

## Métodos Fototerapêuticos de relevância clínica

### Phototherapeutic Methods of clinical relevance

### Métodos fototerapêuticos de relevancia clínica

Recebido: 28/03/2022 | Revisado: 07/04/2022 | Aceito: 08/04/2022 | Publicado: 14/04/2022

#### Leonardo Marmo Moreira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1792-1741>  
Universidade Federal de São João Del Rei, Brasil  
E-mail: [leonardomarmo@gmail.com](mailto:leonardomarmo@gmail.com)

#### Alexandre de Oliveira Teixeira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9016-8311>  
Universidade Federal de São João Del Rei, Brasil  
E-mail: [ateixeira@ufsj.edu.br](mailto:ateixeira@ufsj.edu.br)

#### Juliana Pereira Lyon

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9016-8311>  
Universidade Federal de São João Del Rei, Brasil  
E-mail: [julianalyon@ufsj.edu.br](mailto:julianalyon@ufsj.edu.br)

#### Resumo

Os métodos fototerapêuticos constituem uma área muito interdisciplinar e aplicada, sendo associados a várias ciências básicas e aplicadas. As técnicas fototerápicas têm sido cada vez mais utilizadas em diversas áreas da saúde, tais como medicina, odontologia e veterinária. “Fotobiomodulação”, “Laserterapia”, “Low-level laser therapy” (LLLT) ou “Low-level light therapy” (LLLT) consistem em diferentes nomenclaturas pelas quais são conhecidos alguns desses procedimentos fototerapêuticos. Variando o tipo de fonte de luz, abrangendo lasers, LEDs, luz policromática branca, entre outros, tais procedimentos têm originado excelentes resultados na minimização da dor e na aceleração do processo de cicatrização, inclusive em cuidados pós-operatórios, entre outras aplicações. Diferentemente, da Terapia Fotodinâmica (TFD), a qual é muito aplicada em casos de câncer e de doenças infecciosas, entre outros, nas técnicas fototerápicas, como a “fotobiomodulação”, não ocorre a adição do agente fotossensibilizante ou fotossensibilizador (FS) exógeno. Portanto, a “fotobiomodulação” faz uso de uma espécie de ativação de espécies químicas endógenas, abrangendo grupos cromóforos e/ou corantes presentes no tecido biológico-alvo. As características gerais desse tipo de técnica fototerápica são analisadas e as perspectivas futuras de ampliação desse tipo de aplicação em medicina humana e veterinária são muito promissoras, tanto em função da eficácia terapêutica como pelo baixo custo dos respectivos dispositivos e procedimentos.

**Palavras-chave:** Fonte de luz; Fotobiomodulação; Fototerapia; Terapia a laser.

#### Abstract

The “phototherapeutic methods” constitute a very interdisciplinary and applied area, which is associated to several fundamental and applied sciences. Phototherapy techniques have been increasingly used in several areas of health, such as medicine, dentistry and veterinary medicine. “Photobiomodulation”, “Laser therapy”, “Low-level laser therapy” (LLLT) or “Low-level light therapy” (LLLT) consist in different names that are recognized some of these phototherapeutic procedures. Varying the type of light source, including lasers, LEDs, white polychromatic light, between others, these procedures have originated excellent results to decrease the pain and to increase the process of the healing process, including postoperative care, among other applications. Unlike Photodynamic Therapy (PDT), which is widely applied in cases of cancer and infectious diseases, between others, in phototherapy techniques, such as “photobiomodulation”, exogenous photosensitizers or photosensitizing (PS) agents are not added. Therefore, the “photobiomodulation” makes use of a kind of activation of endogenous chemical species, including chromophore groups and/or dyes present in the target biological tissue. The general characteristics of this type of phototherapy technique are analyzed and the future perspectives of expanding this type of application in veterinary medicine are very promising, both in terms of therapeutic efficacy and the low cost of the respective devices and procedures.

