



CESPU

INSTITUTO UNIVERSITÁRIO
DE CIÊNCIAS DA SAÚDE

A fotobiomodulação no sucesso de implantes dentários

Uma revisão sistemática integrativa

Luana Barros da Cunha

Dissertação conducente ao Grau de Mestre em Medicina Dentária (Ciclo Integrado)

Gandra, 13 de Julho de 2022



CESPU

INSTITUTO UNIVERSITÁRIO
DE CIÊNCIAS DA SAÚDE

Luana Barros da Cunha

Dissertação conducente ao Grau de Mestre em Medicina Dentária (Ciclo Integrado)

A fotobiomodulação no sucesso de implantes dentários

Uma revisão sistemática integrativa

Trabalho realizado sob a Orientação de Mestre Juliana de Sá

Declaração de Integridade

Eu, Luana Barros da Cunha, declaro ter atuado com absoluta integridade na elaboração deste trabalho, confirmo que em todo o trabalho conducente à sua elaboração não recorri a qualquer forma de falsificação de resultados ou à prática de plágio (ato pelo qual um indivíduo, mesmo por omissão, assume a autoria do trabalho intelectual pertencente a outrem, na sua totalidade ou em partes dele). Mais declaro que todas as frases que retirei de trabalhos anteriores pertencentes a outros autores foram referenciadas ou redigidas com novas palavras, tendo neste caso colocado a citação da fonte bibliográfica.



CESPU
INSTITUTO UNIVERSITÁRIO
DE CIÊNCIAS DA SAÚDE

Agradecimentos

À **minha família**, em particular aos meus pais, pela oportunidade que me deram e por estarem sempre ao meu lado. Foram incansáveis durante estes 5 anos! Sem eles nada disto seria possível.

Às **minhas amigas**, e em particular à minha binómia Marisa Rocha, que são sem dúvida a melhor coisa que levo destes anos. Sem elas este caminho não seria tão feliz. Que bom foi ter-me cruzado com todas. Agradeço-lhes por tudo, por estarem sempre comigo, por me ajudarem quando eu pedia e quando não pedia, por me alegrarem e tornarem todos os dias melhores. Levo-as para a vida!

A todos os meus **professores**, com quem aprendi e convivi ao longo destes 5 anos. Agradeço a aprendizagem, os ensinamentos, as conversas e a disponibilidade que sempre demonstraram! Foram os maiores e agradeço à CESPU a oportunidade de aprender com os melhores!

À minha orientadora, **Mestre Juliana de Sá**, pela disponibilidade e empatia que demonstrou para comigo! Soube sempre que podia contar com a sua ajuda e o seu conhecimento. Um muito obrigada!



CESPU
INSTITUTO UNIVERSITÁRIO
DE CIÊNCIAS DA SAÚDE

Resumo

O sucesso na colocação de um implante dentário está dependente de um processo chamado osteointegração, na qual o osso e o implante se unem de uma forma estável e funcional, alcançando uma estabilidade.

De modo a potenciar e a diminuir o período necessário à osteointegração, a terapia da fotobiomodulação tem vindo a ser usada com estes objetivos.

A PBMT, traduz-se numa terapia complementar, à base de luz, cujo objetivo é promover a regeneração óssea, reduzir a inflamação e provocar analgesia.

O principal objetivo deste trabalho é avaliar a eficácia da PBMT na potenciação da osteointegração e consequentemente estabilidade de um implante.

Para este trabalho foi realizada uma pesquisa na base de dados *PubMed*, usando a seguinte combinação de termos de pesquisa: "*photobiomodulation AND (dental implants OR dentistry OR implant stability)*", "*dental implants AND osseointegration AND (implant stability OR low level laser therapy OR photobiomodulation)*" e "*low level laser therapy AND peri-implant bone*". Foram selecionados artigos escritos em português e inglês, publicados entre os anos 2012 e 2022, num total de 269 artigos, dos quais foram selecionados 16 por possuírem os critérios de inclusão definidos.

Os resultados dos artigos analisados demonstram uma tendência da eficácia da PBMT no sucesso de implantes colocados em animais, verificando-se uma aceleração do processo de osteointegração, acompanhada de uma maior densidade óssea e alcance de estabilidade. Esta hipótese foi testada em humanos, no entanto, os resultados obtidos foram dispares. De um modo geral, não foram observados resultados benéficos aquando da aplicação deste tipo de terapia relativamente ao objetivo proposto.

