INOVAÇÕES EM IMPLANTODONTIA: explorando a fotobiomodulação como terapia complementar

INNOVATIONS IN IMPLANTODONTICS: exploring photobiomodulation as a complementary therapy

Alexandre Henrique Silva Fortes*
André Gusman Garcia de Oliveira*
Matheus Machado Aguilera*
Renan Augusto Santos Souza*
Aline de Barros Nóbrega Dias Pacheco Bersi**

Resumo: O implante dentário no tratamento para dentes ausentes está ganhando cada vez mais destaque na área odontológica. Atualmente a laserterapia ou fotobiomodulação é um procedimento coadjuvante com o objetivo de diminuir a dor e a inflamação. A laserterapia de baixa intensidade é um mecanismo de luz que aumenta o número celular através dessa incitação provocada de maneira fotoativa acelerando, assim, a cicatrização do tecido peri-implantar e auxiliando também na sua osseointegração. A laserterapia quando aplicada em todas as fases do implante dentário, age de maneira sinérgica com os processos de recuperação do paciente para que auxilie na adequação do meio e otimize os fatores terapêuticos. A natureza do problema estudado envolve a necessidade de entender a importância da fotobiomodulação para a melhora da osseointegração, desinfecção do leito cirúrgico, redução da inflamação, tratamento complementar da peri-implantite e estabelecimento de padrões de incidência na implantodontia. O método utilizado na pesquisa consiste em uma revisão de literatura, utilizando como fontes de pesquisa os bancos de dados PubMed, Google Acadêmico e Scielo. Foram selecionados 33 artigos originais publicados no período de 2013 a 2024, com foco na análise crítica da eficácia da fotobiomodulação em diversos aspectos relacionados à implantodontia. O objetivo dessa pesquisa é trazer benefícios do tratamento de fotobiomodulação frente ao processo de osseointegração, desinfecção de leito e como auxílio terapêutico no tratamento de implante dentário. Conclui-se que a padronização de protocolos específicos na terapia fotobiomodulação é essencial para resultados consistentes, intensificando a neoformação óssea e proporcionando efeitos analgésicos e anti-inflamatórios significativos.

Palavras-chave: terapia com luz de baixa intensidade; implantes dentários; odontologia.

Abstract: Dental implants in the treatment of missing teeth are gaining more and more prominence in the dental field. Laser therapy or photobiomodulation is currently an adjunctive procedure aimed at reducing pain and inflammation. Low-intensity laser therapy is a light mechanism that increases cell numbers through photoactive incitement, thus accelerating the healing of peri-implant tissue and helping with osseointegration. When applied at all stages of dental implantation, laser therapy acts synergistically with the patient's recovery processes to help adapt the environment and optimize therapeutic factors. The nature of the problem studied involves the need to understand the importance of photobiomodulation in improving osseointegration, disinfecting the surgical bed, reducing inflammation, complementary treatment of peri-implantitis and establishing incidence patterns in implant dentistry. The research method consisted of a literature review, using the PubMed, Google Scholar and Scielo databases as search sources. A total of 33 original articles published between 2013 and 2024 were selected, focusing on a critical analysis of the efficacy of photobiomodulation in various aspects related to implant dentistry. The aim of this research is to provide benefits of

* Aluno do 9º período do Curso de Odontologia da Universidade de Sorocaba.
** Docente do Curso de Odontologia da Universidade de Sorocaba. aline.bersi@prof.uniso.br.

photobiomodulation treatment in relation to the osseointegration process, bed disinfection and as a therapeutic aid. It is concluded that the standardization of specific protocols in photobiomodulation therapy is essential for consistent results, intensifying bone neoformation and providing significant analgesic and anti-inflammatory effects.

Keywords: low-intensity light therapy; dental implants; dentistry.

1 INTRODUÇÃO

A terapia de fotobiomodulação (FBM) ou terapia de baixa intensidade (LBI) ao longo dos anos tem ganhado relevância no âmbito odontológico, demonstrando alta efetividade como ação anti-inflamatória e analgésica (Genovese, 2007 *apud* Silva; Coutinho; Albuquerque, 2014). Atualmente surgem estudos sobre o seu efeito na melhoria da osseointegração e estabilidade dos implantes como também em outras áreas da Odontologia.

A terapia de baixa intensidade utiliza de uma fonte de luz próxima ou diretamente sobre o tecido promovendo essa interação com os fótons. Essa interação ocorre através dos cromóforos que quando incitados pelos fótons resultam em alterações fotofísicas e fotoquímicas afetando a função em níveis moleculares, celulares e teciduais (Albaqami *et al.,* 2023).

O estudo da utilização da fotobiomodulação na cirurgia de implante dentário provém da ideia de ser usado de maneira terapêutica (Dompe *et al*., 2020). Visto isso, é de suma importância saber os benefícios e as limitações da fotobiomodulação na odontologia e como ela pode afetar a prática dentro da implantodontia, portanto, deve-se investigar o impacto da terapia de fotobiomodulação, tendo foco na osseointegração dos implantes dentários, redução da inflamação pré e pós-operatória, com intuito de avaliar sua utilização como uma abordagem terapêutica complementar, para desenvolver melhores resultados clínicos nos pacientes submetidos a procedimentos de implantes dentários.

Foi realizada uma revisão de literatura com o intuito de analisar estudos que abordam a terapia de fotobiomodulação nos procedimentos relacionados à implantodontia para que se identifique os parâmetros utilizados na terapia de baixa intensidade, incluindo comprimento de onda, dose de energia empregada, tempo de exposição e protocolo utilizado para obter resultado significativo em termos de osseointegração, redução de inflamação, da dor, da peri-implantite e desinfecção do leito cirúrgico.