**Keywords:** Light source; Photobiomodulation; Phototherapy; Laser therapy.

#### Resumen

Los métodos fototerapêuticos constituyen un área muy interdisciplinar y aplicada, estando asociados a varias ciencias básicas y aplicadas. Las técnicas de fototerapia se han utilizado cada vez más en varias áreas de la salud, como la medicina, la odontología y la medicina veterinaria. “Fotobiomodulación”, “Laserterapia”, “Low-lever laser therapy” (LLLT) o “Low-level light therapy” (LLLT) consisten en diferentes nomenclaturas por las que se conocen algunos de estos procedimientos fototerapêuticos. Variando el tipo de fuente de luz, incluyendo láseres, LEDs, luz policromática

blanca, entre otros, tales procedimientos han generado excelentes resultados en la minimización del dolor y acelerando el proceso de curación, incluyendo el cuidado postoperatorio, entre otras aplicaciones. A diferencia de la Terapia Fotodinámica (TFD), que se aplica ampliamente en casos de cáncer y enfermedades infecciosas, entre otros, en técnicas de fototerapia como la “fotobiomodulación” no se produce la adición de agentes exógenos fotosensibilizantes o fotosensibilizadores (PS). Por lo tanto, la “fotobiomodulación” hace uso de un tipo de activación de especies químicas endógenas, que abarcan grupos cromóforos y/o colorantes presentes en el tejido biológico diana. Se analizan las características generales de este tipo de técnica de fototerapia y las perspectivas futuras de expandir este tipo de aplicación en medicina veterinaria son muy prometedoras, tanto en términos de eficacia terapéutica como del bajo costo de los respectivos dispositivos y procedimientos.

**Palabras clave:** Fuente de luz; Fotobiomodulación; Fototerapia; Laserterapia.

## 1. Introdução

As chamadas técnicas fototerapêuticas ou fototerápicas constituem procedimentos extremamente promissores em diversos campos da área de saúde. Com crescentes aplicações em medicina humana e veterinária, além de odontologia e outros setores de atuação clínica, as “técnicas fototerapêuticas” caracterizam-se por serem procedimentos extremamente aplicados e de fácil manuseio na clínica, mas, ao mesmo tempo, associados a amplos pré-requisitos conceituais em termos de ciências básicas. De fato, o conhecimento de conceitos de física, química e biologia é fundamental para o entendimento dos princípios fundamentais associados a esses procedimentos assim como para a previsão de seu potencial eficácia em cada tipo de seus vários objetivos terapêuticos.

A terapia conhecida como “Low-level laser (light) therapy” (LLL), fototerapia ou fotobiomodulação utiliza fótons produzidos por uma fonte de luz (principalmente por LEDs, isto é, “diodos emissores de luz”) em diferentes comprimentos de onda para influenciar a atividade biológica, em uma irradiação não-térmica (Godine, 2013). Portanto, essa técnica emprega um laser de baixa potência ou um diodo emissor de luz (LED) e, diferentemente de outros tratamentos médicos a laser, não consiste em uma técnica de corte ou aquecimento (Hirschberg, 2013).

A questão sobre a nomenclatura desse tipo de terapia tem gerado muitos debates na literatura, pois ela tem recebido vários nomes. Expressões como “cold laser”, “low-level laser therapy”, fototerapia e “low-level light therapy” (LLL) têm sido empregadas. De forma consensual, tem sido estabelecido que fotobiomodulação é “uma forma de terapia com luz que emprega formas não-ionizantes, incluindo lasers, diodos emissores de luz (LEDs), luz branca ou luz policromática de larga faixa espectral, nas regiões espectrais do visível e do espectro infravermelho” (Anders, 2015). Portanto, a fotobiomodulação constitui um “uso terapêutico da luz, a qual é absorvida por cromóforos encontrados no organismo, visando à estimulação de reações não lesivas e não térmicas dentro da célula, que implicam em um resultado terapêutico benéfico” (Anders, 2015).