Torna-se assim necessário um maior número de estudos com amostras de humanos, com protocolos fixos e semelhantes.

Palavras-chave: Photobiomodulation, Low level laser therapy, Dental implants, Osseointegration, Implant Stability, Dentistry;

Abstract

The successful placement of a dental implant depends on a process called osseointegration, in which the bone and the implant are joined in a stable and functional way, achieving stability.

In order to enhance and shorten the period required for osseointegration, photobiomodulation therapy has been used for these purposes.

PBMT is a complementary light-based therapy aimed at promoting bone regeneration, reducing inflammation and causing analgesia.

The main objective of this work is to evaluate the effectiveness of PBMT in enhancing osseointegration and, consequently, implant stability.

For this study, a PubMed database search was performed using the following combination of search terms: "photobiomodulation AND (dental implants OR dentistry OR implant stability)", "dental implants AND osseointegration AND (implant stability OR low level laser therapy OR photobiomodulation)" and "low level laser therapy AND peri-implant bone". Articles written in Portuguese and English, published between the years 2012 and 2022, were selected, with a total of 269 articles, of which 16 were selected for having the defined inclusion criteria.

The results of the articles analyzed show a trend towards the effectiveness of photobiomodulation in the success of implants placed in animals, with an acceleration of the osseointegration process, accompanied by greater bone density and stability. This hypothesis has been tested in humans, however, the results obtained were disparate. In general, no beneficial results were observed when applying this type of therapy in relation to the proposed goal.

Thus, more studies with human samples, with similar fixed protocols, are needed.

Keywords: Photobiomodulation, Low level laser therapy, Dental implants, Osseointegration, Implant Stability, Dentistry;



Índice

Agradecimentos	iii
Resumo	v
Abstract.....	vi
Índice de figuras.....	ix
Índice de tabelas	x
Lista de abreviaturas e acrónimos	xi
1. Introdução.....	1
2. Materiais e métodos	4
3. Resultados.....	6
4. Discussão.....	16
5. Limitações.....	19
6. Conclusão	20
7. Referências bibliográficas.....	21



Índice de figuras

Figura 1- Diagrama de Fluxo PRISMA.....	6
Figura 2- Distribuição por ano de publicação dos artigos incluídos.....	7
Figura 3- Distribuição quanto ao tipo de estudo.....	7



Índice de tabelas

Tabela 1 - Estratégia de PICOS	5
Tabela 2- Dados e resultados extraídos dos estudos incluídos.....	8

Lista de abreviaturas e acrónimos

PBMT	Fotobiomodulação
LLLT	Low level laser therapy
FRA	Análise da frequência de ressonância
LED	Diodo emissor de luz
ATP	Adenosina tri-fosfato
ISQ	Quociente de estabilidade
CBCT	Tomografia computadorizada de feixe cónico
μ CT	Microtomografia de raio-x

1. Introdução

A implantologia representa um dos grandes avanços na história da medicina dentária. Centrada no ramo da cirurgia, esta área tem como principal objetivo a reposição de dentes ausentes ou sem hipótese de permanência na cavidade oral. (1;2)

A elevada taxa de sucesso, estética e funcionalidade fizeram com que os implantes dentários fossem cada vez mais utilizados na substituição dos órgãos dentários perdidos e/ou ausentes. Contudo, existe uma série de fatores complexos que acarreta risco para a falha dos mesmos, entre os quais a osteointegração, que ocupa um lugar de destaque. (2-5)

A osteointegração consiste na conexão entre o osso e a superfície do implante, tratando-se de um fator pré-requisito para o sucesso de uma reabilitação. Este processo traduz-se na criação de uma interface entre o osso e o implante, estando dependente de fatores, como a biocompatibilidade da superfície do implante, o estado do osso e as condições sistêmicas inerentes ao paciente. (1;3;5-9)

Na etapa da osteointegração, o osso está sujeito a *stress* e deformação dos tecidos envolventes, o que gera uma cadeia de respostas inflamatórias, imunológicas e vasculares que visam repor a harmonia e a formação de novo osso. (6)

Um indicativo de sucesso após a conclusão da osteointegração é a presença de estabilidade do implante. (1;4;5;8)

