispõe a. Substância branca à isquemia cerebral e interagindo com fatores de infecção e/ou inflamação, ativam a microglia gerando stress oxidativo, citocina pró-inflamatória e toxicidade do glutamato, falha energética e distúrbios da integridade vascular. Todos fatores levam a vulnerabilidade dos pró-oligodendrocitos e afetam a mielinização.

Tendo em vista as condições de saúde e possíveis riscos a longo prazo, há necessidade de promover um tratamento minucioso para cada seguimento acometido, visando garantir melhor qualidade de vida ao indivíduo e família. O tratamento e acompanhamento na alta, deve ser multiprofissional, incluindo diversas especialidades médicas e profissionais de como por exemplo, enfermeiros, nutricionistas, fonoaudiólogos, terapeutas ocupacionais e fisioterapeutas. Furtado MAS, et al., em sua publicação, "Fisioterapia em crianças com paralisia cerebral no Brasil: uma revisão de escopo", relataram que dentro da fisioterapia em crianças com lesões cerebrais, três intervenções são mais frequentes,

seriam estas, Conceito Neuroevolutivo de Bobath, terapia com vestes e estimulação transcraniana por corrente contínua. Entre as dez intervenções mais frequentes, estão a hidroterapia, treino de força, estimulação elétrica e equoterapia. São tradicionalmente realizados em clínicas e centros de reabilitação. A fisioterapia respiratória também é uma técnica utilizada para manutenção de capacidade pulmonar prevenção de internações por complicações, como por exemplo, pneumonias de repetição ou atelectasias. Dentro da fisioterapia, podemos incluir a fotobiomodulação ou laserterapia, já bem aceitas em outras áreas, como por exemplo, ortopedia e estética. O estudo de Furtado, MAS et al., concluiu que pesquisadores brasileiros devem ampliar seu foco terapêutico com uma visão mais abrangente, mais bem planejados e podem facilitar a prática baseada em evidências. A fotobiomodulação (FBM) é também conhecida como terapia com laser de baixa potência ou laserterapia. A FBM é conhecida por acelerar cicatrização, por fornecer analgesia e também regeneração tecidual; A luz é absorvida por cromóforos, fotorreceptores, desencadeia reações fisiológicas segundo genética celular, levando aquela célula à homeostasia. Um dos cromóforos é a Citocromo

C Oxidase, uma enzima localizada nas mitocôndrias, organelas responsáveis pela produção de ATP e que são sinalizadoras da saúde celular .

A fotobiomodulação é muito utilizada para modular inflamações, quando há lesão celular, ocorre aumento de espécies reativas de oxigênio (ROS), de óxido nítrico e eleva-se o stress oxidativo intracelular; O PH sanguíneo se torna ácido durante processo inflamatório, inativando assim, as SODs, enzimas antioxidantes. Quando há uma fonte de luz, a enzima citocromo C oxidase foto desliga o óxido nítrico, então, as SODs podem ser ativadas, evitando assim a formação de peroxinitritos, estes que podem levar a mutações celulares, desencadeando várias doenças. Além da resposta sobre todas as fases do processo inflamatório celular, através de enzimas que atuam na redução de estímulos da cascata ácido araquidônico, menos quimiotaxias e menos efeitos sobre células nervosas, a PBM também atua sobre sistema sanguíneo e imunológico. Ao receber estímulo luminoso, imunomodulam reatividades de neutrófilos, linfócitos, monócitos; Ocorre regulação de IL-10, enzima antiinflamatórias, também

pode ocorrer degranulação local de mastócitos, o que libera histamina e células de defesa. As plaquetas, além de garantir a resistência capilar, também desempenham papel fundamental na imunomodulação. Quando há disfunção das mitocôndrias plaquetária, característica observada em vários processos patológicos, há aumento do risco de trombozes e outras complicações; a PBM modifica a composição da membrana plaquetária, regulando seu efeito sobre o organismo. O uso do laser terapêutico também se mostrou eficaz sobre sistema linfático, com respostas positivas, restaurando vasos linfáticos, reduzindo edemas nas primeiras 24 horas após injúria; A analgesia é uma das respostas da luz sobre o organismo, a fotobiomodulação promove redução de prostaglandinas, estas que sensibilizam terminações nervosas periféricas de nociceptores. Células nervosas, também se regeneram através da PBM sobre as mitocôndrias, reduzindo dores neuropáticas. Outra ação do laser, pode ser a fotofísica, quando altas doses, pode causar bloqueio temporário do potencial de ação dos neurônios, resultando em ação analgésica, porém pode contribuir para ações pró-inflamatórias, causando impactos que atrasam regeneração tecidual.

Entre os vários órgãos e sistemas que a terapia de fotobiomodulação demonstrou ser benéfica, o cérebro se destaca com a terapia de fotobiomodulação transcraniana (tPBM), Hamblin, 2016 descreveu que esta técnica reduz a neuro inflamação, aumenta funções mitocôndrias, geração de energia, consumo de oxigênio e fluxo sanguíneo cerebral, o que estimula sinaptogêneses, neurogêneses e neuroplasticidade, além de possuir atividade neuroprotetora, prevenindo danos cerebrais em lesões agudas, inibindo apoptose e regulando proteínas antiapoptóticas. Em lesões que se apresentam na fase crônica, com distúrbios cerebrais importantes, a PBM favorece o desenvolvimento motor, cognitivo e apresenta melhoras significativas. A nível celular, a luz ativa a citocromo C oxidase, principal receptor para efeito cerebral, aumentando a produção de ATP e eliminando eficientemente as ROS, aumentando fluxo sanguíneo cerebral. Estudos em humanos demonstraram melhor cognição e desempenho clínico. Um recente estudo concluiu que o PBM não induz efeitos adversos na estrutura ou função cerebral, nem prejudica as habilidades cognitivas.

Outra recente e promissora proposta da fotobiomodulação, é uma técnica que atua na melhora do fluxo sanguíneo cerebral, promovendo homeostase metabólica e melhora significativa dos pacientes, através da aplicação em região palmar e plantar. Estudos recentes em pacientes com fibromiálgicos, demonstraram que a fotobiomodulação em aponeurose tenar, hipotenar e palmar, onde há vasta inervação com fotoreceptores, promove ações positivas sobre líquido cefalorraquidiano, através de conduções de vias aferentes, normalizando citocinas inflamatórias, modulando funções neurais centrais e periféricas gerando assim efeitos positivos sobre o organismo, promovendo inclusive, melhora da qualidade de vida aos pacientes.

O Objetivo deste trabalho foi avaliar efeitos de diferentes intervenções de forma conjugada, utilizando modelos distintos de fotobiomodulação, FBM e FBM Sistêmica, através da palma das mão em paciente com hidrocefalia e atrasos no desenvolvimento neuropsicomotor, sequelas advindas da prematuridade extrema.

MATERIALS AND METHODS

RELATO DE CASO

Paciente do sexo feminino, 1 ano e 8 meses de idade, diagnosticada com hidrocefalia, epilepsia e broncodisplasia pulmonar, devido sequelas da prematuridade extrema. Seu nascimento foi com 24 semanas de gestação, pesando 800g, APGAR de 4-6; no período neonatal, apresentou sepse neonatal, hemorragia intracraniana grau IV, leucomalácia periventricular à direita. Durante a internação, já com um mês de vida, diagnosticada hidrocefalia, redução para grau III da hemorragia intracraniana e encefalomalacia/gliose, então iniciaram os quadros convulsivos. Aos dois meses de vida, exames mostraram aumento de resistência de artéria cerebral anterior e média e em ressonância de crânio, observou-se volumosa hidrocefalia, o que levou à necessidade do tratamento com intervenção cirúrgica, com o objetivo de derivar o líquido em excesso dos ventrículos laterais para outras cavidades corporais, anulando a base fisiopatológica de hipertensão intracraniana, a drenagem

empregada foi a derivação ventrículo-peritoneal (DVP). Após a DVP, continuou apresentando episódios de convulsões, mantendo anticonvulsivantes. Antes da alta, após 4 meses de vida, houve necessidade de nova intervenção cirúrgica para manejo clínico-nutricional. Durante a internação, também foi diagnosticada doença plus zona II pelo oftalmologista. Realizados novos exames para alta com diagnóstico de hidrocefalia, afilamento de parênquima cerebral, imagens hiperecogênicas nos ventrículos laterais, hemorragia intraventricular, áreas hipoeecogênicas no parênquima cerebral fronto/temporal/parietal D, gliose e encefalomalacia. No total, foram 3 meses de intubação, gerando complicações pulmonares como broncodisplasia pulmonar. Após 12 dias da alta, retorna ao hospital, e recebe diagnóstico de bronquiolite. Até nossa avaliação, criança apresentava quadros recorrentes de infecções respiratórias. Esclarecemos que em prontuário da internação da paciente, observamos que todos recursos, tratamentos, medicações, protocolos e cuidados recomendados, foram realizados.