### 1.1 Os cromóforos endógenos e as fontes de luz

Entende-se cromóforo ou grupo cromóforo como a parte ou conjunto de átomos de uma molécula, frequentemente formado por grupos funcionais orgânicos, que apresentam significativa absorção de luz na região espectral do ultravioleta próximo ou visível. Normalmente, para haver absorção nessas faixas espectrais do ultravioleta-visível (UV-vis), os grupos químicos devem apresentar duplas ligações, uma vez que as transições pi-pi antiligante ( $\pi-\pi^*$ ) ou n-pi antiligante ( $n-\pi^*$ ) costumam ser bem menos energéticas que as transições sigma-sigma antiligante ( $\sigma-\sigma^*$ ), conhecidas por absorverem basicamente na região espectral do ultravioleta.

Grupos cromóforos tais como os grupos porfirínicos presentes em grupos prostéticos de proteínas conjugadas, como, por exemplo, as hemoproteínas, podem atuar de forma significativa em diversos tipos de técnicas fototerápicas. Portanto, proteínas como a mioglobina e hemoglobina podem atuar na absorção da luz emitida pela fonte de radiação eletromagnética.

Dependendo do tipo de fonte de luz empregada no método fototerapêutico, podemos ter a incidência de uma faixa mais “larga” do espectro eletromagnético ou de uma faixa mais “estreita” do espectro, podendo ser até mesmo considerada

monocromática. Essas diferentes possibilidades fazem com que a probabilidade do fenômeno quântico varie significativamente, dependendo não somente dessa ampla gama de variações da fonte de Energia eletromagnética como dos grupos cromóforos predominantes no tecido biológico que estiver recebendo a incidência dos respectivos fótons.

Em se tratando de fonte de luz UV-vis, o fenômeno quântico observado tende a ser o chamado “salto quântico eletrônico”, ou seja, o elétron, absorvendo um fóton de energia específica, é promovido a um estado de maior energia, chamado estado excitado. Esse fenômeno dá-se, basicamente, com a mudança de orbital por parte do elétron, deixando um orbital de menor energia (estado fundamental) para um orbital de maior energia (estado excitado). Após um determinado intervalo de tempo, chamado “tempo de vida no estado excitado”, inicia-se um processo chamado de “relaxação”, ou seja, o elétron tende a perder a energia absorvida, o que pode estar associado a diferentes processos, sejam eles fotofísicos ou fotoquímicos. De fato, nessas vias de relaxação do composto primeiramente excitado, pode haver uma transferência de energia para outros compostos vizinhos, gerando outros processos de excitação secundária.

No caso do meio biológico, o número de espécies químicas é muito elevado nos mais diversos tecidos, fazendo com que uma excitação significativa de um determinado grupo cromóforo ou corante propicie, em um segundo momento, excitações de outras espécies químicas. Assim, uma série de processos fotofísicos e fotoquímicos podem acontecer gerando diversas implicações biológicas.

Quanto mais “larga” for a faixa espectral característica da fonte de luz empregada no método fototerapêutico, maior número de grupos cromóforos presentes no tecido biológico poderá ser excitado, gerando uma variedade muito maior de consequências fotofísicas, fotoquímicas e fotobiológicas em comparação com um feixe de luz monocromática. Por outro lado, quando se analisa a intensidade da radiação incidente em termos de números de fótons, deve-se levar em consideração que, em feixes policromáticos excessivamente largos do ponto de vista espectral, nem toda a intensidade de fótons corresponde a um determinado comprimento de onda ( $\lambda$ ) que se deseja atingir, ou seja, o comprimento de onda ( $\lambda$ ) de máxima absorção do cromóforo de interesse.

## 1.2 Os efeitos biológicos da ação fototerápica

LLLT tem sido empregada em medicina veterinária em uma ampla variedade de especialidades, incluindo ortopedia, neurologia, e dermatologia (Godine, 2013).