No que concerne à estabilidade, esta divide-se em duas etapas. Estabilidade primária é o primeiro requisito para a osteointegração e define-se como o contacto inicial e a adaptação mecânica entre o dispositivo médico e o osso de suporte. Neste sentido, dá-se a formação de um coágulo sanguíneo, de tecido de granulação e de novo osso, que inicia a sua formação e remodelação em torno do implante, obtendo-se assim a estabilidade secundária. (6;10)

Estes processos estão dependentes das células osteogénicas, que são fundamentais para a diferenciação celular e consequente formação óssea. É necessário que ocorra uma migração celular, com posterior adesão à superfície do implante, para que no final se diferenciem em osteoblastos e formem novo osso. (5;10)

Com o objetivo de minimizar as possíveis falhas que podem ocorrer durante a estabilidade primária e secundária, novos tratamentos têm vindo a ser desenvolvidos, entre as quais, a *low level laser therapy* ou terapia da fotobioestimulação. (1-3;5;7)

A LLLT caracteriza-se primeiramente pelas suas propriedades analgésicas, anti-inflamatórias e bioestimulantes. (1;5)

Introduzida e reconhecida na área da medicina dentária nos anos 90, este processo consiste numa terapia não invasiva, que funciona à base de luz (*laser* e/ou *LED*), na região do vermelho ou infravermelho (600-1100nm), visando reduzir os processos inflamatórios, obter efeitos analgésicos e potenciar o poder de cicatrização dos tecidos. (1;5;11;12)

A PBMT apresenta a vantagem de não elevar a temperatura dos tecidos, o que não acontece em terapias de estimulação semelhantes. (11)

Este método terapêutico, inicialmente utilizado em endodontia e tratamentos faciais, pode funcionar hoje em dia como um método de rotina e complemento de tratamento nas mais diferentes situações clínicas, entre as quais na diminuição da dor pós-cirúrgica, em tratamentos periodontais e ortodônticos, e na estimulação da estabilidade do implante. (3;5;7)

Relativamente ao mecanismo de ação, este não se encontra totalmente estabelecido. Supõe-se que atua na cadeia respiratória mitocondrial, promovendo o aumento da produção de ATP e posteriormente facilitando a proliferação de fibroblastos, a libertação de fatores de crescimento e a síntese de colagénio. No tecido ósseo ocorre a proliferação e diferenciação dos osteoblastos. (3;7;8;11;13)

Segundo Lobato, *et al.* (2020) o uso da terapia de luz de baixa intensidade acelera a osteointegração, promove a estabilidade do implante e reduz os efeitos indesejáveis do pós-operatório. (1)

Alguns autores afirmam existirem vários estudos que demonstram que o uso deste tipo de terapia em cirurgias de tecidos moles e tecidos duros, sob a forma de laser, melhora e acelera a cicatrização, alcança a osteointegração sem redução significativa do osso marginal peri-implantar e oferece um pós-operatório mais confortável. (13-15)

No entanto, resultados opostos têm sido obtidos por diferentes autores, os quais não reconhecem a eficácia da fotobioestimulação na estabilidade de implantes. (1;2;8;11;13;16)

Experiências realizadas em animais, tendem a revelar um efeito positivo da PBMT para a osteointegração dos implantes, no entanto, existe uma falha relativamente a estudos em humanos. (1;5;14)

Neste sentido, torna-se importante estabelecer a relação entre estes fatores, procurando realizar mais estudos experimentais em humanos tendo por base os dados obtidos dos estudos em animais. (1-16)

2. Materiais e métodos

Foi realizada uma pesquisa bibliográfica na base de dados *Pubmed* recorrendo às palavras-chave e sua associação:

- *photobiomodulation AND (dental implants OR dentistry OR implant stability);*
- *dental implants AND osseointegration AND (implant stability OR low level laser therapy OR photobiomodulation);*
- *low level laser therapy AND peri-implant bone;*

A revisão bibliográfica deste trabalho baseou-se num total de 16 artigos selecionados sobre o tema, devidamente analisados de acordo com os seguintes critérios:

Critérios de inclusão:

- artigos publicados entre 2012 e 2022;
- artigos publicados em inglês e português;
- artigos com texto na íntegra;
- artigos com ensaios clínicos randomizados, meta-análises e relatos de casos;

Critérios de exclusão:

- revisões sistemáticas;
- artigos publicados antes de 2012;
- artigos duplicados;
- artigos que não cumpram os critérios de inclusão.