Avaliação e tratamento com fotobiomodulação foram domiciliar. À avaliação, responsável relatou que a criança (com idade corrigida de 1 ano e 4 meses de vida), oscilava entre momentos de agitação ou extrema sonolência por grande período de tempo e frequentemente apresentava os movimentos repetitivos, generalizados. Faz uso dos seguintes medicamentos: anticonvulsivantes, suplementos nutricionais e alimentação via gastrostomia. Obtivemos acesso às evoluções médicas de reinternações, ou idas ao pronto-socorro devido hipersecreção pulmonar (provavelmente por broncoaspirações salivares), segundo informações colhidas, responsável relata que estava em processo de avaliação para possível traqueostomia devido condição crônica com comprometimento neurológico. Além destes relatos, responsável cita que criança apresenta quadro intestinal de constipação. Observamos na avaliação, presença de importantes sequelas motoras, visuais e cognitivas, apresentando espasmos generalizados, movimentos oculares de nistagmo (sugestivos de crises epiléticas). Cognitivo comprometido, com pouca ou nenhuma interação com familiar ou fisioterapeuta. À avaliação respiratória, havia presença de hipersialorréia, e pouca defesa de via aérea, com tosse pouco

eficazes e, aparentemente, pouca ou nenhuma deglutição salivar. À ausculta pulmonar, apresentou som de transmissão por estridor laríngeo, roncos difusos por hipersecreção brônquica.

EQUIPAMENTOS

O equipamento mais utilizado no estudo foi desenvolvido no Laboratório de Apoio Tecnológico (LAT) do Instituto de Física de São Carlos da Universidade de São Paulo (USP) e produzido pela MMOptics, São Carlos, São Paulo, Brasil, denominado LASERDUO®. O equipamento permite a aplicação de fotobiomodulação (terapia a laser de baixa intensidade).

INTERVENÇÃO

Nas duas primeiras sessões, na primeira semana de tratamento, foram aplicadas técnicas combinadas de laser, focando no sistema respiratório e neurológico. Utilizadas técnicas de Fotobiomodulação Sanguínea Transdérmica (comprimento de onda vermelho, 660nm, por 5

minutos, em artéria radial); Técnica Transcraniana (comprimento de onda infravermelho, 800nm, 2J por ponto, sendo os pontos em regiões frontal, temporal, parietal e occipital. Laserpuntura – pontos P8, Yintang. F2, P7, P5 (ponteira de acupuntura; 2J, comprimento de onda infravermelho). Vamos identificar em tabela, este protocolo inicial, através da letra A.

Do terceiro atendimento em diante, incluímos duas técnicas de fotobiomodulação sistêmica, em palma das mãos (figura 3) e sola dos pés, aplicação foi realizada nas palmas das mãos devido à alta inervação da região, sendo a área de aplicação nos músculos das regiões Hipotenar, Tenar e Aponeurose Palmar, realizados 5 pontos em cada mão, com Laser Duo MMOptics no comprimento de onda vermelho, 660nm, 2joules/cm², e outra técnica recém desenvolvida por alunos da USP São Carlos, foto-reflexologia (estimulando hipotálamo e hipófise, além de outros órgãos e sistemas), com mesmo equipamento, e dose, em cada ponto a ser estimulado.



Figura 1: Ilustração da área de aplicação da mão preservando a área de crescimento dos ossos longos

AVALIAÇÕES E QUESTIONÁRIOS

Em relação ao mecanismo de avaliação, foi utilizado um questionário elaborado pela equipe de pesquisa, em formato de tabela 1, com preenchimento numérico, em relação ao cognitivo, audição, visão, fala, movimentos de membros superiores e inferiores, sustentação de coluna cervical, de tronco e observação de padrões de respiração, tosse, sintomas gripais, intestinais, e também observação da frequência de internações em relação aos dois meses anteriores ao início do tratamento.

Embora limitado e não sendo utilizados Métodos de Avaliações e Escalas Padronizadas, este método respondido pelos responsáveis podem fornecer um parâmetro de avaliação para comparações entre respostas (de desenvolvimento motor, postural e cognitivo da criança), anteriores e posteriores ao tratamento. E também para estudos futuros.

Tabela 1 - Preenchimento numérico de variáveis cognitivas.

	Como era a percepção da Responsável Antes do Primeiro Atendimento	Reavaliação após 2 dias do primeiro atendimento, utilizando Protocolo A	Reavaliação após 2 dias do quarto atendimento, utilizando Protocolo A e B
Visão	1	2	2
Audição	2	2	2
Deglutição Salivar	1	2	2
Fala Balbucio	1	2	2
Sucção	1	1	2
Sono	1	2	3
Linha Média	1	2	3

Controle Cervical	1	2	2
Controle do Tronco, com apoio	1	2	3
Tosse	1	2	2
Expressões Faciais aos Estímulos	1	2	3
Movimentação ao estímulo - MSD	3	3	3
Movimentação ao estímulo - MSE	1	2	3

Tabela 2: Questionário em formato de tabela, didática para preenchimento pela responsável. Visão: 1- não fixa olhar; 2 - fixa olhar; 3 - segue objetos; Audição: 1 - sem reação ao estímulo sonoro, 2 - pouca reação ao estímulo sonoro, 3 - procura pelo estímulo; Deglutição Salivar: 1 - pouca ou nenhuma, 2 - alguma, 3 - apresentando eficaz; Fala/balbucio: 1- nenhum, 2 - pouco, 3 - frequente; Sucção: 3 - nenhum; 2 - algum, 1 - frequente; Sono: 1- muita sonolência durante dia e noite com períodos de grande agitação, 2 – sono de boa qualidade, com alguma agitação e despertares noturnos 3 – melhora da qualidade do sono, noturno, realizando sonecas diárias com tempo adequado para a idade; Atingir Linha Média: 1 - não apresenta, 2 - com dificuldade, 3 - com facilidade; Controle de cervical: 1 – não apresenta, 2 – alguns segundos, 3 – entre 30 e 60 segundos. Controle de tronco com apoio: 1 – não apresenta, 2 – com apoio posterior e bilateral, 3- com apoio posterior; Tosse: 1 – ineficaz, 2 – pouco eficaz, 3 – eficaz com deglutição; Expressões aos estímulos: 1 – nenhuma, 2 - alguma, 3 - expressões faciais de acordo com estímulo realizado; Movimentação de Membro Superior Direito: 1 – nenhum, 2 – pouca, 3 – boa movimentação, Movimentação de Membro Superior Esquerdo: 1 – nenhum, 2 – pouca, 3 – boa movimentação, levando à linha média.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após serem realizadas as duas primeiras sessões utilizando o Protocolo A, criança apresentou melhora significativa da tosse, obteve maior efetividade com deglutição aparente, à ausculta, com som pulmonar mantendo estridor laríngeo, porém sem outros ruídos adventícios. Outra observação é que a paciente já não apresentava os movimentos repetitivos sugestivos de crises convulsivas. Também houve melhora da qualidade do sono e menos agitação ou despertares.

A partir da quarta sessão, incluímos a terapia de fotobiomodulação a nível sistêmico através das aplicações em palmas das mãos e sola dos pés, além de estímulos fototerápicos através de fotoreflexologia podal. Após duas sessões, já com terapias associadas (protocolos A e B), criança apresentou maior sustento de controle cervical por alguns segundos, inclusive em "Tummy Time", apresentou controle de tronco com apoios bilaterais e posterior, adquiriu linha média e maior movimentação de MSE e observamos maior interação com ambiente,

além de melhor resposta aos estímulos tátil, visual e auditivo. Apresentou aumento de tônus de coluna dorsal e aumento de força muscular (também relatado em documento, após um mês de tratamento, por clínica onde paciente faz acompanhamento com fisioterapeutas especializados em fisioterapia neurológica). Mantivemos a junção destes protocolos por 3 meses, neste período, criança chegou apresentar um episódio de sintomas gripais, porém, com resolução em 24 horas, com total eliminação dos sintomas. Não houve necessidade de medicações, procedimentos invasivos como aspiração de vias aéreas superiores ou deslocamento até o pronto-socorro. Já no terceiro mês de tratamento, houve erupção de vários dentes, o que alterou fisiologia do organismo, apresentou três episódios de diarreia, com resolução rápida, sem necessidade de medicamentos.

Na última reavaliação, após 20 sessões(em três meses de tratamento), uma média de atendimento 1 vez por semana, criança apresentou grande melhora de cognitivo, interação com ambiente, tentativa de fala, aumento de balbucios, controle de cervical e tronco(com apoio apenas posterior), expressões faciais de acordo com estímulo

(expressões como sorrisos, dúvidas ou recusa de algum estímulo ou aumento do foco e concentração no momento da fisioterapia), começou acompanhar visualmente objetos, estímulos visuais ou auditivos, mãos começaram buscar pés para leva-los em direção à cavidade oral e inclusive iniciou movimentos de rolar e tentativas de mudança de posicionamento, da posição de decúbito dorsal para sedestação.