A laser terapia, por exemplo, tem sido identificada como uma técnica que altera as respostas imunológicas e inflamatória, além de promover a cicatrização de vários tecidos biológicos (Hochman, 2018). De fato, interessantes resultados da aplicação de “laser terapia” em cães foram obtidos a partir de esforços associados a procedimentos visando à cicatrização pós-cirúrgica (Wardlaw, 2019). Fotobiomodulação fluorescente, por exemplo, tem sido empregada de forma promissora em dermatologia canina (Marchegiani, 2021).

Em odontologia, a fotobiomodulação também tem sido empregada com excelentes resultados, sobretudo no que se refere à diminuição da dor (Frare, 2008; Pacheco, 2018). De fato, o aumento da vascularização, a diminuição da inflamação e a diminuição da dor são alguns efeitos interessantes que odontólogos têm observado em aplicações isoladas da fotobiomodulação bem como em utilização como procedimento coadjuvante de outras estratégias associadas a analgesia, anestesia e ação anti-inflamatória (Nadhreen, 2019; Caccianiga, 2020).

Em concordância com Cotler and co-workers (Cotler, 2016), os efeitos fotoquímicos de LLLT poderiam ser comparados com o processo de fotossíntese observado nas plantas, no qual os fótons, que são absorvidos por fotorreceptores celulares, ativam mudanças químicas.

Apesar de vários interessantes resultados a partir de experimentos conduzidos *in vitro*, em modelos animais e em testes clínicos controlados em grupos “randomizados”, a LLLT ainda causa controvérsias (Hamblin, 2006). De acordo com

esses autores, (Hamblin e colaboradores), isso ocorre, provavelmente, devido a dois motivos: em primeiro lugar, em função dos mecanismos bioquímicos, que são os processos intrínsecos aos efeitos positivos observados, não serem completamente compreendidos; e, em segundo lugar, devido à complexidade do processo de escolha racional entre um grande número de parâmetros de iluminação, tais como comprimento de onda, fluência, potência, estrutura de pulso e tempo de tratamento etc (Hamblin, 2006). Tal complexidade e falta de padronização faz com que tanto resultados positivos como resultados negativos sejam publicados, sem um avanço em termos de definição das estratégias eficientes e igualmente sem uma explicação consistente das razões pelas quais uma determinada escolha pode contribuir ou prejudicar o resultado do processo fototerápico. De fato, a compreensão dos parâmetros fundamentais para a penetração da luz em tecidos biológicos, por exemplo, permitiria uma avaliação da dosagem correta de luz a ser incidida sobre determinado tecido ou órgão, de um determinado paciente com determinadas particularidades e necessidades clínicas (Pryor, 2015).

O aprofundamento do conhecimento a respeito dos princípios gerais associados à ação fototerápica poderia, realmente, auxiliar os clínicos a maximizar os resultados possíveis, extraindo uma maior produtividade desse tipo de técnica. De fato, mesmo variando a fonte de luz (ou seja, o dispositivo utilizado como fonte de radiação eletromagnética), os princípios gerais da ação fototerápica tendem a seguir as mesmas etapas, de uma maneira geral. A interação entre a energia radiante (E. R.) e o tecido biológico resulta em uma cascata de eventos bioquímicos e fisiológicos, a qual proporciona analgesia, controle da reação inflamatória e aumento da microcirculação, entre outras consequências bioquímico-fisiológicas (Riegel & Godbold Jr., 2017).