Atualmente diversas marcas comerciais oferecem lasers para terapia fotobiomoduladora de baixa intensidade, segundo Natto *et al.* (2015), elas não diferem significativamente em seu uso. A Secretaria do Distrito Federal (Brasília, 2019), afirma que lasers de baixa intensidade variam na luz emitida, podendo ser infravermelha ou vermelha. A luz infravermelha oferece maior penetração tecidual em comparação à luz vermelha, tornando-se mais indicada para o tratamento de tecidos profundos, como o tecido ósseo. No entanto, a luz vermelha é utilizada para fins pré e pós-operatórios devido aos seus efeitos terapêuticos, como ação anti-inflamatória, e a radiação emitida pelos lasers de baixa intensidade é medida em J/cm², com 1 joule equivalente a 10 segundos de emissão, podendo ser utilizada de diferentes formas dependendo do protocolo estabelecido.

Portanto, os objetivos da presente pesquisa visam reconhecer os efeitos da terapia de baixa intensidade na estabilidade dos implantes dentários e os efeitos positivos ou negativos que possam advir de sua aplicação destacando os benefícios clínicos e a eficácia dessa abordagem terapêutica complementar.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 IMPLANTE DENTÁRIO

O implante dentário é uma proposta odontológica que busca restabelecer ao paciente conforto, estética, fonação, função e saúde. A estrutura do implante é composta pelo corpo e seus componentes, os quais são necessários para realização da sua implantação no alvéolo e sustentação da prótese sobre implante (Misch, 2014).

O material utilizado para a confecção do implante é o titânio, o qual é fundamental para a biocompatibilidade e a osseointegração do material quando em contato com o sangue, paralelamente a isso, além do metal utilizado em sua estrutura, o implante dentário apresenta microtexturas em sua superfície que irão melhorar a sua osteocondutividade (Pellegrini *et al*., 2018). Segundo Misch (2014), embora os implantes dentários apresentem limitações, eles são considerados o tratamento favorito, tanto do ponto de vista da saúde, quanto do financeiro.

O implante dentário é o método mais eficaz para tratamento de perda dentária, com sua taxa de sucesso entre 90 e 95%. Diante do exposto é válido frisar que esse resultado provém de propriedades físico-químicas do titânio que reage ao tecido em contato, promovendo assim a osseointegração. Entretanto, intercorrências podem surgir para que haja perda de estrutura óssea em regeneração, como, por exemplo, peri-implantite, mucosite peri-implantar, entre outros tipos de inflamação (Foletti *et al*., 2023).

A osseointegração é a união do osso ao implante por meio de processos químicos presentes na estrutura óssea e superfície de contato do implante de titânio. Segundo Adell *et al*. (1981, p. 414) "a osseointegração é a conexão direta e duradoura entre o osso vivo e os implantes de titânio". Portanto, é o processo biológico que manterá o implante ancorado ao osso com estabilidade a longo prazo.

Após a instalação de um implante dentário, o primeiro contato biológico no osso é com o sangue, incluindo componentes como glóbulos vermelhos, plaquetas, e células inflamatórias, por exemplo, monócitos e granulócitos polimorfonucleares. Essas células sanguíneas, ao aderirem à superfície do implante, são ativadas e começam a liberar citocinas e fatores de crescimento e diferenciação. Inicialmente, há a formação de um coágulo sanguíneo e de plaquetas, que passam por várias mudanças devido à adesão na superfície do implante, incluindo agregação, disseminação, e alterações intracelulares como a indução de fosfotirosina, aumento do cálcio intracelular e a hidrólise de fosfolipídeos. A rede de fibrina formada serve como uma matriz para a migração das células responsáveis pela formação óssea, um processo conhecido como osteocondução. Durante a fase de osteoindução, essas células diferenciam-se no local de cicatrização, formando um tecido osteóide e, eventualmente, um osso trabeculado neoformado. Este novo tecido ósseo passa por um processo de remodelação até se tornar osso lamelar, integrando-se completamente à interface do implante (Mavrogenis *et al.,* 2009).

A estabilização do implante é definida através da ausência de mobilidade, isso ocorre devido à estabilidade primária e secundária do implante. A estabilidade primária é aquela baseada na estabilidade mecânica durante a inserção do implante, sendo afetada pela quantidade e qualidade óssea do local de implante, desenho geométrico do implante, técnica cirúrgica e torque de inserção (Gokmenoglu *et al*., 2014). A estabilidade primária se caracteriza como fator principal para o sucesso do tratamento de implante, logo a estabilidade secundária é referida ao processo de respostas físico-químicas do tecido ao implante e está intimamente relacionada ao princípio da osseointegração (Ledo, 2022).

O sucesso cirúrgico na instalação dos implantes dentários é devido aos avanços tecnológicos na odontologia e seus materiais, além de melhorias presentes em técnicas cirúrgicas (Albrektsson *et al*., 2017). O tratamento de implante é realizado de maneira individual, sendo fator fundamental para obtenção de resultados satisfatórios (Esposito; Ardebili; Worthington, 2014).

2.2 LASER DE BAIXA INTENSIDADE

A terapia de fotobiomodulação (FBM) conhecida também como laser de baixa intensidade (LBI) é relatada como uma abordagem inovadora em odontologia devido às suas ações químicas, segundo Genovese (2007 *apud* Silva; Coutinho; Albuquerque, 2014), o LASER (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) possui mecanismos de ação anti-inflamatória e analgésica, sendo indicado para utilização pré e pós-operatória.

Os efeitos biológicos da luz seguindo a 1ª Lei da Fotobiologia trazida por Grothur-Droper ocorrem através da absorção, no entanto, quando incitado sobre a pele, pode haver outros fenômenos ópticos como reflexão, transmissão e espalhamento, sendo então essas radiações descartadas (Moreira, 2020).

Assim, as propriedades ópticas do laser desempenham um papel fundamental na interação com o tecido. A primeira propriedade é a reflexão, que desvia a luz para fora do tecido. A segunda é a transmissão, na qual a energia do laser passa pelo tecido alvo sem sofrer reações. A terceira é o espalhamento, que dispersa a luz do laser no tecido, reduzindo sua eficácia. Por fim a quarta é a absorção, que é a principal função do laser, onde a luz é absorvida pelo tecido. Para maximizar a eficácia do tratamento, é fundamental que o laser seja aplicado o mais próximo possível do tecido alvo, minimizando o espalhamento e, consequentemente, maximizando a absorção (Coluzzi; Convissar, 2011).