Foram realizadas um total de 20 sessões em um período de 3 meses. Ao final, responsável preencheu novamente a tabela de questionário, observados na Tabela 2.

Tabela 2 - Preenchimento numérico de variáveis cognitivas. Percepção do Responsável.

<u>Percepção do responsável</u>	Antes do Primeiro Atendimento	Reavaliação após 2 dias do primeiro atendimento: Protocolo A	Reavaliação após 2 dias do quarto atendimento: Protocolos A e B	Reavaliação após 20 sessões, em 3 meses, utilizando Protocolos A e B
---------------------------------	-------------------------------	--	---	--

APLICAÇÕES CLÍNICAS DE LASERTERAPIA

Visão	1	2	2	3
Audição	2	2	2	3
Deglutição Salivar	1	2	2	2
Fala Balbucio	1	2	2	3
Sucção	1	1	2	2
Sono	1	2	3	3
Linha Média	1	2	3	3
Controle Cervical	1	2	2	3
Controle do Tronco, com apoio	1	2	3	3
Tosse	1	2	2	3
Expressões Faciais aos Estímulos	1	2	3	3
Movimentação ao estímulo - MSD	3	3	3	3
Movimentação ao estímulo - MSE	1	2	3	3

Tabela 2: Questionário em formato de tabela, didática para preenchimento pela responsável. Visão: 1- não fixa olhar; 2 - fixa olhar; 3 - segue objetos; Audição: 1 - sem reação ao estímulo sonoro, 2 - pouca reação ao estímulo sonoro, 3 - procura pelo estímulo; Deglutição Salivar: 1 - pouca ou nenhuma, 2 - alguma, 3 - apresentando eficaz; Fala/balucio: 1- nenhum, 2 - pouco, 3 - frequente; Sucção: 3 - nenhum; 2 - algum, 1 - frequente; Sono: 1- muita sonolência durante dia e noite com períodos de grande agitação, 2 – sono de boa qualidade, com alguma agitação e despertares noturnos 3 – melhora da qualidade do sono, noturno, realizando sonecas diárias com tempo adequado para a idade; Atingir Linha Média: 1 - não apresenta, 2 - com dificuldade, 3 - com facilidade; Controle de cervical: 1 – não apresenta, 2 – alguns segundos, 3 – entre 30 e 60 segundos. Controle de tronco com apoio: 1 – não apresenta, 2 – com apoio posterior e bilateral, 3- com apoio posterior; Tosse: 1 – ineficaz, 2 – pouco eficaz, 3 – eficaz com deglutição; Expressões aos estímulos: 1 – nenhuma, 2 - alguma, 3 - expressões faciais de acordo com estímulo realizado; Movimentação de Membro Superior Direito: 1 – nenhum, 2 – pouca, 3 – boa movimentação, Movimentação de Membro Superior Esquerdo: 1 – nenhum, 2 – pouca, 3 – boa movimentação, levando à linha média.

CONCLUSÃO

A análise dos dados obtidos durante o estudo indica que a fotobiomodulação desempenhou um papel relevante na evolução clínica da paciente. Ao longo dos três meses de intervenção, notaram-se respostas visuais e auditivas mais claras, acompanhadas do início de vocalizações estimuladas pela interação familiar. Esses avanços ocorreram

paralelamente à ausência de episódios respiratórios que exigissem hospitalização, cenário bastante distinto da realidade anterior, quando a criança necessitava de atendimento emergencial quase mensalmente devido ao desconforto respiratório.

Outro ponto de destaque é que nenhum efeito colateral foi observado durante o acompanhamento, reforçando a segurança da técnica para uso pediátrico. Assim, este relato contribui para o debate sobre as possibilidades terapêuticas da fotobiomodulação em crianças, especialmente na abordagem de condições associadas à prematuridade extrema. Os achados também reforçam a importância de ampliar o número de pesquisas bem estruturadas e de estimular profissionais a incorporarem intervenções baseadas em evidências ao cotidiano clínico, reduzindo a distância entre o que se produz na pesquisa e o que se aplica na prática fisioterapêutica.

REFERÊNCIAS

1. OHUMA EO, MOLLER AB, BRADLEY E, CHAKWERA S, HUSSAIN-ALKHATEEB L, LEWIN A, OKWARAJI YB, MAHANANI WR, JOHANSSON EW, LAVIN T, FERNANDEZ DE, DOMÍNGUEZ GG, DE COSTA A, CRESSWELL JA, KRASEVEC J, LAWN JE, BLENCOWE H, REQUEJO J, MORAN AC. Estimativas nacionais, regionais e globais de nascimentos prematuros em 2020, com tendências de 2010: uma análise sistemática. **Lanceta**. 7 de outubro de 2023;402(10409):1261-1271. DOI: 10.1016/S0140-6736(23)00878-4.
2. T. MICHAEL O'SHEA MD. Prematuridade Extrema: Risco e Resiliência. Science Direct. **Problemas atuais na assistência à saúde pediátrica e adolescente**. Volume 52, Edição 2, Fevereiro de 2022, 101132
3. MIRANDA P, SIMAL JA, PLAZA E, PANCUCCI G, ESCRIG R, BORONAT N, LLORENS R. Hidrocefalia pós-hemorragica relacionada ao pré-termo: revisão de nossa série institucional com acompanhamento

de longo prazo. **Neurocirugia** (Astur: Engl Ed) . 2023 maio-jun; 34 (3) :122-127. doi: 10.1016/j.neucie.2022.11.009.

4. JOBE AH, STEINHORN R. Podemos definir displasia broncopulmonar? **J Pediatr**. 2017; 188: 19–23

5. RADAELLI G, LEAL-CONCEIÇÃO E, KALIL NETO F, TAURISANO MRG, MAJOLO F, BRUZZO FTK, BOOIJ L, NUNES ML. Desfechos motores e cognitivos de neonatos com baixo peso ao nascer no Brasil: uma revisão sistemática e meta-análise. **Arq Neuropsiquiatr** . 2023 fev; 81 (2) :186-200. doi: 10.1055/s-0042-1758866.

6. KO J, LIM HK. Comparação do desenvolvimento motor entre bebês prematuros e a termo usando a Alberta Infant Motor Scale. **Int J Environ Res Public Health**. 2023 21 de fev; 20 (5). doi: 10.3390/ijerph20053819.

7. ELIKS M, GAJEWSKA E. The Alberta Infant Motor Scale: Uma ferramenta para avaliação dos aspectos motores do neurodesenvolvimento

na infância e na primeira infância. **Front Neurol**. 2022; 13 :927502. doi: 10.3389/fneur.2022.927502. eCollection 2022. .

8. FURTADO MAS, AYUPE KMA, CHRISTOVÃO IS, SOUSA JÚNIOR RR, ROSENBAUM P, CAMARGOS ACR, LEITE HR. Fisioterapia em crianças com paralisia cerebral no Brasil: uma revisão de escopo. **Dev Med Criança Neurol**. Maio de 2022; 64 (5) :e2-e12. doi: 10.1111/dmcn.15094.

9. OSORIO M. [Ético e prematuro extremo]. **Andes Pediatr** . 2022 fev; 93 (1) :7-9. doi: 10.32641/andespediatr.v93i1.4142.

10. BAHR TM, CHRISTENSEN TR, ILSTRUP SJ, OHLS RK, CHRISTENSEN RD. Sangue do cordão umbilical a termo, totalmente testado e processado, como fonte de transfusões de glóbulos vermelhos para recém-nascidos com idade gestacional extremamente baixa. 2024 de outubro de 19:101546. DOI: 10.1016/j.siny.2024.101546.

11. DUQUE V, CHAVERRA L, CURY J, PORTELA MC, SUÁREZ-ESCUADERO JC. Comprometimento visual e neurológico pós-disfunção no sistema de derivação ventrículo-peritoneal: relato de caso. **Biomedica**. 2021 Mar 19; 41 (1) :17-28. doi: 10.7705/biomedica.5657.
12. MEDRADO AR, PUGLIESE LS, REIS SR, ANDRADE ZA. Influência da laserterapia de baixa potência na cicatrização de feridas e sua ação biológica sobre os miofibroblastos. **Lasers Surg Med**. 2003; 32(3):239-44. DOI: 10.1002/lsm.10126. PMID: 12605432
13. NOVAK I, MORGAN C, ADDE L, BLACKMAN J, BOYD RN, ET. A,.. Diagnóstico precoce e preciso e intervenção precoce na paralisia cerebral: avanços no diagnóstico e tratamento. **JAMA Pediatr**. 2017 Set 1; 171 (9) :897-907. doi: 10.1001/jamapediatrics.2017.1689.
14. GARCÍA-MÉNDEZ A, ÁLVAREZ-VÁZQUEZ L, AGUSTÍN-AGUILAR F, COLLADO-ARCE G, SÁNCHEZ-OLIVERA C. [Shunt

ventriculo subgaleal em hidrocefalia secundária a hemorragia intraventricular em prematuros]. **Gac Med Mex.** dezembro de 2014; 150 Suplemento 3 :279-81.