Objetivando a otimização dos procedimentos terapêuticos em fototerapia, diversos parâmetros técnicos têm sido mensurados. Pesquisadores têm avaliado comparativamente diferentes comprimentos de onda das fontes de luz a fim de determinar a penetração nos tecidos biológicos. Por exemplo, Hudson e colaboradores (Hudson, 2013) identificaram que o comprimento de onda de 808 nm penetra 54% mais profundamente do que 980 nm em tecido bovino. De fato, a Fotobiomodulação (FBM) é um tratamento baseado na irradiação de certos comprimentos de onda do vermelho ou da luz próxima ao infravermelho para produzir diversos efeitos em células e tecidos, de origens animais e humanas (Heiskanen, 2018). De fato, atualmente, essa terapia, utilizando radiações eletromagnéticas do vermelho ao “infravermelho-próximo”, tem sido empregada em medicina humana para aplicações no cérebro, visando ao tratamento, ou pelo menos ao controle, de uma grande variedade de condições neurológicas e psicológicas (Salehpour, 2018). Isso denota o grande potencial de aplicações que vem sendo descortinado para os próximos anos.

### **1.3 A popularização crescente das técnicas fototerápicas**

Pesquisas recentes têm demonstrado um crescente emprego, por parte de clínicas veterinárias, de técnicas fototerápicas. Por exemplo, Barger and co-workers (Barger, 2020) desenvolveram uma interessante pesquisa com médicos veterinários de Missouri, Estados Unidos, a fim de avaliar a frequência de uso e a viabilidade econômica de LLLT para o tratamento de osteoartrite em cães. Quase metade dos veterinários consultados (43%) possuíam em suas clínicas unidades de LLLT, sendo que todos esses utilizavam tais dispositivos para o tratamento da artrite óssea canina. Interessantemente, entre os veterinários consultados que não possuíam tais recursos, 20% encaminharam seus pacientes para o tratamento com LLLT (Barger, 2020).

### **1.4 Estudo comparativo entre Terapia Fotodinâmica (TFD) e Fotobiomodulação**

Os trabalhos focados sobre ação fotodinâmica, a partir de fontes de luz coerente ou não-coerente, são empregados para excitação eletrônica do fotosensibilizador ou agente fotosensibilizante (FS) com o objetivo de propiciar a sequência de eventos da ação fotodinâmica (Calin, 2009).

O agente fotossensibilizante (FS) utilizado em Terapia Fotodinâmica (TFD), portanto, é um corante escolhido especificamente para absorver um determinado comprimento de onda ( $\lambda$ ), o qual deve corresponder à luz da fonte de energia eletromagnética utilizada. No caso da fotobiomodulação, não se adiciona corantes exógenos ao tecido biológico e a ação da fonte de luz deve realmente ser focada nos próprios cromóforos e/ou grupos corantes endógenos do próprio tecido biológico iluminado pela fonte de luz, os quais são ativados a fim de gerar respostas biológicas.

Assim sendo, na fotobiomodulação, os cromóforos presentes no tecido biológico-alvo constituem espécies químicas que se quer interagir com a luz, para, uma vez ativadas, gerar os efeitos fotofísicos, fotoquímicos e fotobiológicos de interesse clínico. Na Terapia Fotodinâmica (TFD), ocorre o contrário, ou seja, corantes como melanina, hemoglobina e mioglobina, entre outros, os quais podem estar presentes em significativa concentração nos tecidos-alvo, constituem concorrentes do agente fotossensibilizante (FS) em relação aos fótons incididos.

Na TFD, todos os processos bioquímicos esperados (seja através de mecanismo TIPO I, isto é, via radicais livres; ou por meio de mecanismo TIPO II, que equivale a dizer, via oxigênio singlete ( $^1O_2$ )), utilizado para iniciar a cascata de processos fotofísicos, fotoquímicos e fotobiológicos, passam pela excitação eletrônica do FS. Portanto, todas as estratégias iniciais da TFD giram em torno de se obter o máximo de rendimento quântico de excitação do corante exógeno (FS) adicionado ao tecido-alvo. Para isso, seria interessante que o comprimento de onda de máxima absorção ( $\lambda_{max}$ ) do FS, e, por consequência, da fonte de luz utilizada, fossem os mais coincidentes possível entre si. Além disso, esse referido comprimento de onda ( $\lambda_{max}$ ) deveria ser o mais distanciado possível dos comprimentos de onda de máxima absorção ( $\lambda_{max}$ ) dos corantes mais significativos presentes nesse respectivo meio biológico alvo. Por sua vez, na fotobiomodulação, não havendo adição de corante exógeno, busca-se gerar os efeitos clínicos esperados interagindo a luz justamente com muitos dos cromóforos dos quais se quer evitar a interação na TFD.