As moléculas responsáveis pela absorção da luz são os cromóforos, sendo os principais: citocromo C oxidase, canais de cálcio, receptores de membrana celular e enzima superóxido dismutase por conta de sua interação e afinidade com partículas luminosas restritas. Os cromóforos, durante esse processo de absorção de luz, realizam a transformação desta luz absorvida por adenosina trifosfato (ATP), incitando as células à liberação de endorfinas gerando a redução de dor, aumento da microcirculação e diminuição do fluxo linfático, logo proporcionando redução do edema (Navratil; Dylevsky, 1997 *apud* Lizarelli *et al*., 1999).

Sendo o comprimento de onda da luz vermelha menor, iniciando a sua cascata de ação na cadeia respiratória mitocondrial através de reações fotoquímicas (Ferreira, 2016). Em relação às propriedades fotofísicas e fotoquímicas dos lasers a reação da luz infravermelha se difere do vermelho (visível), visto que seus efeitos atuam sobre a membrana celular supostamente nos canais de Ca^{++} (Smith, 1991 *apud* Ferreira, 2016). Portanto, sabe-se que, apesar de terem comprimentos de onda diferentes, a reação final nas células será a mesma nos dois tipos, diferindo-se apenas na penetração tecidual.

Os fundamentos do laser são estabelecidos por duas propriedades básicas: amplitude e comprimento de onda. A amplitude é a altura vertical de uma onda, desde o início até seu pico, quanto menor a amplitude, menor a quantidade de trabalho realizada, entretanto, o comprimento de onda, medido em nanômetros (nM), é definido como a distância horizontal. Quando esses dois fundamentos variam, isso denomina-se oscilação, o número dessas oscilações, é denominado de frequência, medida de Hertz (Hz). Logo, quanto maior o comprimento da onda, menor a frequência, portanto, são medidas inversamente proporcionais (Coluzzi; Convissar, 2011).

A aplicação clínica do LBI apresenta diferentes protocolos para diferentes regiões, devido à sua especificidade atrelada ao tipo de laser e às suas respectivas potências. A Secretaria de Saúde do Distrito Federal (Brasília, 2019, p. 2) afirma que:

> O LASER vermelho de comprimento de onda 660 Nanômetros (±10nM) é indicado para regular a cicatrização e a drenagem linfática local. O LASER infravermelho com comprimento entre 808 nM (±10nM) alcança maiores profundidades, sendo então

> melhor aplicado para efeito analgésico, processo inflamatório, reparação tecidual e disfunções neuromusculares.

Diante do exposto, é válido frisar que o uso do LASER infravermelho em casos de implantes dentários, é devido à sua maior penetração nos tecidos e capacidade de atingir a região implantada podendo trazer efeitos clínicos benéficos aos pacientes tanto no pós-operatório imediato quanto nos meses subsequentes à cirurgia de instalação do implante (Brasília, 2019).

Sabe-se que a terapia de baixa intensidade é favorável para modular a inflamação, pois promove uma redução migratória celular dos leucócitos e neutrófilos, além da diminuição dos mediadores químicos como prostaglandina-E2 (PGE2), histamina, citocinas como a IL-1, IL-2, IL-6, IL-10 e TNFα, promovendo o aumento dos fatores de crescimento FCF, bFGF, IGF-1, IGFBP3 que colaboram com a diminuição do edema e impactam na microcirculação local. (Rodrigues; Araújo; Araújo, 2021).

2.3 ASSOCIAÇÃO DO LASER DE BAIXA INTENSIDADE COM A OSSEOINTEGRAÇÃO

A fotobiomodulação (FBM) é um tratamento não invasivo que irá promover biomodulação celular através de um laser de baixa intensidade, gerando a aceleração no processo de cicatrização do tecido peri-implantar, por meio da diferenciação celular, possibilitando uma neoformação óssea e consequentemente uma melhoria na estabilidade do implante. Sabe-se que o processo de osteogênese é caracterizado pela quantidade de vasos sanguíneos regionais e junto a neovascularização, os LBIs podem aumentar a proliferação celular da zona onde o implante foi instalado, aumentando assim a chance de osseointegração (Marotti; Romanos, 2015). Quando a FBM é aplicada em alvéolos pós-extração com enxertos ósseos, tem uma ação que estimula a formação óssea, através de um aumento da provisão sanguínea. Alguns estudos sugerem que há um aumento nas concentrações de oxigênio e nutrientes dentro das cavidades de cicatrização, proporcionando funcionamento ideal dos fibroblastos e osteoblastos (Gokmenoglu *et al*., 2014).

A melhoria na osseointegração é um assunto que ainda gera dúvidas à comunidade científica, já que muitos artigos afirmam que há melhoria enquanto outros contradizem essa afirmação. Porém, essas diferenças de resultados dependem de alguns aspectos da pesquisa, tais como os protocolos de irradiação e/ou os modelos experimentais *in-vitro*, que embora sejam importantes, não é possível replicá-los clinicamente (Zayed; Hakim, 2020). Contudo, segundo Marotti e Romanos (2015), a terapia fotobiomoduladora pode gerar uma modulação nos osteoblastos fazendo com que absorvam a energia e com isso possam gerar um aumento da capacidade de proliferação osteoblástica, colágeno e formação de osso novo.

Foletti *et al*. (2023) realizaram um estudo sobre os efeitos da fotobiomodulação acerca dos implantes osseointegráveis realizados em mini-porcos da raça Yucatán que apresentam propriedades ósseas semelhantes aos humanos, o que é um diferencial, pois a maioria dos estudos traz resultados obtidos *in-vitro* e em pequenos animais. Nesse trabalho foram utilizados 8 porcos divididos em 2 grupos, onde 4 deles (grupo teste) receberam doses de LED-PBM utilizando o dispositivo ATP38® com variações de comprimento de ondas, de 450 a 835nm e 4 (grupo controle), o qual não se empregou a terapia fotobiomoduladora. Através de estudos histológicos, a osseointegração completa foi observada com mais frequência para implantes no grupo de teste ATP38® (55%) do que para aqueles no grupo controle (14%), após quatro semanas a cirurgia de colocação do implante. E reações inflamatórias foram observadas com mais frequência nos tecidos ao redor dos implantes no grupo controle (19%) do que ao redor

dos implantes no grupo teste (8%). Com isso, o estudo concluiu que há uma melhoria na osseointegração completa em implantes com a fotobiomodulação e gera uma menor reação inflamatória pós-operatória.