15. SALAS NÚÑEZ R, GAETE SEPÚLVEDA R, SALAS FONTECILLA J, SUÁREZ URIELES N, SALAS FONTECILLA F. [Bebês extremamente prematuros com hemorragia intraventricular grave: evolução neurológica e status educacional e de longo prazo]. **Andes Pediatr.** 2024 Abr; 95 (2) :165-173. doi: 10.32641/andespediatr.v95i2.4604.

16. RAZAK A, PATEL W, DURRANI NUR, PULLATTAYIL AK. Intervenções para reduzir o risco de lesão cerebral grave em recém-nascidos prematuros: uma revisão sistemática e meta-análise. **JAMA Netw Aberto.** 3 de abril de 2023; 6(4):e237473. DOI: 10.1001/jamanetworkopen.2023.7473.

17. CERISOLA A, BALTAR F, FERRÁN C, TURCATTI E. [Mecanismos de lesão cerebral do bebê prematuro]. **Medicina** (B Aires). 2019; 79 Suplemento 3 :10-14. .
18. ROLA P, DOROSZKO A, DERKACZ A. O uso de radiação laser de baixa energia em pesquisa básica e clínica. **Adv Clin Exp Med**. 2014 setembro-outubro; 23 (5) :835-842. doi: 10.17219/acem/37263.
19. HUANG YY, SHARMA SK, CARROLL J, HAMBLIN MR. Resposta à dose bifásica na terapia de luz de baixa intensidade - uma atualização. Resposta à dose. 2011; 9 (4) :602-18. doi: 10.2203/dose-response.11-009.Hamblin.
20. HAMBLIN MR. Mecanismos e sinalização redox mitocondrial na fotobiomodulação. **Photochem Photobiol** . 2018 Mar; 94 (2) :199-212. doi: 10.1111/php.12864.
21. AMAROLI A, PASQUALE C, ZEKIY A, UTYUZH A, BENEDICENTI S, SIGNORE A, RAVERA S. Photobiomodulation

and Oxidative Stress: 980 nm Diode Laser Light Regulates Mitochondrial Activity and Reactive Oxygen Species Production. **Oxid Med Cell Longev.** 2021; 2021: 6626286. doi: 10.1155/2021/6626286. eCollection 2021.

22. LI Z, ZHAO Y, HU Y, LI Y, ZHANG K, GAO Z, TAN L, JIA H, CONG J, LIU H, LI X, CAO A, CUI Z, ZHAO C. Estimulação transcraniana a laser de baixo nível na região do infravermelho próximo II (1064 nm) para segurança cerebral em humanos saudáveis. **Brain Stimul.** 2024 Nov 30; 17 (6) :1307-1316. doi: 10.1016/j.brs.2024.11.010.

23. JUNIOR AEA, CARBINATTO FM, FRANCO DM, BRUNO JSA, SIMÃO MLS, ET AL. (2020) The Laser and Ultrasound: The Ultra Laser like Efficient Treatment to Fibromyalgia by Palms of Hands – Comparative Study. **J Nov Physiother** 11: 447.

24. SCHAPOCHNIK A, ALONSO PT, DE SOUZA V, RODRIGUES V, QUINTELA K, CRUZ MDP, FERREIRA CM, CECATTO RB,

RODRIGUES MFSD, HAMBLIN MR, LINO-DOS-SANTOS-FRANCO A. Irradiação intravascular com laser de sangue (ILIB) usada para tratar doenças pulmonares: uma breve revisão crítica. **Lasers Med Sci.** 2023 25 de março; 38(1):93. DOI: 10.1007/S10103-023-03750-0. .

25. VASCONCELOS MR, CARDOSO-SILVA L, BARBOSA ACL, BORSATTO MC, CORONA SAM. Influência da irradiação intravascular a laser do sangue (ILIB) nas citocinas inflamatórias e óxido nítrico in vivo: uma revisão sistemática. **Lasers Med Sci.** 2024 4 de março; 39(1):85. DOI: 10.1007/S10103-024-04031-0.

26. HAMBLIN MR. Transcranial photobiomodulation for the brain: a wide range of clinical applications. **Neural Regen Res.** 2024 Mar;19(3):483-484. doi: 10.4103/1673-5374.380891.

27. NAESER MA, MARTIN PI, HO MD, KRENGEL MH, BOGDANOVA Y, KNIGHT JA, HAMBLIN MR, FEDORUK AE, POOLE LG, CHENG C, KOO B. Tratamento de fotobiomodulação transcraniana: melhorias significativas em quatro ex-jogadores de futebol

com possível encefalopatia traumática crônica. **J Alzheimers Dis Rep.** 2023; 7:77–105. DOI: 10.3233/ADR-220022.

28. GUIMARÃES HNCL, PETREÇA RH, ALMEIDA ST, MAGNO F, SANTOS RS, TAVEIRA KVM, ARAUJO CM, CELLI A. Relação entre prematuridade e dificuldades na transição da consistência alimentar na infância: uma revisão sistemática. **Codas.** 2024 31 de maio; 36(4):e20230100. DOI: 10.1590/2317-1782/20242023100pt.

29. CAO WS. [Effect of acupuncture at early stage on prognosis of the infantile of anoxic and ischemic cerebral injury]. *Zhongguo Zhen jiu = Chinese Acupuncture & Moxibustion.* 2006 Jan;26(1):18-20.

30. AQUINO JUNIOR AE DE, CARBINATTO FM, FRANCO DM, BRUNO J DA SA, SIMÃO ML DE S, ET AL. (2021) O laser e o ultrassom: o ultra laser como tratamento eficiente para fibromialgia pelas palmas das mãos - estudo comparativo. **J Nov Physiother** 11: 2-12.

31. AQUINO JUNIOR AE, RODRIGUES TZ, GARCIA V, SIMÃO G, CARBINATTO FM, ET AL. (2022) Terapias Conjugadas e Sinérgicas no tratamento da Disfunção da Covid 19 - Dor, Fraqueza, Parestesia, Condição Respiratória, Memória, Olfato e Paladar: Série de Casos. **J Nov Physiother** 12: 545
32. NEJATIFARD M, ASEFI S, JAMALI R, HAMBLIN MR, FEKRAZAD R (2021) Prováveis efeitos positivos da fotobiomodulação como tratamento adjuvante na COVID-19: Uma revisão sistemática. **Cytokine** 137: 155312.
33. AL AMIR DACHE Z, OTANDAULT A, TANOS R, PASTOR B, MEDDEB R, SANCHEZ C, ARENA G, LASORSA L, BENNETT A, GRANGE T, EL MESSAOUDI S, MAZARD T, PREVOSTEL C, THIERRY AR. Blood contains circulating cell-free respiratory competent mitochondria **FASEB J.** 2020 MARÇO; 34(3):3616-3630. DOI: 10.1096/FJ.201901917RR.

35. FALAKI F, NEJAT AH, DALIRSANI Z. O efeito da terapia a laser de baixa intensidade na neuralgia do trigêmeo: uma revisão da literatura. **J dent Res dent Clin dent Perspectivas**. Inverno de 2014; 8(1):1-5. DOI: 10.5681/joddd.2014.001.
36. VLADIMIROV IUA, KLEBANOV GI, BORISENKO GG, OSIPOV AN Mecanismos moleculares e celulares do efeito da radiação laser de baixa intensidade. **Biofizika**. 2004 março-abril; 49(2):339-50.

SEÇÃO ESPECIAL

TFD E FOTOSSENSIBILIZADORES



UM PROCESSO DE REVISÃO

7. Terapia Fotodinâmica e Inativação Fotodinâmica: Uma visão dos fotossensibilizadores

Larissa Oliveira Dias¹, Beatriz Bernardes Aquino de Souza Silva², Eduarda Vasconcelos Barbosa², Antonio Eduardo de Aquino Junior^{1,3}, Ana Carolina Negraes Canelada^{1,3,4}, Vanderlei Salvador Bagnato^{3,4,5}

¹Pós-Graduação em Laser em Saúde, Instituto de Ensino e Pesquisa, Irmandade da Santa Casa de Misericórdia de São Carlos, São Carlos, São Paulo, Brasil.

²Curso de Graduação em Odontologia, Faculdade de Sete Lagoas, Facsete, Sete Lagoas, Minas Gerais, Brasil

³Instituto de Física de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, São Paulo, Brasil.

⁴Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, São Paulo, Brasil.

⁵Department of Biomedical Engineering, Texas A&M University, Texas, Estados Unidos da América.