Como ponto de partida desta revisão sistemática integrativa, foi formulada uma questão, segundo a estratégia PICOS "Population, Intervention, Comparison, Outcomes and Study design" (Tabela 1).

Tabela 1 - Estratégia de PICOS

População	Humanos e animais sujeitos a colocação de implantes dentários
Intervenção	Aplicação de <i>laser</i> de baixa intensidade
Comparação	Grupo teste (sujeito a terapia de baixa intensidade) e grupo controle (grupo sem intervenção <i>laser</i>)
Resultados	Efeito da LLLT na estabilidade e osteointegração de implantes
Desenho dos estudos	Ensaio clínico randomizado, estudos experimentais, meta-análises

Seguidamente foi realizada uma pesquisa bibliográfica na base de dados *Pubmed*, no motor de busca *Google*. Foram analisados artigos publicados entre 2012 e 2022 em inglês e português. A pesquisa utilizou palavras-chave e termos *MeSH* relacionados com o tema em questão. As referências dos artigos incluídos foram analisadas e foi realizada uma pesquisa manual em livros para identificar e recuperar artigos que não foram encontrados em pesquisas eletrónicas.

Relativamente à seleção de artigos, primeiramente foi realizada uma pesquisa avançada utilizando as palavras-chave na base de dados com diferentes combinações. Numa segunda etapa, os estudos potencialmente elegíveis, que respeitam os critérios de inclusão, foram lidos na íntegra e avaliados quanto à sua elegibilidade. Finalmente, foi concluída a avaliação completa dos artigos. Os dados foram extraídos e organizados em forma de tabela (Ano e Autor, Título, Tipo de estudo, Amostra, Tipo de luz, Objetivo, Materiais e Métodos, Resultados, Conclusão) (Tabela 2).

No total foram pesquisados 269 artigos dos quais selecionados 16 por possuírem os critérios de inclusão definidos.

3. Resultados

A pesquisa bibliográfica identificou um total de 269 artigos no motor de busca *PubMed*. Foi utilizada a ferramenta *Mendeley* com o propósito de remover artigos duplicados, sendo excluídos 10 artigos por este motivo. Após análise dos títulos e resumos dos artigos, 157 foram excluídos por não possuírem os critérios de inclusão. Os 102 estudos potencialmente relevantes foram avaliados. Destes estudos, 86 foram considerados como irrelevante e, portanto, excluídos. Por fim, 16 artigos foram incluídos na presente revisão sistemática.