Em estudos, Takeda (1988) utilizou um laser de diodo com comprimento de onda de 904nm, densidade de potência de 25 mW/cm² e densidade de energia de 20 J/cm² em ratos, observando uma aceleração na formação da matriz osteoide trabecular. Este resultado demonstra um efeito positivo do laser para procedimentos que precisam de regeneração óssea rápida. Khadra *et al*. (2004) também aplicaram a terapia fotobiomoduladora para observar a osseointegração de implantes de titânio em coelhos, utilizando um laser com comprimento de onda de 830nm, potência de 75 mW e densidade de energia de 23 J/cm², e este estudo mostrou que houve melhorias nos contatos entre osso e implante.

Investigando ainda mais os efeitos dos protocolos utilizados, Nissan *et al.* (2006) aplicaram a fotobiomodulação em diferentes números com comprimento de onda de 904nm, densidade de potência de 4 mW/cm² e 18 J/cm² (3 minutos) de aplicação em ratos, empregando radiocalcium, um marcador radioativo de cálcio, para poder observar e analisar a regeneração óssea, que se mostrou positiva para a deposição de cálcio nas áreas irradiadas pelo laser. Outro protocolo foi estudado por Pretel, Lizarelli e Ramalho (2007), que utilizando um laser com comprimento de onda de 780nm e densidade de energia de 4 J/cm² por aplicação, observaram uma rápida neoformação óssea em ratos com defeitos mandibulares.

Estudos com os lasers GaAIAs, que são os mais utilizados, García-Morales *et al.* (2012 *apud* Zayed; Hakim, 2020) utilizou o comprimento de onda de 830nm, densidade de potência de 86 mW/cm² e densidade de energia de 0.25 J/cm² (3 segundos por ponto) realizando 20 pontos por aplicação durante 12 semanas, entretanto, não foi observada melhoria na estabilidade do implante. No entanto, Karaca, Ergun e Ozturk (2018), utilizando os mesmos parâmetros por um período mais longo de 6 meses, observou melhoria na estabilidade dos implantes dentários. Como também Matys *et al.* (2019) aplicou um protocolo para o laser de diodo com comprimento de onda de 635nm e densidade de energia de 8 J/cm² por 12 semanas, relatou melhorias na estabilidade do implante e na densidade óssea.

Portanto, estudos sugerem que por essa formação óssea aumentada o implante pode ter sua cicatrização melhorada, principalmente em estágios iniciais (Hosseinpour *et al*., 2019). Sendo assim, pode ser uma ferramenta interessante para casos onde se necessite de valores maiores na estabilidade, como para fins protéticos, por exemplo (Camolesi *et al*., 2023).

2.4 ASSOCIAÇÃO DO LASER DE BAIXA INTENSIDADE COM AS BACTÉRIAS

Entre a comunidade científica, é nítido que o uso da Terapia Fotodinâmica (TFD) é extremamente eficaz na desinfecção na implantodontia, porém, há uma grande dúvida acerca de parâmetros, padrões e protocolos de tratamento para essa terapia (Rastelli, 2021). A TFD pode ser considerada um tratamento de descontaminação fotoquímica que consiste na interação de ativação entre o corante fotossensível e a luz do laser, que gera espécies reativas de oxigênio citotóxicas, que são tóxicas às células bacterianas, levando à sua degradação, sendo que diversas tentativas de protocolos foram desenvolvidas e apresentaram alta taxa de sucesso (Azizi *et al*., 2018).

Através do mecanismo de adesão, as bactérias se conectam à película salivar para a proliferação, consequentemente a película de saliva com a proliferação instaurada está associada à estrutura implantada e seus devidos componentes (Tavares *et al.*, 2017). Logo, de acordo com Choe *et al.* (2021), os microrganismos presentes na peri-implantite são bastonetes gram-positivos anaeróbios assacarolíticos não cultiváveis, bastonetes Gram-negativos e poucos microrganismos oportunistas, como *Staphylococcus aureus*. A dificuldade em se tratar bactérias

gram-negativas se dá pela sua membrana externa que confere proteção contra os antibióticos mais comumente utilizados pelos pacientes, como a penicilina e a cefalosporina (Tortora, Funke e Case, 2012).

Em seu estudo, Azizi *et al*. (2018) avaliaram o efeito da TFD frente às três bactérias mais presentes nos implantes de titânio, em quatro propostas de tratamentos diferentes, e concluíram que os melhores resultados foram: redução bacteriana de 98.3%, com 660 nm, 100 mW, 60 segundos, com azul de toluidina, e de 97,8% com 660 nm, 100 mW, 60 segundos, com corante de cloreto de fenotiazina. A falta de um padrão impacta diretamente no tempo para o tratamento se tornar algo rotineiro em consultório, todavia, ensaios clínicos e estudos mais padronizados ainda devem ser realizados (Rastelli, 2021).

2.5 DOENÇAS PERI-IMPLANTARES E SUA RELAÇÃO COM O LASER DE BAIXA INTENSIDADE

A peri-implantite é uma doença infecciosa e inflamatória que ocasiona em perda óssea uniforme em todas as faces, podendo manter a face vestibular e lingual, criando-se o aspecto de cratera que posteriormente pode causar a falha do implante dentário. Ocorre em cerca de 10.7 a 47.2% dos pacientes com implantes dentários, sendo o problema tardio mais frequente da instalação do implante (Waal *et al*., 2013). A contaminação bacteriana nos implantes desencadeará uma inflamação, levando à perda da osseointegração (Machado, 2022).