Autor Correspondente: antonioaquino@ifsc.usp.br;

TERAPIA FOTODINÂMICA

A terapia fotodinâmica (TFD), também conhecida como fotoradioterapia, fototerapia ou fotoquimioterapia, constitui uma modalidade terapêutica baseada na ativação de um agente fotossensibilizador (FS) por meio de uma fonte luminosa, na presença de oxigênio molecular. Essa interação desencadeia a formação de espécies reativas de oxigênio (EROs), capazes de promover a destruição seletiva de células-alvo, por mecanismos como apoptose, necrose ou autofagia (Quadro 1).

A localização intracelular do FS irá influenciar diretamente no tipo de morte celular induzida: quando se acumula nas mitocôndrias, tende a induzir apoptose, enquanto sua presença em membranas plasmáticas ou lisossomos pode desencadear tanto apoptose quanto necrose.

Atualmente, a TFD tem sido amplamente utilizada, sobretudo para tratamento de diversos tipos de cânceres, isso se deve ao fato de que a TFD apresenta uma série de vantagens em relação aos tratamentos

convencionais. Entre elas, destacam-se seu caráter minimamente invasivo, a possibilidade de aplicação ambulatorial, maior comodidade para o paciente, melhora da qualidade de vida, potencial para prolongamento da sobrevida, possibilidade de reaplicação sem a necessidade de doses cumulativas elevadas e a incidência reduzida de efeitos adversos.

Para que a TFD seja eficaz, o FS deve apresentar afinidade pela radiação emitida, de modo a absorver a luz de maneira eficiente e promover a resposta fotodinâmica desejada. Depende, portanto, da conjugação de dois princípios fundamentais: o acúmulo seletivo do fotossensibilizador nas células-alvo e a aplicação precisa da luz na região de interesse. Essa combinação permite uma ação localizada e altamente seletiva, minimizando os danos aos tecidos adjacentes.

Em suma, a terapia fotodinâmica configura-se como uma alternativa terapêutica promissora, com perfil de segurança favorável, aplicabilidade versátil e eficácia comprovada em diversas condições clínicas, destacando-se, sobretudo, pelo seu caráter seletivo e minimamente invasivo.

INATIVAÇÃO FOTODINÂMICA

A inativação fotodinâmica (PDI) é uma técnica semelhante à TFD, uma vez que possui como base o uso de fotossensibilizadores, luz e oxigênio para a formação de espécies reativas de oxigênio que irão causar danos à alvo específico. No entanto, ela se difere quanto ao objetivo e à aplicação clínica. A PDI visa a destruição de microorganismos, como bactérias, fungos e vírus, sendo uma estratégia antimicrobiana.

Quando falamos sobre a eliminação antimicrobiana, devemos observar que existe uma diferença fundamental na susceptibilidade à terapia entre as bactérias gram-positivas e gram-negativas, sendo as gram-positivas mais suscetíveis do que as gram-negativo. Isso pode ser explicado pelo fato de que as bactérias gram-positivas possuem a membrana citoplasmática rodeada por uma camada relativamente porosa de peptidoglicano e ácido lipoteicóico, o que permite que o fotossensibilizador a atravesse.

A PDI tem sido utilizada para eliminação microbiana graças às suas vantagens quando comparado ao uso de agentes microbianos tradicionais, podendo citar: amplo espectro de ação, afetando bactérias gram-positivas e gram-negativas, redução significativa de bactérias após o tratamento sem qualquer efeito prejudicial à área circundante, não causa efeitos mutagênicos, morte bacteriana rápida (não sendo necessária a manutenção do agente químico em altas concentrações sobre as lesões por longos períodos de tempo, como ocorre com os agentes anti-sépticos e antibióticos), improvável desenvolvimento de resistência microbiana, a ação antimicrobiana da terapia fica restrita à região corada e irradiada simultaneamente e, pelo seu caráter atraumático, é bem aceito por pacientes com necessidades especiais e pediátricos.

FOTOSENSIBILIZADORES

Os fotossensibilizadores (FS) são compostos químicos capazes de promover reações fotoquímicas ao serem ativados por luz na presença de oxigênio. Durante a TFD e a PDI, a administração do fotossensibilizador pode ocorrer por diferentes vias: intravenosa, oral ou tópica, sendo que,

em sua forma inativa, não provoca danos aos tecidos sadios ou comprometidos. A sua ativação ocorre somente quando o tecido que o contém é irradiado com luz em comprimento de onda específico, geralmente fornecida por um laser.

Uma vez excitado pela radiação luminosa, o FS transfere parte dessa energia a moléculas vizinhas, desencadeando modificações químicas e estruturais nas substâncias-alvo. Inicia-se então uma cadeia de reações químicas de dois tipos. Na reação do tipo I, o FS excitado interage com substratos celulares, gerando radicais livres. Esses radicais reagem rapidamente com o oxigênio molecular, formando espécies reativas de oxigênio (EROs), como hidroxila, ânion superóxido e peróxido de hidrogênio. Já na reação do tipo II, o FS transfere energia diretamente à molécula de oxigênio, originando uma forma eletronicamente excitada e altamente reativa, denominada oxigênio singlete. Ambas as reações levam à oxidação de componentes celulares essenciais, resultando em alterações da permeabilidade e da função de transporte entre os meios intra e extracelular, além de serem observadas lesões em estruturas intracelulares,

como mitocôndrias, núcleo, lisossomos e retículo endoplasmático (Quadro 1).

A Terapia Fotodinâmica é realizada com a interação do fotossensibilizador com a luz, frequentemente fornecida pelo laser de baixa intensidade. Ela pode ser resumida em quatro etapas:

1. **Administração e Acúmulo:** O fotossensibilizador é administrado ao paciente (oralmente, topicamente ou intravenosamente) e se acumula seletivamente nas células-alvo seja por características intrínsecas da célula doente, seja por meio de estratégias de entrega direcionada.
↓
2. **Ativação pela Luz:** Uma vez que o fotossensibilizador atinge a concentração desejada nas células-alvo, a área iluminada com o laser de baixa intensidade no comprimento de onda específico que o fotossensibilizador absorve melhor; e então a luz, quando absorvida, eleva o fotossensibilizador a um estado de energia excitado.
↓
3. **Transferência de Energia e Geração de EROs:** Neste estado excitado, o fotossensibilizador pode passar sua energia para o oxigênio molecular presente nos tecidos (oxigênio tripleto, no seu estado fundamental). Por essa transferência, acontece a formação de espécies reativas de oxigênio (EROs), como o oxigênio singleto (1O_2), superóxido ($O_2^{\cdot-}$), peróxido de hidrogênio (H_2O_2) e radicais hidroxila ($HO\cdot$).
↓
4. **Efeito Terapêutico:** As EROs são altamente citotóxicas e reativas. Elas causam danos oxidativos a componentes celulares essenciais, como membranas lipídicas, proteínas, ácidos nucleicos e organelas, levando à morte celular por apoptose ou necrose. A seletividade da TFD advém do acúmulo preferencial do fotossensibilizador nas células-alvo e da ativação da luz apenas na área para ser tratada, minimizando os danos às células saudáveis adjacentes.

Quadro 1: Etapas da terapia fotodinâmica

O oxigênio singlete possui tempo de vida em água de aproximadamente 4 μs e em sistemas biológicos esse tempo é extremamente baixos, inferior a 0,04 μs . Em função disso, seu raio de ação é extremamente reduzido ($<0,02\mu\text{m}$), atuando apenas onde é produzido, fato muito importante para TFD, que se baseia no efeito fotodinâmico localizado.

O uso terapêutico de fotossensibilizadores foi relatado pela primeira vez em 1900, quando o alemão Oscar Raab observou a morte de micro-organismos após exposição à acridina em presença de luz. Posteriormente, Tappeiner e colaboradores demonstraram o papel crucial do oxigênio nesse processo, utilizando eosina e luz no tratamento de carcinomas basocelulares. Já no início do século XX, compostos porfirínicos, como a hematoporfirina, começaram a ser empregados, marcando o início do desenvolvimento sistemático dos FS utilizados na TFD.

Com o avanço das pesquisas, os fotossensibilizadores passaram a ser agrupados de acordo com sua estrutura química, destacando-se as

porfirinas, clorinas e ftalocianinas, e classificados em gerações conforme suas propriedades funcionais: primeira, segunda ou terceira geração. Sendo as de primeira geração compostos derivados da hematoporfirina, como o Photofrin®, de segunda geração moléculas com melhor absorção na faixa terapêutica do espectro de luz, maior seletividade tumoral e menos efeitos adversos e de terceira geração fotossensibilizadores funcionalizados com ligantes, vetores ou sistemas de liberação controlada, visando otimizar a biodisponibilidade e a especificidade.