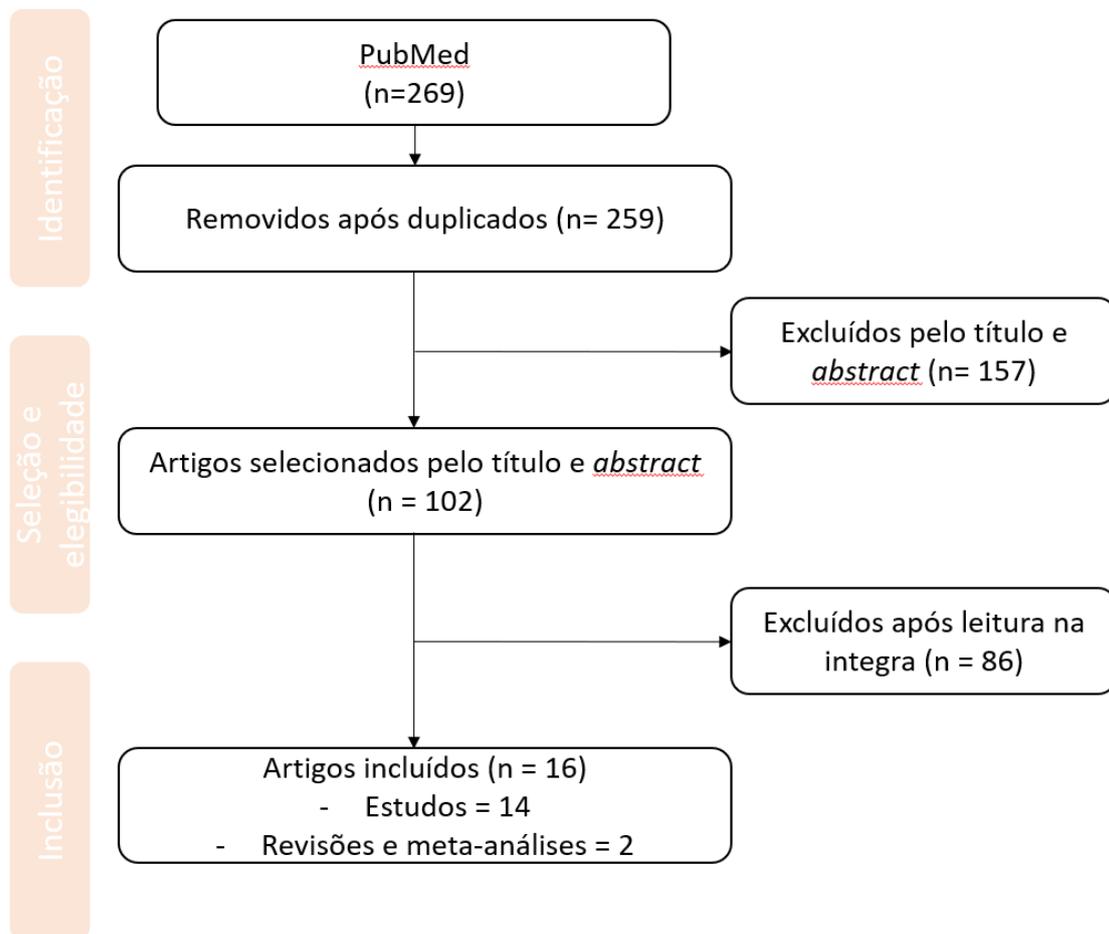


Figura 1- Diagrama de Fluxo PRISMA

Relativamente ao período de publicação o ano de 2021 registou maior número de artigos sobre o tema em questão (num total de 4). 2 artigos foram encontrados nos anos de 2020, 2019, 2018, 2016 e 2015. Por fim temos os anos 2012 e 2022 com 1 artigo cada. Os anos 2013, 2014 e 2017 registaram 0 artigos encontrados. A Figura 2 mostra a distribuição relativamente aos anos de publicação.



Figura 2- Distribuição por ano de publicação dos artigos incluídos

Quanto ao tipo de estudos dos artigos avaliados, 9 são do tipo ensaio clínico randomizado controlado (57%), 5 são estudos experimentais realizados em animais (31%), 1 é uma meta-análise (6%) e por fim 1 uma revisão sistemática e meta-análise (6%). (Figura 3)



Figura 3- Distribuição quanto ao tipo de estudo

Os resultados mais pertinentes encontrados em cada estudo foram extraídos e subsequentemente organizados numa tabela de forma a proporcionar uma análise mais simplificada. (Tabela 2)

Tabela 2- Dados e resultados extraídos dos estudos incluídos

Ano e Autores	Título	Tipo de estudo	Amostra	Tipo de Luz	Objetivo	Materiais e métodos	Resultados	Conclusão
M. Kinalsky, <i>et al.</i> (2021)	Influence of low level laser therapy on implant stability in implants placed in healed sites: a randomized clinical trial	Ensaio clínico randomizado	- 33 pacientes - 64 implantes - idade média dos pacientes: 49,94 anos	- <i>Laser</i> : GaA1A 808nm - Potência: 50mW - Aplicação: 6 pontos	Avaliar a influência da LLLT na estabilidade de implantes colocados em locais cicatrizados	Pacientes divididos em 2 grupos: - Grupo controle (protocolo convencional para colocação de implante) - Grupo intervenção (sujeito a LLLT). No grupo experimental o <i>laser</i> foi aplicado antes do preparo ósseo e após a sutura. Foi avaliada a estabilidade através do ISQ e as alterações radiográficas do nível ósseo marginal, nos tempos T0 (fase da colocação de implante) e Ta (fase da seleção do pilar).	Ausência de diferenças estatisticamente significativas entre os grupos no intervalo T0-Ta quanto ao ISQ e às alterações radiográficas peri-implantares. No entanto, em Ta foi observado uma diferença estatisticamente significativa no grupo LLLT com uma menor distância da crista óssea na plataforma do implante.	Não existe benefício na aplicação de LLLT em locais cicatrizados para o aumento da estabilidade do implante.