Segundo Tavares *et al.* (2017), o debridamento mecânico é o mecanismo de melhor efetividade ao tratamento da peri-implantite, no entanto a utilização dos mesmos pode trazer danos às estruturas do implante (Avila *et al*., 2013; Avila *et al*., 2014; Avila *et al*., 2016). Portanto, para a realização do debridamento mecânico ao tratamento das doenças peri-implantares, buscou-se a utilização de instrumentais macios, logo houve-se a criação das curetas de plástico para concluir esta etapa do tratamento (Lang; Wilson; Corbet, 2000 *apud* Clares; Scilio, 2019).

Waal, Vangsted e Winkelhoff (2021), realizaram um estudo analisando a eficácia da amoxicilina como uma antibióticoterapia para o tratamento não cirurgico de peri-implantite, no entanto, os resultados desse trabalho comprovaram a ineficácia da amoxicilina para peri-implantite. É valido frisar o uso dessa terapia como tratamento principal, pode-se observar melhoria no âmbito apenas periodontal. Paralelamente a isso, Berglundh, Lindhe e Lang (2012), relacionaram o uso de antibiótico associado a peri-implantite como terapia complementar ao debridamento mecânico somente em casos que apresentassem além da presença de placa bacteriana, a profundidade de sondagem maior que 4mm.

De acordo com Oliveira, Alcântara e Allegrini Junior (2017) o LBI não emite uma radiação com potencial destrutivo, não apresenta um acréscimo na temperatura, e tem baixa capacidade de descontaminação tecidual. Porém, ele apresenta um fotossensibilizador, que produz toxinas de fungos e bactérias, quando utilizado em altas concentrações, que é também conhecido como terapia fotodinâmica. A terapia fotodinâmica surgiu como um tratamento coadjuvante ao debridamento para o tratamento da peri-implantite, reduzindo assim as bactérias e os lipopolissacarídeos (LPS) sem que haja danos à microestrutura da superfície do implante (Huang *et al*., 2019).

A utilização do azuleno (hidrocarboneto aromático policíclico) como fotossensibilizador, se mostrou eficaz na diminuição da carga microbiana dos patógenos associados à peri-implantite, principalmente *Porphyromonas gingivalis*, *Fusobacterium nucleatum*, *Peptostreptococcus micra* e *Tannerella forsythia* (Oliveira; Alcântara; Allegrini Junior, 2017).

Mucosite peri-implantar é uma inflamação reversível dos tecidos moles ao redor do implante causada por acúmulo de biofilme dentário. No entanto, quando não tratada pode evoluir para peri-implantite, afetando não só tecido mole, mas também tecidos duros ao redor do implante, sendo importante o diagnóstico precoce dessa patologia (Henriques *et al*., 2016).

O tratamento para mucosite peri-implantar pode ser o debridamento mecânico associado a antibioticoterapia ou terapia fotodinâmica. Logo, quando associado o debridamento mecânico com a terapia fotodinâmica, evidencia-se a utilização do laser com um fotossensibilizador, para que haja assim uma ação antibacteriana, apresentando-se eficaz na diminuição do índice de placa bacteriana (Sánchez-Martos *et al*., 2020).

A fotobiomodulação associada ao debridamento faz-se eficaz com diferenças significativas na profundidade de sondagem, perda de nível clínico de inserção e sangramento à sondagem, onde, este foi sanado por completo em 3 meses de tratamento e em 45 a 90 dias foram observadas melhorias na medição de ganho de nível clínico de inserção e diminuição da profundidade de sondagem com o protocolo de luz com comprimento de onda de 630 nm, 2 J/cm² por ponto, sendo irradiado 6 pontos em todos implantes, totalizando 120 segundos após aplicação do fotossensibilizador no sulco peri-implantar (Karimi; Hasani; Khosroshahian, 2016).

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados de diversos estudos, conclui-se que a padronização de protocolos específicos é essencial para atingir resultados consistentes na terapia fotobiomodulação. No entanto, é válido ressaltar que a aplicação da terapia fotobiomodulação utilizada em diversos protocolos apresentou resultados positivos para a osseointegração, intensificando a neoformação óssea e consequentemente a estabilidade do implante. Paralelamente ao processo de neoformação óssea, é válido frisar que a utilização do laser de baixa intensidade sob o local produz efeitos analgésicos, proporcionando melhorias nos processos inflamatórios pré e pós-operatório.

A abordagem clínica terapêutica através da laserterapia é evidenciada por fatores inflamatórios como dito acima, e também para fatores de desinfecções através da terapia fotodinâmica, a qual pode ser realizada para desinfecção do leito e tratamento de doenças peri-implantares, apresentando melhorias significativas e colaborando para um prognóstico favorável.

REFERÊNCIAS

ADELL, R.; LEKHOLM, U.; ROCKLER, B.; BRÄNEMARK, P. I. A 15-year study of osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw. **International Journal of Oral Surgery**, v. 10, n. 6, p. 387-416, Jan. 1981. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/6809663/. Acesso em: 27 set. 2023.

ALBAQAMI, M.; ÁGUIDA, B.; POURMOSTAFA, A.; KISHORE, V. Photobiomodulation effects of blue light on osteogenesis are induced by reactive oxygen species. **Lasers in Medical Science**, v. 39, n. 5, Dec. 2023. Disponível em: https://link.springer.com/article/10.1007/s10103-023-03951-7. Acesso em 18 abr. 2024.

ALBREKTSSON, T.; CHRCANOVIC, B.; JACOBSSON, M.; WENNERBERG, A. Osseointegration of implants: a biological and clinical overview. **JSM Dental Surgery**, v. 2, n. 3, p. 1-6. June 2017. Disponível em: http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1419777/FULLTEXT01.pdf. Acesso em: 21 set. 2023.

AVILA, E. D.; AVILA-CAMPOS, M. J.; VERGANI, C. E.; SPOLIDORIO, D. M.; MOLLO JUNIOR, F. A. Structural and quantitative analysis of a mature anaerobic biofilm on different implant abutment surfaces. **The Journal of Prosthetic Dentistry**, v. 115, n. 4, p. 428-436, Apr. 2016. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26597465/. Acesso em: 01 mar. 2024.