O primeiro FS aprovado para uso clínico foi o Photofrin®, autorizado no Canadá em 1993 pela Food and Drug Administration (FDA). Desde então, milhares de compostos naturais e sintéticos com atividade fotoativa têm sido investigados pelo seu potencial terapêutico na TFD. Apesar dos avanços, o desenvolvimento de um fotossensibilizador ideal ainda representa um desafio. Para uso clínico eficaz e seguro, o FS deve atender a uma série de critérios desejáveis, tais como: ser atóxico e apresentar toxicidade local somente após ativação por iluminação, alta seletividade e penetração no tecido alvo, capacidade de formar espécie

citotóxicas, pureza e estabilidade química, absorver luz de comprimento de onda mais longos, não provocar efeitos mutagênicos e carcinogênicos, simplicidade na formulação, boa reprodutibilidade e alta estabilidade, ser rapidamente eliminado do organismo, facilidade de manuseio e alta solubilidade nos sistemas fisiológicos. Essas características são fundamentais para assegurar a eficácia clínica da terapia fotodinâmica, minimizando efeitos adversos e potencializando a resposta terapêutica.

REVISÃO SOBRE LUZ

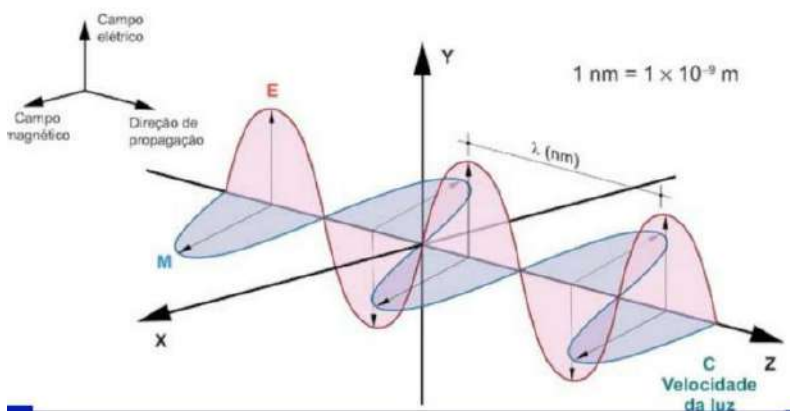


Figura 1: esquema ilustrativo da propagação da onda no vácuo

Os FS, assim como já explicado, são ativados pela luz. Atualmente, do ponto de vista da mecânica quântica, a luz consiste em pequenos pacotes de energia chamados de fótons, que se propagam na forma de onda, dando à luz um caráter dual onda-partícula. A luz se propaga então, como uma onda, assim como ilustrado na figura 1.

A onda atinge o seu máximo de afastamento do equilíbrio no eixo z. O afastamento máximo acima do eixo z é denominado de crista, enquanto o afastamento máximo abaixo do eixo z é denominado vale. A distância entre duas cristas consecutivas ou dois vales consecutivos é denominada de comprimento de onda (λ). O comprimento de onda caracteriza uma oscilação ou ciclo completo da onda. É o comprimento de onda que irá determinar as diferentes ondas eletromagnéticas.

Na figura 2, verificamos um esquema ilustrativo do espectro eletromagnético. Todos os FS abordados nesse capítulo serão ativados pela luz que compreende o comprimento de onda visível.

APLICAÇÕES CLÍNICAS DE LASERTERAPIA

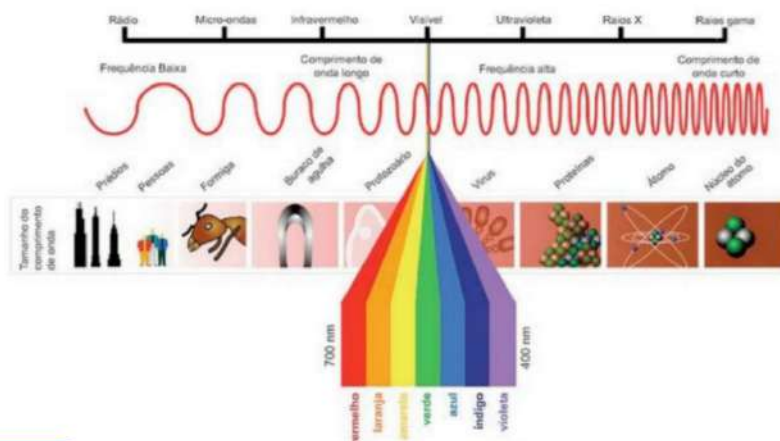


Figura 2: esquema ilustrativo do espectro eletromagnético

Na figura 3, está discriminado individualmente cada cor de luz das ondas visíveis, com seu respectivo comprimento de onda e sua frequência.

Cores do espectro visível ~ 380 – 740 nm

Cor	Comprimento de onda (nm)	Frequência (Hz)
Vermelho	~ 625 – 740 nm	~ 480 – 405 Hz
Laranja	~ 590 – 625 nm	~ 510 – 480 Hz
Amarelo	~ 565 – 590 nm	~ 530 – 510 Hz
Verde	~ 500 – 565 nm	~ 600 – 530 Hz
Ciano	~ 485 – 500 nm	~ 620 – 600 Hz
Azul	~ 440 – 485 nm	~ 680 – 620 Hz
Violeta	~ 380 – 440 nm	~ 790 – 680 Hz

Figura 3: tabela da relação entre comprimento de onda, frequência e cor

Tal fato será de extrema importância para o entendimento dos tipos de FS, uma vez que, cada um, é ativado quando se absorve a luz de um comprimento de onda específico. Para produzir efeito nas células ou nos microrganismos alvo, o FS deve apresentar picos de absorção próximos ao comprimento de onda da luz utilizada. Sendo assim, um FS pode absorver maior ou menor quantidade de energia luminosa de acordo com sua frequência e comprimento de onda.

O uso de lasers de baixa intensidade, é especialmente relevante nesse contexto, pois fornece a energia necessária para a ativação do FS sem causar efeitos térmicos significativos. Tal característica representa uma vantagem importante, sobretudo em pacientes com maior concentração de melanina na pele. A melanina, por ser um cromóforo natural, pois possui alta capacidade de absorção da luz, o que pode, em condições de alta fluência, aumentar o risco de efeitos adversos como hiperpigmentação pós-inflamatória ou queimaduras. A aplicação da TFD com baixa fluência, entretanto, reduz substancialmente tais riscos, ampliando a segurança do tratamento para indivíduos com diferentes fototipos cutâneos.

TIPOS DE FOTOSSENSIBILIZADORES NA TERAPIA FOTODINÂMICA

Os FS são classificados como de primeira, segunda e terceira geração e diferenciam-se entre si principalmente quanto:

- Época de desenvolvimento;
- Estrutura química;

- Seletividade tumoral;
- Eficiência na produção de oxigênio singlete;
- Tempo de permanência no organismo;
- Comprimento de onda absorvido;
- Finalidade de uso.

FOTOSSENSIBILIZADORES DE PRIMEIRA GERAÇÃO

Os FS da primeira geração (**Tabela 1**) foram muito utilizados na década de 1970 e abrangem subprodutos da hematoporfirina (HpD). Eles apresentam um espectro de absorção eletrônica caracterizado por cinco picos de absorção: um de maior intensidade e menor comprimento de onda (400 nm) e outros quatro de menor intensidade na região de 500-640 nm.

Dentre os derivados da HpD, estão o Photofrin®, Photogem® e o Photosan® (Tabela 1). Todos apresentam indicação de uso na TF para o tratamento de diversas doenças. Todavia, possuem algumas desvantagens:

- Fotossensibilidade prolongada (70-90 dias);

- Absorção de radiação de baixa penetração nos tecidos (baixa eficiência);
- Tempo longo necessário entre a administração do FS e o acúmulo máximo seletivo deste nas células alvo.

PHOTOFRIN®

A HpD tem como fármaco principal o Photofrin®, de origem nos Estados Unidos da América (EUA). Esse medicamento é amplamente aproveitado na TFD e possui algumas vantagens como: pode ser utilizado para prevenção dos mais diversos tipos de cânceres (câncer de esôfago em estágio inicial, de estômago, de pulmão e do colo do útero); apresenta potencial de uso em tratamentos ginecológicos, possui uma alta produção de oxigênio singleto, de modo a promover a destruição direta das células tumorais, privar o tumor de nutrientes essenciais e estimular a resposta imunológica do indivíduo para o combate da doença. Porém, também existem algumas desvantagens, como: ele possui um tempo de meia-vida longo, fazendo com que o paciente não possa ficar exposto a luz visível

por 42 dias, apresenta baixa absorção em regiões de 630 nm e baixa seletividade.

PHOTOGEN®

O Photogen® é de origem russa e também pode ser utilizado em TFD, mostrando resultados positivos tanto na área ginecológica, para tratamentos de displasia e carcinoma do colo uterino, quanto na área odontológica, para tratar infecções fúngicas causadas pela *Candida albicans*, a candidíase oral. Estudos têm demonstrado, ainda, a sua utilização como uma alternativa para o tratamento da Leishmaniose. Ele apresenta o pico do espectro de absorção em 632.8 nm.

PHOTOSAN®

O Photosan®, de origem russa, tem sua utilização na TFD para tratamento de câncer cutâneo, de cabeça, mucosas e pescoço. Entretanto, sua ação prolongada por volta dos 90 dias é um ponto negativo a ser considerado, podendo, inclusive, limitar seu uso clínico.