<p>R. Lobato, <i>et al.</i> (2020)</p>	<p>Influence of low level laser therapy on implant stability in implants placed in fresh extraction sockets: a randomized clinical trial</p>	<p>Ensaio clínico randomizado</p>	<p>- 44 pacientes; - 50 implantes; - Idade média dos pacientes: 50,77 anos</p>	<p>- Laser: GaAlA 808 nm - Potência: 50 mV - Aplicação: 6 pontos</p>	<p>Avaliar a influência da LLLT na estabilidade de implantes, em implantes colocados em locais de extração recente.</p>	<p>Pacientes divididos em 2 grupos: - Grupo controle (protocolo convencional para colocação de implante) - Grupo intervenção (sujeito a LLLT). No grupo experimental o laser foi aplicado antes do preparo ósseo e após a sutura. Foi avaliada a estabilidade através do ISQ e as alterações radiográficas do nível ósseo marginal, nos tempos TO (fase da colocação de implante) e Ta (fase da seleção do pilar).</p>	<p>Não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre os grupos controle e experimental, relativamente à estabilidade e a alterações radiográficas do nível ósseo marginal.</p>	<p>Não existe benefício na aplicação de LLLT em locais cicatrizados, para o aumento da estabilidade implantar.</p>
<p>M. Karakaya, <i>et al.</i> (2020)</p>	<p>Effect of low level laser therapy on osseointegration of titanium dental implants in ovariectomized rabbits: biomechanics and micro CT-analysis</p>	<p>Estudo experimental animal</p>	<p>- 22 coelhas - 44 implantes - Idade média dos animais: 8 meses</p>	<p>- Laser: diodo 940nm - Potência 0,3W - Aplicação: 4 pontos</p>	<p>Avaliar, em modelo animal, se a LLLT tem ação na bioestimulação do osso osteoporótico, potenciando a osteointegração de implantes.</p>	<p>Animais divididos em 2 grupos: - grupo controle; - grupo sujeito a ovariectomia e osteoporose; Ambos foram subdivididos em dois grupos: - grupo LLLT; - grupo controle; 1. Grupo shamOVX-LLLT (osso saudável tratado com LLLT); 2. Grupo shamOVX (grupo controle saudável); 3. Grupo OVX-LLLT (grupo com osso osteoporótico tratado com LLLT) 4. Grupo OVX (grupo controle do osso osteoporótico). A LLLT foi aplicada imediatamente após a cirurgia e nos 10 dias seguintes. 6 semanas depois, as coelhas foram eutasiadas, e os ossos tibiais com implantes foram removidos, sendo analisados</p>	<p>Os valores da osteointegração foram maiores no osso saudável tratado com LLLT em comparação com os outros grupos. Verificou-se diferença estatisticamente significativa entre o osso osteoporótico tratado com LLLT e o grupo controle osteoporótico, aproximando-se dos valores do grupo controle saudável.</p>	<p>Existe eficácia da LLLT na osseointegração de implantes.</p>