AVILA, E. D.; MOLON, R. S.; SPOLIDORIO, D. M. P.; MOLLO JUNIOR, F. A. Implications of surface and bulk properties of abutment implants and their degradation in the health of periodontal tissue. **Materials**, v. 6, n. 12, p. 5951-5966, Dec. 2013. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28788432/. Acesso em: 01 mar. 2024.

AVILA, E. D.; MOLON, R. S.; VERGANI, C. E.; MOLLO, J. A.; SALIH, V. The Relationship between biofilm and physical-chemical properties of implant abutment materials for successful dental implants. **Materials**, v. 7, p. 3651-3662, May 2014. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28788641/. Acesso em: 01 mar. 2024.

AZIZI, B.; BUDIMIR, A.; MEHMETI, B.; JAKOVLJEVIC, S.; BAGO, I.; GJORGIEVSKA, E.; GABRIC, D. Antimicrobial efficacy of photodynamic therapy and light-activated disinfection against bacterial species on titanium dental implants. **The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants**, v. 33, p. 831-837, July 2018. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30024999/. Acesso em: 06 out. 2023.

BRASÍLIA, Governo do Distrito Federal. Secretaria de Estado de Saúde. Subsecretaria de Atenção Integral à Saúde. Comissão Permanente de Protocolos de Atenção à Saúde. **Protocolo de Laserterapia de Baixa Potência da SES/DF**. SES-DN, dez. 2019. Disponível em: https://www.saude.df.gov.br/documents/37101/87400/Protocolo+de+Laserterapia+de+Baixa+Pot%C3%AAncia+da+SES-DF.pdf/17b2c823-6fa6-2c76-a41f-7d6567fc9855?t=1648646976419. Acesso em: 27 set. 2023.

BERGLUNDH, T.; LINDHE, J.; LANG, N. Mucosite periimplantar e periimplantite. *In:* LINDHE, J.; NIKLAUS, P.; KARRING, T. **Tratado de Periodontia Clínica e Implantologia Oral.** 5. ed. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan, p. 507-515, 2012. *E-book.* Acesso em: 28 abr. 2024.

CAMOLESI, G. C. V.; SOMOZA-MARTÍN, J. M.; REBOIRAS-LÓPEZ, M. D.; CAMACHO-ALONSO, F.; BLANCO-CARRIÓN, A.; PÉREZ-SAYÁNS, M. Photobiomodulation in dental implant stability and post-surgical healing and inflammation: a randomised double-blind study. **Clinical Oral Implants Research**, v. 34, p. 137-147, Feb. 2023. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36541106/. Acesso em: 06 out. 2023.

CHOE, R.; BALHADDAD, A. A.; FISHER, J. P.; MELO, M. A. S.; HUANG, H. C. Photodynamic therapy for biomodulation and disinfection in implant dentistry: is it feasible and effective? **Photochemistry and Photobiology**, v. 97, n. 5, p. 916–929, Apr. 2021. Disponível em: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/php.13434. Acesso em: 18 out. 2023.

CLARES, M. D.; SCILIO, S. G.; Clinical treatment of peri-implantitis with maintenance of granulation tissue. **Brazilian journal of implantology and health sciences**, v. 1, n. 7, p. 192-

206, Dec. 2019. Disponível em: https://bjihs.emnuvens.com.br/bjihs/article/view/24. Acesso em: 28 abr. 2024.

COLUZZI, D. J.; CONVISSAR, R. A. Fundamentos do laser. *In:* CONVISSAR, R. A. **Princípios e práticas do laser na odontologia**. Rio de Janeiro: Elsevier Brasil, p. 21-29, 2011. *E-book*. Acesso em: 01 fev. 2024.

DOMPE, C.; MONCRIEAFF, L.; KOCHERAVO, L.; BRYJA, A.; MOZDZIAK, P.; SKIBA, T. H. I.; VOLPONI, A. A.; MATYS, J.; LESNIAK-GRZECH, K.; BRUSKA, M.; DOMINIAK, M.; SHIBLI, J. A.; KEMPISTY, B.; DYSZKIEWICS-KONWINSKA, M. Photobiomodulation underlying mechanism and clinical applications. **Journal of Clinical Medicine**, v. 9, n. 6, p. 1724, June 2020. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32503238/. Acesso em: 15 set. 2023.

ESPOSITO, M.; ARDEBILI, Y.; WORTHINGTON, H. V. Interventions for replacing missing teeth: different types of dental implants. **Cochrane Database Syst Rev**, v. 7, p. 1-95. July 2014. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25048469/. Acesso em: 21 set. 2023.

FERREIRA, A. G. A. **Aplicação do laser de baixa intensidade no processo de cicatrização de ferida cirúrgica:** padronização dos parâmetros dosimétricos. 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, jun. 2016. Disponível em: https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUBD-AC3LL8/1/vers_o_final_disserta__o_aline_gomes_afonso_ferreira__1_.pdf. Acesso em: 26 nov. 2023.

FOLETTI, J. M.; REMY, F.; CHEVENEMENT, L.; STERBA, M.; TAVITIAN, P.; BADIH, L.; KENCK-VERAN, O. Effect of LED photobiomodulation on dental implant osseointegration: an in vivo study. **Journal of Dental Research, Dental Clinics, Dental Prospects,** v. 17, n. 1, p. 28–34, Apr. 2023. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37650019/. Acesso em: 27 set. 2023.

GARCÍA-MORALES, J. M.; TORTAMANO-NETO, P.; TODESCAN, F. F.; ANDRADE JUNIOR, J. C. S.; MAROTTI, J.; ZEZELL, D. M. Stability of dental implants after irradiation with an 830-nm low-level laser: a double-blind randomized clinical study. **Lasers in Medical Science**, v. 27, n. 4, p. 703–711, 2012. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21732113/. Acesso em: 13 abr. 2024.