### **1.5 Os tecidos-alvo preferenciais das técnicas fototerapêuticas**

Uma das vantagens das técnicas fototerapêuticas é que elas seriam apenas minimamente invasivas, ou seja, bem menos invasivas do que muitos dos procedimentos clínicos mais tradicionais. Isso é verdade, se considerarmos que tais técnicas têm sido empregadas em tecidos mais acessíveis às fontes de luz, ou seja, tecidos biológicos mais externos e acessíveis. Portanto, compreende-se facilmente o grande sucesso desses procedimentos em tratamentos dermatológicos e regiões mais acessíveis às fontes de luz, tais como a boca e a garganta, entre outros. A título de exemplo, podemos citar o interessante trabalho de Diniz e colaboradores (Diniz, 2021), que obtiveram uma significativa redução na necrose de língua de um cão a partir de fotobiomodulação, gerando uma reparação tecidual rápida e permanente nesse paciente.

### **1.6 As técnicas fototerápicas são viáveis economicamente?**

Uma das questões mais frequentes levantadas diz respeito à acessibilidade econômica das estratégias fototerápicas. Um ponto interessante que deve ser enfatizado é o crescimento, cada vez mais intenso, das aplicações fototerápicas, tanto em medicina humana como em medicina veterinária. Assim sendo, a popularização desse tipo de técnica tem tornado seus dispositivos cada vez mais baratos e acessíveis para clínicos de diferentes áreas de atuação.

A chamada “fotobiomodulação terapêutica” têm se tornado cada vez mais disseminada em vários setores de atuação clínica, o que tem ampliado o interesse econômico bem como tornado mais acessível economicamente cada dispositivo empregado na técnica, no que se refere a aquisições no varejo. De fato, em medicina humana, a “fotobiomodulação” atinge setores muito diferenciados que vão desde rejuvenescimento facial até perda de peso. Além disso, em alguns casos, os dispositivos são adquiridos não somente para aplicação clínica propriamente considerada, mas até para uso domiciliar (Glass, 2021). De fato, novas aplicações estão sendo consideradas e testadas, inclusive para alguns dos mais desafiadores problemas

de saúde da atualidade, e, certamente, a amplitude de utilização dos procedimentos fototerápicos tende a crescer substancialmente nos próximos anos (Pryor, 2015).

## 2. Considerações Finais

A popularização das técnicas fototerápicas vem apresentando um crescimento constante em diversas áreas da saúde (Sun, 2004). Na medicina humana, observa-se especial desenvolvimento para as aplicações fototerapêuticas na área da dermatologia; na medicina veterinária, temos identificado uma crescente aplicação em diferentes tipos de afecções (e mesmo em diferentes espécies, sobretudo na área “pet”); em odontologia, o destaque especial é centrado no controle da dor e da inflamação, principalmente como coadjuvante das metodologias farmacológicas convencionais; e na fisioterapia, observamos uma tendência semelhante àquela observada nos estudos e tratamentos clínicos odontológicos, o que equivale a afirmar que o controle da dor e da inflamação correspondem a grande parte das iniciativas de aplicação fototerapêutica (Saraiva, 2021).

De fato, em experimentos com ratas Wistar têm sido observada, após a terapia com fotobiomodulação, aceleração de recuperação funcional, aumento da angiogênese, e redução de peroxidação lipídica em músculos desnervados (Nascimento, 2021), o que ilustra essa ampla gama de aplicações na área de saúde.