FOTOSENSIBILIZADORES DE PRIMEIRA GERAÇÃO				
DERIVADOS	λ	VANTAGENS	DESVANTAGENS	FINALIDADES
PHOTOFRIN®	500-640 nm.	Alta produção de oxigênio singlete	Fotossensibilidade prolongada (sem exposição do paciente à luz visível por 42 dias) Baixa absorção em regiões	Utilizado em TFD Prevenção dos mais diversos tipos de câncer (esôfago em estágio inicial, estômago, pulmão e colo do útero) Potencial de uso em tratamentos ginecológicos
PHOTOGEN®	500-640 nm.	Alta produção de oxigênio singlete	Fotossensibilidade prolongada Absorvem radiação de baixa penetração nos tecidos (baixa eficiência)	Utilizado em TFD Tratamentos de displasia e carcinoma do colo uterino Tratamento de Infecções fúngicas causadas pela Candida albicans, a candidíase oral. Utilização como uma alternativa para o tratamento
PHOTOSAN®	500-640 nm.		Fotossensibilidade prolongada (por volta dos 90 dias) Absorvem radiação de	Utilizado em TFD Tratamento de câncer cutâneo, de cabeça, mucosas e pescoço

Tabela 1: resumo dos fotossensibilizadores de primeira geração (derivados da hematoporfirina)

FOTOSENSIBILIZADORES DE SEGUNDA GERAÇÃO

Os FS da geração anterior apresentavam propriedades indesejáveis que limitavam sua aplicação clínica. Por esse motivo, outros compostos foram desenvolvidos e classificados como de segunda geração (**Tabela 2**). De uma forma geral, os FS dessa geração apresentam como características desejáveis:

- O tempo em que o paciente fica sensível à luz após o uso do fotossensibilizador é mais curto;
- Comprimento de onda superior a 600nm (alta absorção);
- Penetra melhor na superfície cutânea;
- Produção efetiva de oxigênio singlete;
- Se acumula preferencialmente em células tumorais (seletividade);

Os representantes dessa geração são as clorinas, os precursores de porfirinas e as ftalocianinas.

A maior parte dos fotossensibilizadores apresenta estrutura química semelhante à porfirina. No entanto, também existem compostos estruturalmente distintos, como as antraquinonas, a fenotiazinas, os

xantenos e os curcuminóides, que também demonstram potencial terapêutico na TFD.

CLORINAS

As clorinas, derivadas da clorofila, apresentam absorção na região de 630-680 nm, além de outras características que lhes conferem condições ideais para serem utilizadas como fotossensibilizadoras. Elas podem ser aproveitadas na TFD para tratamentos de cânceres na região de cabeça e pescoço, possuindo como vantagem o alto poder de penetração da luz vermelha, o que possibilita o tratamento de danos teciduais mais profundos.

O BPD-MA (nome comercial: Verteporfin ou Visudyne®) é um composto da família das clorinas. É utilizado principalmente em cirurgias oculares. Quando administrado por via intravenosa, acumula-se em vasos sanguíneos anormais, reduzindo o vazamento de fluidos e inibindo o crescimento de vasos indesejados. É associado ao laser de diodo, que emite luz vermelha no comprimento de onda de 680 nm. Além disso,

provoca reduzida sensibilidade da pele à luz, assim como o NPe6, também pertencente à classe das clorinas, utilizado no tratamento de fibrossarcoma, neoplasias no fígado, cérebro, boca e pulmão, com absorção em 664nm.

Ainda da classe das clorinas, tem-se o meso-tetra (3-hidroxifenil) clorina (mTHPC) (nome comercial: Foscan® ou Temoporfin®), que é ativado no comprimento de onda de 652nm, podendo penetrar nos tecidos em até 10mm, o que o torna satisfatório para tratamento de lesões na pele mais espessas. O mTHPC foi aprovado como tratamento para neoplasia de cabeça e pescoço, mama, próstata e pâncreas. Como aspecto negativo, provoca um aumento da sensibilidade da pele à luz, assim como o SnET2, também pertencente à classe das clorinas, utilizado no tratamento de sarcoma de Kaposi e adenocarcinomas de mama, com absorção em 664 nm.

FTALOCIANINAS

As ftalocianinas apresentam absorção da luz em um comprimento de onda entre 650-800nm e provocam sensibilidade cutânea à luz de curta duração, não sendo observado após um dia da sua aplicação atividade fluorescente no tecido tratado. Apesar de suas vantagens, as ftalocianinas, em sua maioria, são pouco solúveis em meio orgânico. Dessa forma, seu uso diretamente no tecido-alvo torna-se inviabilizado, visto que, nesse meio, as moléculas hidrofóbicas desse composto se agregam, o que interfere negativamente na sua eficácia na TFD. Entretanto, existem fármacos que podem ser utilizados para modular as características biológicas das ftalocianinas, de modo a aumentar a sua efetividade fotossensibilizadora.

Em relação a sua aplicação clínica, a Rússia permitiu o uso do Photosen®, uma Ftalocianina na forma comercial, na TFD.

FENOTIAZÍDICOS

Os principais fotossensibilizadores fenotiazídicos são o Azul de Metileno (AM) e o Azul de Tolidina (AT), ambos com absorção máxima de 625nm à 660nm. Eles podem ser utilizados para TFD e possuem propriedades benéficas para isso, como: baixo custo para aquisição, produção de espécies reativas de oxigênio singlete, seletividade que permite a eliminação de células doentes, com a preservação das células saudáveis; podem ser produzidos em larga escala, potente ação antimicrobiana contra fungos, bactérias e vírus, acelera a cicatrização e reduzem inflamações.

O AM é ativado por comprimentos de onda de 630 nm a 670 nm, com pico em 660 nm, sendo muito utilizado no tratamento de infecções de pele, feridas e outras doenças infecciosas. Promove a produção de colágeno e a formação de novos vasos sanguíneos, auxiliando na redução de vermelhidão, dor e inchaço, e demonstrando potencial na destruição de células cancerígenas e doentes.

O AT possui picos de absorção de 620-660 nm e pode ser aplicado nas diversas área odontológicas, como implantodontia e periodontia, sendo o seu uso para tratamento de líquen plano muito aceito e difundido.

CURCUMINA

A curcumina, um composto natural derivado do açafrão-da-terra (*Curcuma longa*), demonstra eficácia em uma variedade de condições, como o câncer (pele, mama, próstata e cólon), doenças infecciosas e inflamatórias. Sua ação antimicrobiana é eficaz contra fungos, bactérias e vírus. A curcumina absorve luz visível na faixa de 400 a 490 nm (azul) ou 490 a 570 nm (verde), transferindo essa energia para o oxigênio molecular e gerando EROs com capacidade seletiva de destruir células doentes, preservando as células saudáveis.

HIPERICINA (ANTRAQUINONA)

A hipericina, derivado natural da antraquinona, está sendo estudada no tratamento de lesões superficiais da pele, como úlceras, feridas e queimaduras. Possui ação antimicrobiana contra fungos, bactérias e vírus. Além disso, tem demonstrado alta eficácia na destruição de células de câncer melanoma. É ativada por comprimentos de onda de 590 a 600 nm (vermelho).

ÁCIDO 5-AMINOLEVULÍNICO (ALA) E METIL AMINOLEVULINATO (MAL)

O Ácido 5-aminolevulínico (ALA) e seu éster, o Metil aminolevulinato (MAL), são precursores da protoporfirina IX (PpIX), um fotossensibilizador forte que se acumula preferencialmente em células doentes. A PpIX é ativada por comprimentos de onda de 400-450 nm (azul) e 630-635 nm (vermelho). Embora o laser azul seja menos eficiente na geração de EROs, ele pode ser associado ao laser vermelho para otimizar certos tratamentos. A seletividade do ALA/MAL permite

minimizar os danos às células saudáveis. O laser vermelho é frequentemente empregado no tratamento de câncer de pele não melanoma e lesões pré-cancerígenas, enquanto o laser azul é utilizado para acne e rosácea.