GENOVESE, W. J.; **Laser de baixa intensidade**: Aplicações terapêuticas na odontologia. Santos, 2007. *E-book*. Acesso em: 21 fev. 2024.

GOKMENOGLU, C.; OZMERIC, N.; ERGUDER, I.; ELGUN, S. The effect of light-emitting diode photobiomodulation on implant stability and biochemical markers in peri-implant crevicular fluid. **Photomedicine and Laser Surgery**, v. 32, n. 3, p. 138–145, Mar. 2014. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24552468/. Acesso em: 18 set. 2023.

HENRIQUES, P. S. G.; RODRIGUES, A. E. A.; PERUZZO, D. C.; OKAJIMA, L. S.; TREVENSOLLI, N. Prevalence of peri-implant mucositis. **Revista Gaúcha de Odontologia**, v. 64, n. 3, p. 307-311, Sept. 2016. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rgo/a/PzPJ4pR8nWDTR4qgfLqW9Dg/?lang=en. Acesso em: 18 fev.

2024.

HOSSEINPOUR, S.; FEKZARAD, R; ARANY, P. R.; YE, Q. Molecular impacts of photobiomodulation on bone regeneration: a systematic review. **Progress in Biophysics and Molecular Biology**, v. 149, p. 147–159, Dec. 2019. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31002851/. Acesso em: 04 out. 2023.

HUANG, T. C.; CHEN, C. J.; DING, S. J.; CHEN, C. C. Antimicrobial efficacy of methylene blue-mediated photodynamic therapy on titanium alloy surfaces in vitro. **Science Direct**, v. 25, p. 7-16, Mar. 2019. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1572100018302746?via%3Dihub. Acesso em: 24 fev. 2024.

KARACA, I.; ERGUN, G.; OZTURK, D. N. Is low-level laser therapy and gaseous ozone application effective on osseointegration of immediately loaded implants? **Nigerian Journal of Clinical Practice**, ed.6, v. 21, p. 703-710, June 2018. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29888715/. Acesso em: 18 abr. 2024.

KARIMI, M. R.; HASANI, A.; KHOSROSHAHIAN, S. Efficacy of antimicrobial photodynamic therapy as an adjunctive to mechanical debridement in the treatment of peri-implant diseases: A randomized controlled clinical trial. **Journal of Lasers in Medical Sciences**, v. 7, n. 3, p. 139–145, July 2016. Disponível em: https://journals.sbmu.ac.ir/jlms/article/view/9337/9337. Acesso em: 01 mar. 2024.

KHADRA, M; KASEM, N; HANAES, H. R.; ELLINGSEN, J. E.; LYNGSTRADAAS, S. P. Enhancement of bone formation in rat calvarial bone defects using low-level laser therapy. **Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology Oral Radiology**, v. 97, p. 693-700, June 2004. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15184850/. Acesso em: 15 abr. 2024.

LANG, N. P.; WILSON, T. G.; CORBET, E. F. Biological complications with dental implants: their prevention, diagnosis and treatment. **Clinical oral implants research**, p.146-155, Feb. 2000. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11168263/. Acesso em: 28 abr. 2024.

LEDO, J. M. M. **Efeitos do laser de fotobiomodulação na estabilidade dos implantes**. 2022. Dissertação (Mestrado em Odontologia) - Instituto Universitário de Ciências da Saúde, Gandra, jul. 2022. Disponível em: https://repositorio.cespu.pt/bitstream/handle/20.500.11816/4008/MIMD_DISSERT_27210_JoseLedo.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 03 out. 2023.

LIZARELLI, R.; CICONELLI, K.; BRAGA, C.; BERRO, R. Low-powered laser therapy associated to oral implantology. **Simpósio Internacional de Óptica Biomédica BiOS,** v. 3953, May 1999. Disponível em: https://www.spiedigitallibrary.org/conference-proceedings-of-spie/3593/0000/Low-powered-laser-therapy-associated-with-oral-implantology/10.1117/12.348329.short Acesso em: 21 fev. 2024.

MACHADO, J. P. F. **Fotobiomodulação como opção de tratamento acessório de doenças peri-implantares:** uma revisão sistemática. 2022. Dissertação (Mestrado em Odontologia) - Universidade Católica Portuguesa, Viseu, set. 2022. Disponível em: http://hdl.handle.net/10400.14/38802. Acesso em: 26 set. 2023.

MATYS, J.; ŚWIDER, K.; LEŚNIAK, K. G.; DOMINIAK, M.; ROMEO, U. Photobiomodulation by a 635nm diode laser on peri-implant bone: primary and secondary stability and bone density analysis-A randomized clinical trial. **BioMed Research International**, v. 2019, Apr. 2019. Disponível em: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6501257/. Acesso em: 15 abr. 2024.

MAROTTI, J.; ROMANOS, G. E. Implantodontology. *In:* MOREIRA, P.; SIMÕES, A. **Lasers in dentistry**. *[S.l]*, John Wiley & Sons, Inc, 2015. p. 179-195. *E-book*. Acesso em: 25 set. 2023.

MAVROGENIS, A. F.; DIMITRIOU, R.; PARVIZI, J.; BABIS, G. C. Biology of implant osseointegration. **Journal of Musculoskeletal Neuronal Interact**, *[S.l]*, v. 9, n. 2, p. 61-71, Feb. 2009. Disponível em: https://www.ismni.org/jmni/pdf/36/01MAVROGENIS.pdf. Acesso em: 01 mar. 2024.

MISCH, C. Razões para os implantes dentais *In:* MISCH, C. **Implantes Dentários Contemporâneos.** 3ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014. p. 3-25. *E-book*. Acesso em: 13 mar. 2024.

MOREIRA, F. C. L. Introdução ao estudo do laser *In:* MOREIRA, F. C. L.; VÉRAS, L. G. F.; MOREIRA, S. C.; RORIZ, V. M. **Manual prático para uso dos lasers na odontologia**. Goiânia: Cegraf UFG, 2020. p. 42. *E-book*. Acesso em: 21 fev. 2024.