Em medicina humana, a fotobiomodulação está mais consolidada em comparação com a aplicação fototerápica em medicina veterinária. No entanto, o crescimento do emprego das técnicas fototerapêuticas em veterinária tem sido muito pronunciado nos últimos anos. A sua eficácia na eliminação ou pelo menos na diminuição da dor e na aceleração do processo de cicatrização em uma série de lesões torna a fototerapia uma excelente alternativa o tratamento de uma gama de enfermidades, com destaque para cuidados pós-operatórios. De fato, a analgesia, a ação anti-inflamatória, a reparação tecidual e a melhoria de aspectos cosméticos são algumas das principais indicações das técnicas de “fotobiomodulação”, em função de diversos resultados significativos. Além disso, cada vez mais, os dispositivos e recursos utilizados nessas técnicas têm se tornado menos dispendiosos economicamente, ampliando o número de clínicas, de diferentes perfis, que possuem, por exemplo, uma unidade de LLLT.

O presente trabalho discute alguns pré-requisitos conceituais para o entendimento das técnicas fototerápicas, analisando alguns interessantes resultados publicados na literatura, permitindo inferir as auspiciosas tendências de crescimento das técnicas fototerápicas em diversos tipos de aplicação clínica.

## Referências

- Anders, J. J., Lanzafame, R. J., & Arany, P. R. (2015). Low-level light/laser therapy versus photobiomodulation therapy. *Photomedicine and Laser Surgery*, 33(4), 183-184. 10.1089/pho.2015.9848.
- Barger, B. K., Bisgues, A. M., Fox, D. B., & Torres, B. (2020). Low-Level Laser Therapy for Osteoarthritis Treatment in Dogs at Missouri Veterinary Practice. *Journal of the American Animal Hospital Association*, 56(3), 139-145. 10.5326/JAAHA-MS-6851.
- Caccianiga, G., Perillo, L., Portelli, M., Baldoni, M., Galletti, C., & Gay-Escoda, C. (2020). Evaluation of effectiveness of photobiostimulation in alleviating side effects after dental implant surgery. A randomized clinical trial. *Medicina Oral, Patologia Oral y Cirugia Bucal*, 25(2), e277–e282. 10.4317/medoral.23336
- Calin M. A., & Parasca, S. V. (2009). Light sources for photodynamic inactivation of bacteria. *Lasers in Medical Science*, 24(3), 453-460. 10.1007/s10103-008-0588-5.
- Cotler, H. B., Chow, R. T., Hamblin, M. R., & Carroll, J. (2015). The Use of Low Level Laser Therapy (LLLT) For Musculoskeletal Pain. *MedCrave Online Journal of Orthopedics & Rheumatology (MOJOR)*, 2(5), 00068. 10.15406/mojor.2015.02.00068
- Diniz, C. M., Diniz, R. C., Santos, W. G., & Freitas, P. M. C. (2021). Fotobiomodulação no tratamento de necrose de língua em cão. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 4(3), 4330-4335. 10.34188/bjaerv4n3-118
- Frare, J. C., & Nicolau, R. A. (2008). Análise clínica do efeito da fotobiomodulação laser (GaAs – 904 nm) sobre a disfunção temporomandibular. *Revista Brasileira de Fisioterapia*, 12(1), 37-42.