FOTOSENSIBILIZADORES DE SEGUNDA GERAÇÃO					
CLORINAS	FT	DERIVADOS	λ	VANTAGENS	DESvantagens
-			630-680 nm	Alto poder de penetração da luz vermelha Tratamento de danos teciduais mais profundos	Não encontrado
					Tratamentos de cânceres na região de cabeça e pescoço

Meso-tetra (3-hidroxifenil) clorina (mTHPC) (Foscan® ou Temoporfin®)	NPe6	BPD-MA (Verteporfin ou Visudyne®)
652 nm	664 nm	Associado ao laser de diodo: 680 nm
Pode penetrar nos tecidos em até 10mm, o que o torna satisfatório para tratamento de lesões na pele mais espessas	Provoca reduzida sensibilidade da pele à luz	Administrado intravenosamente, ele se acumula em vasos sanguíneos anormais, reduzindo o vazamento de fluidos e inibindo o crescimento de vasos
Provoca um aumento da sensibilidade da pele à luz	Produção de oxigênio singlete menor que o Foscan® e o Visudyne®	Não encontrado
Tratamento para neoplasia de cabeça e pescoço, mama, próstata e pâncreas.	Fibrossarcoma, Neoplasias no fígado, cérebro, boca e pulmão	Cirurgias oculares

FTALOCIANINAS	
-	SnET2
650-800 nm	664 nm
Sensibilidade cutânea à luz de curta duração, não sendo observado após um dia da sua aplicação atividade fluorescente no tecido tratado	Não encontrado
Pouco solúveis em meio orgânico. *Entretanto, existem fármacos que podem ser utilizados para aumentar a sua efetividade fotossensibilizadora.	Fotossensibilidade aumentada Provoca um aumento da sensibilidade da pele à luz
A Rússia permitiu o uso do Photosen®, uma Ftalocianina na forma comercial, na TFD.	Tratamento de sarcoma de Kaposi e adenocarcinomas de mama.

FENOTIAZÍDICOS			
Azul de Metileno (AM)	-		
630 nm-670 nm	625 nm-660 nm.	Baixo custo para aquisição Produção de espécies reativas de oxigênio singlete Seletividade Produção em larga escala, Ação antimicrobiana Acelera a cicatrização Reduzem inflamações	
Promove a produção de colágeno e a formação de novos vasos sanguíneos, auxiliando na redução de vermelhidão, dor e inchaço, e demonstrando potencial na destruição de células cancerígenas e doentes			
Em concentrações elevadas impede a penetração da luz do FS (perda de eficiência na TFD)	Não encontrado		
Tratamento de infecções de pele, feridas e outras doenças infecciosas. Destruição de células cancerígenas e doentes	Não encontrado		

CURCUMINA	
-	Azul de Toluidina (AT)
400-490 nm (azul) ou 490-570 nm (verde)	620-660 nm
Geram EROs com capacidade seletiva de destruir células doentes, preservando as células saudáveis Ação antimicrobiana	Não encontrado
Toxicidade no escuro	Não encontrado
Tratamento para câncer (pele, mama, próstata e cólon), doenças infecciosas e inflamatórias	Aplicado nas diversas área odontológicas, sendo o seu uso para tratamento de líquen plano muito aceito e difundido

ÁCIDO 5-AMINOLEVULÍNICO (ALA) E METIL AMINOLEVULINATO (MAL)	ANTRAQUINONA
-	Hipericina
400-450 nm + 630-635 nm	590-600 nm
Não encontrado	Ação antimicrobiana
Baixa permeabilidade na membrana celular Pode ser dolorosa a sua aplicação	Não encontrado
Laser vermelho: câncer de pele não melanoma e lesões pré cancerosas Laser azul: acnes e rosácea	Tratamento de lesões superficiais da pele, como úlceras, feridas e queimaduras Alta eficácia na destruição de células de câncer melanoma

Tabela 2: resumo dos fotossensibilizadores de segunda geração

FOTOSENSIBILIZADORES DE TERCEIRA GERAÇÃO

Com o objetivo de ampliar ainda mais as indicações clínicas e aprimorar a efetividade e seletividade dos FS utilizados na TFD, os pesquisadores têm desenvolvido estudos para modificar os FS de segunda geração. Para isso, seriam incorporados fármacos como lipossomas, anticorpos monoclonais (mAbs), monossacarídeos, lipoproteínas de baixa densidade (LDLs), peptídeos, polímeros e nanopartículas (NPs).

Como representantes dessa geração para utilização futura em TFD, estão o Foslip®, encapsulação do Foscan® em lipossomas convencionais, e o Fospeg®, encapsulação do Foscan® em lipossomas peguilhados.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do exposto, conclui-se que a Terapia Fotodinâmica e a Inativação Fotodinâmica são técnicas promissoras para o tratamento profilático e terapêutico de diversos tipos de câncer, além da eliminação eficaz de microrganismos patogênicos. Essas abordagens beneficiam diversas áreas da saúde, como a medicina, a fisioterapia e a odontologia,

possibilitando a muitos pacientes a melhoria da qualidade de vida por meio de tratamentos mais seletivos, seguros e minimamente invasivos.

REFERÊNCIAS

- 1 AL-WATBAN, F. A. B., & AL-DHAMIN, A. F. (2017). Low-level laser therapy (LLLT) in skin wound healing in diabetic patients with different skin types: A randomized controlled trial. **Lasers in Medical Science**, 32(4), 773-779. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28367503/>
- 2 ANDRZEJEWSKA, M. et al. Public perception of pharmacists in Poland. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 19, n. 5, p. 2515, 2022.
- 3 BABINSKI, T. P. et al. Uso da curcumina na terapia fotodinâmica antimicrobiana: uma revisão. Use of curcumin in antimicrobial photodynamic therapy: a review. **Brazilian Journal of Health Review**, v. 5, n. 2, p. 7259-7271, 2022.
- 4 BRASIL. INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER (INCA). Tipos de câncer. Rio de Janeiro: **INCA**, 2022. Atualizado em 26 jun. 2025. Disponível em: <https://www.inca.gov.br/tipos-de-cancer>. Acesso em: 21 jul. 2025.

5 BRASIL. SOCIEDADE BRASILEIRA DE DERMATOLOGIA. **Câncer da pele**. Rio de Janeiro: SBD, [s.d.]. Disponível em: <https://www.sbd.org.br/doencas/cancer-da-pele/> Acesso em: 21 jul. 2025.

6 CARBINATTO, F. M. Fotossensibilizadores. In: Junior A. E. A. et al. **Simplificando a Terapia Fotodinâmica para Profissionais da Saúde – versão revisada e estendida**. São Carlos: Gráfica IFSC/USP, 2023. p. 50-80.

7 DA SILVA, M. D. et al. Terapia fotodinâmica na endodontia: relato de caso. **Revista da OARF**, v. 3, n. 1, p. 29-35, 2019.

8 DE OLIVEIRA, Kleber Thiago et al. Conceitos Fundamentais e Aplicações de Fotossensibilizadores do tipo Porfirinas, Clorinas e Ftalocianinas em Terapias Fotônicas. **Revista Virtual de Química**, v. 7, n. 1, p. 310-335, 2015.

9 EDUARDO, C. P. et al. A terapia fotodinâmica como benefício complementar na clínica odontológica. **Revista da associação paulista de cirurgiões dentistas**, v. 69, n. 3, p. 226-235, 2015.

10 INADA, N. M. et al. Fotossensibilizadores. In: Junior A. E. A. et al. **FERIDAS UM DESAFIO PARA A SAÚDE PÚBLICA**. São Carlos: Editora, 2019. p. 51-64.

11 KIM, Y. M., KIM, S. E., LEE, S. K., & JEONG, M. J. (2018). Safety and Efficacy of Low-Level Laser Therapy in Patients with Skin Phototypes V and VI: A Pilot Study. **Journal of Cosmetic and Laser Therapy**, 20(4), 216-220.

12 MORREY, C. BMC Pharmacology and Toxicology reviewer acknowledgement 2015. **BMC Pharmacology & Toxicology**, v. 17, p. 6, 2016.

13 NATAL, A. M. D.; IMASATO, H. Influência do pH na interação do Photofrin®, Photogem® e Photosan® com DMPC e lipoproteína de baixa densidade. **UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**, 2006.

14 PAE, Chi-Un et al. Immediate versus gradual suspension of previous treatments during switch to aripiprazole: results of a randomized, open

label study. **European Neuropsychopharmacology**, v. 19, n. 8, p. 562-570, 2009.

15 PINHEIRO, A. L. B.; ALMEIDA, P. F.; SOARES, L. G. P. Princípios fundamentais dos lasers e suas aplicações. In: **Biotecnologia Aplicada à Agro&Indústria-Vol. 4**. São Paulo: Blucher, 2017. p. 815-894.

16 RUDOL, F., et al. Hypericin-Mediated Photodynamic Therapy for Head and Neck Cancers: A Systematic Review. **Biomedicines**. 2025 Jan 13;13(1):181. Disponível em: Hypericin-Mediated Photodynamic Therapy for Head and Neck Cancers: A Systematic Review - PMC.

17 SCHAEFFER, B. et al. Terapia fotodinâmica na endodontia: revisão de literatura. **Journal of Oral Investigations**, v. 8, n. 1, p. 86-99, 2019.

18 TAHA, Nadia et al. The effects of low-level laser therapy on wound healing and pain management in skin wounds: a systematic review and meta-analysis. **Cureus**, v. 16, n. 10, 2024.

19 VILLAVICENCIO, A. M. S.; ZAPATA-SIFUENTES, M. Efectividad de la curcumina como terapia fotodinámica para los procedimientos de endodoncia: una revisión narrativa. **Revista Científica Odontológica**, v. 12, n. 2, p. e200, 2024.