NATTO, Z. S.; ALADMAWY, M.; LEVI JUNIOR, P. A.; WANG, H. L. Comparison of the efficacy of different types of lasers for the treatment of peri-implantitis: a systematic review. **Int J Oral Maxillofac Implants**, v. 30, n. 2, p. 338-345, Mar. 2015. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25830394/. Acesso em: 03 mar. 2024.

NAVRATIL, L.; DYLEVSKY, I. Mechanism of the analgesic effect of therapeutic lasers in vivo. **Laser Therapy**, v. 9, p. 33-40, Mar. 1997. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9345839/. Acesso em: 21 fev. 2024.

NISSAN, J.; ASSIF, D; GROSS, M. D.; YAFFE. A.; BINDERMAN, I. Effect of low intensity laser irradiation on surgically created bony defects in rats. **Journal of Oral Rehabilitation**, v. 33, p. 619-924, July 2006. Disponível em: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2842.2006.01601.x. Acesso em: 15 abr. 2024.

OLIVEIRA, A. F.; ALCÂNTARA, A. A. S.; ALLEGRINI JUNIOR, S. Periimplantite: terapia fotodinâmica. **Rev. Ibirapuera**, São Paulo, n. 13, p. 17-23, fev. 2017. Disponível em: https://www.ibirapuera.br/seer/index.php/rev/article/view/104. Acesso em: 10 out. 2023.

PELLEGRINI, G.; FRANCETTI, L.; BARBARO, B.; FABBRO, M. Novel surfaces and osseointegration in implant dentistry. **Journal of Investigative and Clinical Dentistry**, v. 9, n. 4, July 2018. Disponível em: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jicd.12349. Acesso em: 13 mar. 2024.

PRETEL, H; LIZARELLI, R. F. Z.; RAMALHO, L. T. O. Effect of low-level laser therapy on bone repair: histological study in rats. **Lasers in Surgery and Medicine**, v. 39, p. 788-

796, Dec. 2007. Disponível em: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/lsm.20585. Acesso em: 15 abr. 2024.

RASTELLI, A. N. S. Antimicrobial photodynamic therapy (aPDT) as a disinfection and biomodulation approach in implant dentistry. **Photochemistry and Photobiology**. v. 97, n. 5, p. 1155-1160, Aug. 2021. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34420213/. Acesso em: 06 out. 2023.

RODRIGUES, F. C. N.; ARAÚJO, E. M. S.; ARAÚJO, J. G. L. Interação da luz com os tecidos biológicos *In*: LAGO, A. D. N. **Laser na odontologia**: conceitos e aplicações clínicas. São Luís: EDUFMA, 2021. p. 94-104. *E-book*. Disponível em: https://www.edufma.ufma.br/wp-content/uploads/woocommerce_uploads/2021/03/Laser-na-odontologia.pdf. Acesso em: 24 set. 2023.

SÁNCHEZ-MARTOS, R.; SAMMAN, A.; BOUAZZA-JUANES, K.; DÍAZ-FERNÁNDEZ, J. M.; ARIAS-HERRERA S. Clinical effect of diode laser on peri-implant tissues during non-surgical peri-implant mucositis therapy: randomized controlled clinical study. **J Clin Exp Dent**. v. 12, n. 1, p. 13-21, Nov. 2020. Disponível em: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6969958/. Acesso em: 24 fev. 2024.

SILVA, D. F.; COUTINHO, V. B.; ALBUQUERQUE, A. C. L. Aplicação da laserterapia na implantodontia. **Revista Saúde e Ciência.** Paraíba, v. 3, n. 2, p. 58-68, ago. 2014. Disponível em: https://rsc.revistas.ufcg.edu.br/index.php/rsc/article/view/296/. Acesso em: 26 set. 2023.

SMITH, K.C. The photobiological basis of low-level laser radiation therapy. **Laser Therapy**, v. 3, n. 1, p. 19-24, Sept. 1991. Disponível em: https://www.jstage.jst.go.jp/article/islsm/3/1/3_91-OR-03/_article. Acesso em: 25 nov. 2023.

TAKEDA, Y. Irradiation effect of low-energy laser on alveolar bone after tooth extraction. experimental study in rats. **International Journal of Oral and Maxilofacial Surgery**, Dec. 1988. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3145957/. Acesso em: 15 abr. 2024.

TAVARES, L.J.; PAVARINA, A.C.; VERGANI, C.E.; AVILA, E.D.; The impact of antimicrobial photodynamic therapy on peri-implant disease: what mechanisms are involved in this novel treatment? **Photodiagnosis and Photodynamic Therapy**, v. 17, p. 236-244, Mar. 2017. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1572100016301648?via%3Dihub. Acesso em: 01 mar. 2024.

TORTORA, G. J.; FUNKE, B. R.; CASE, C. L. Microbiologia. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2012. p. 967. *E-book.* Acesso em: 01 mar. 2024.

WAAL, Y. C.; RAGHOEBAR, G. M.; HUDDLESTON SLATER, J. J.; MEIJER, H. J.; WINKEL, E. G.; VAN WINKELHOFF, A. J. Implant decontamination during surgical peri-implantitis treatment: a randomized, double-blind, placebo-controlled trial. **Journal of Clinical Periodontology**, v. 40, n. 2, p. 186-195, Jan. 2013. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23211012/. Acesso em: 01 mar. 2024.

WAAL, Y. C. M.; VANGSTED, T. E.; WINKELHOFF, A. J. V.; Systemic antibiotic therapy as an adjunct to non-surgical peri-implantitis treatment: a single-blind RCT**. Journal of**

clinical Periodontology, v. 48, n. 7, p. 996-1006, May 2021. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33939193/. Acesso em: 28 abr. 2024.

ZAYED, S. M.; HAKIM, A. A. A. Clinical efficacy of photobiomodulation on dental implant osseointegration: a systematic review. **Saudi Journal of Medicine & Medical Sciences**, v. 8, n. 2, p. 80–86, May 2020. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32587488/. Acesso em: 24 set. 2023.