- Glass, G. E. (2021). Photobiomodulation: A review of the molecular evidence for low level light therapy, *Journal of Plastic, Reconstructive & Aesthetic Surgery*, 74(5), 1050-1060. 10.1016/j.bjps.2020.12.059.
- Godine, R. L. (2013). Low Level Laser Therapy (LLLT) in Veterinary Medicine, *Photomedicine and Laser Surgery*, 32(1), 1-2. DOI:10.1089/pho.2013.9867
- Hamblin, M. R., & Demidova, T. N. (2006). Mechanisms of Low Level Light Therapy, *Proceedings of SPIE – The International Society for Optical Engineering*, 6140, 614001-12. <https://doi.org/10.1117/12.646294>
- Heisnaken, V., & Hamblin, M. R. (2018). Photobiomodulation: laser vs. light emitting diodes? *Photochemical & Photobiological Sciences*, 17(8), 1003-1017. DOI <https://doi.org/10.1039/C8PP00176F>
- Hirschberg, R. E., Godine, R. L., Schubert, T., & Carrol, J. (2013). Introduction to Low Level Laser / Light Therapy (LLLT) for Veterinarians, *THOR Photomedicine Ltd.*
- Hochman, L. (2018). Photobiomodulation Therapy in Veterinary Medicine: A Review, *Topics in Companion Animal Medicine*, 33(3), 83-88. 10.1053/j.tcam.2018.06.004.
- Hudson, D. E., Hudson, D. O., Winger, J. M., & Richardson, B. D. (2013). Penetration of Laser Light at 808 nm and 980 nm in Bovine Tissue Samples, *Photomedicine and Laser Surgery*, 31(4), 163-168. <https://doi.org/10.1089/pho.2012.3284>
- Marchegiani, A., Spaterna, A., & Cerquetella, M. (2021). Current Applications and Future Perspectives of Fluorescence Light Energy Biomodulation in Veterinary Medicine, *Veterinary Sciences*, 8(2), 20. 10.3390/vetsci8020020
- Nadhreen, A. A., Alamoudi, N. M., & Elkhodary, H. M. (2019). Low-level laser therapy in dentistry: Extra-oral applications, *Nigerian Journal of Clinical Practice*, 22(10), 1313-1318. 10.4103/njcp.njcp\_53\_19
- Nascimento, J. J. A. C., Machado, A. S. D., Della-Santa, G. M. L., Fernandes, D. C., Ferreira, M. C., Machado, G. A. P., Chaves, B. C. G., Costa, K. B., Rocha-Vieria, E., Oliveira, M. X., Gaiad, T. P., & Santos, A. P. (2021). Efeitos da terapia de fotobiomodulação na recuperação funcional, na angiogênese e no estado redox em músculo desnervado de ratos, *Einstein (São Paulo)*, 19, 1-9. 10.31744/einstein\_journal/2021AO6001
- Pacheco, J. A., & Schapochnik, A. (2018). Fotobiomodulação, com laser de baixa intensidade, fotobiomodulação, nos músculos mastigatórios masseter e temporal para tratamento de bruxismo. *Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento*, 7(9), 114-120.
- Pryor, B., & Millis, D. L. (2015). Therapeutic laser in veterinary medicine, *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 45(1), 45-56. 10.1016/j.cvsm.2014.09.003
- Riegel, R. J., & Godbold Jr., J. C. (2017). *Laser Therapy in Veterinary Medicine: Photobiomodulation*, John Wiley & Sons, Inc. Print. 10.1002/9781119220190
- Salehpour, F., Mahmoudi, J., Kamari, F., Sadigh-Eteghad, S., Rasta, S. H., & Hamblin, M. R. (2018). Brain Photobiomodulation Therapy: a Narrative Review, *Molecular Neurobiology*, 55(8), 6601-6636. 10.1007/s12035-017-0852-4.
- Saraiva, A. R., Cavalcante, I. A., & Pessoa, D. R. (2021). Avaliação dos efeitos da fotobiomodulação por laser de baixa intensidade sobre a dor em pacientes com dor lombar crônica: revisão integrativa, *Revista Saúde (Santa Maria)*, 47(1), <https://doi.org/10.5902/2236583463262>
- Sun, G., & Tunér, J. (2004). Low-level laser therapy in dentistry, *Dental Clinics of North America*, 48(4), 1061-1076. 10.1016/j.cden.2004.05.004.
- Wardlaw, J. L., Gazzola, K. M., Wagoner, A., Brinkman, E., Burt, J., Butler, R., Gunter, J. M., & Senter, L. H. (2019). Laser Therapy for Incision Healing in 9 Dogs, *Frontiers in Veterinary Science*, 29 <https://doi.org/10.3389/fvets.2018.00349>