						segundo a estabilidade (periotest) e o torque de remoção, após as análises microtomográficas.		
S. Bozkaya, et al. (2021)	The stability of implants and microbiological effects following photobiomodulation therapy with one-stage placement: a randomized, controlled, single-blinded and split-mouth clinical study	Ensaio clínico randomizado, controlado, simples-cego e boca dividida	- 22 pacientes - 93 implantes	- Laser: GaA1A 830nm - Potência: 300mW - Aplicação: 20 pontos	Avaliar os efeitos microbiológicos da LLLT, observar os efeitos da LLLT na qualidade óssea e determinar os efeitos da LLLT na estabilidade do implante.	Pacientes divididos em dois grupos: - grupo controle; - grupo sujeito a LLLT; No grupo sujeito a terapia laser, um laser GaA1A foi aplicado imediatamente após a colocação do implante e 15 dias após. Foi medida a estabilidade primária através da análise da frequência da ressonância logo após a cirurgia. Posteriormente, ao 30º, 60º e 90º dia foi medida a estabilidade secundária, através do ISQ.	Relativamente ao ISQ, os resultados demonstraram não haver diferença significativa entre os grupos. Resultados estatisticamente significativos foram anotados pela análise da frequência da ressonância ao 90º dia.	Não existe efeito significativo da LLLT na regeneração do osso peri-implantar e da estabilidade do mesmo (ISQ), em comparação com o grupo controle.
J. Matys, et al. (2019)	Photobiomodulation by a 635nm diode laser on peri-implant bone: primary and secondary stability and bone density	Ensaio clínico randomizado	- 24 pacientes - 40 implantes - Idade média dos pacientes: 46,7 anos	- Laser: diodo de 635nm - Potência 100mW - Aplicação: 6 pontos	Avaliar os efeitos da PBMT na estabilidade e densidade óssea peri-implantar.	Pacientes divididos em 2 grupos: - grupo 1 (tratamento com laser de 635nm) - grupo 2 (sem terapia de laser). O grupo 1 foi submetido a terapia laser 1 dia antes da cirurgia, imediatamente após a cirurgia e ao 2º, 4º, 7º e 14º dias após. Posteriormente, a estabilidade do implante foi medida segundo o Periotest (medido imediatamente	Relativamente à estabilidade, o grupo 1 apresentou melhores resultados nas semanas 2 e 4, quando comparado com o grupo 2. Comparada a estabilidade média	Existe eficácia da PBMT na estabilidade e densidade óssea peri-implantar.

	analysis - a randomized clinical trial					<p>após a cirurgia, 7 dias depois, 2 e 4 semanas após, e 2 e 3 meses depois). A densidade óssea foi avaliada utilizando um CBCT e foi medida em 3 locais: apical, médio e cervical.</p>	<p>nas semanas 2, 4 e 8 entre os grupos, o primeiro grupo apresentou menor valor no periotest, o que significa, maior estabilidade. No entanto, após as 12 semanas, a estabilidade secundária não apresentou diferenças estatisticamente significativas entre ambos.</p> <p>Relativamente à densidade óssea, os CBCT demonstraram uma redução significativa da escala de cinzas nos dois grupos após 4 semanas. Quando medidas após 12 semanas, estes valores revelaram-se menores para o grupo teste, quando comparado com o grupo controle.</p>	
--	--	--	--	--	--	---	---	--

<p>P. Torkezaban, et al. (2018)</p>	<p>Low level laser therapy with 940nm diode laser on stability of dental implants: a randomized clinical trial</p>	<p>Ensaio clínico randomizado</p>	<p>- 19 pacientes - 80 implantes - Idade média dos pacientes: 43 mulheres, 40.8 homens</p>	<p>- Laser: diodo de 940nm - Potência: 100mW</p>	<p>Avaliar a eficácia da LLLT na estabilidade de um implante dentário.</p>	<p>Pacientes divididos em 2 grupos: - grupo teste (com terapia de <i>laser</i>) - grupo controle (grupo com simulação de terapia <i>laser</i>). No grupo teste, após a cirurgia, ao 2º, 4º, 6º, 8º, 10º e 12º dia após, foi aplicado um <i>laser</i>. No grupo controle foi aplicado o mesmo protocolo, no entanto com o <i>laser</i> em modo desligado. Foi medido o ISQ para avaliar a estabilidade implantar.</p>	<p>Os resultados obtidos demonstram não ter havido diferenças estatisticamente significativas entre a estabilidade medida no grupo teste e no grupo controle.</p>	<p>Não existe eficácia significativa da LLLT na estabilidade de implantes.</p>
<p>J. Garcia-Morales, et al. (2012)</p>	<p>Stability of dental implants after irradiation with na 830nm low level laser: a double blind randomized clinical study</p>	<p>Ensaio clínico randomizado, duplo-cego</p>	<p>- 8 pacientes - 30 implantes - Idade média dos pacientes: 36 anos</p>	<p>- Laser: 830nm - Potência: 86mW - Aplicação: 20 pontos.</p>	<p>Avaliar o efeito da LLLT na estabilidade do implante, através da FRA.</p>	<p>30 implantes foram distribuídos bilateralmente. Um dos lados foi submetido a terapia com um <i>laser</i>, imediatamente após a cirurgia, sendo repetida a cada 48h após nos primeiros 14 dias. Após 10 dias, 3, 6, 9 e 12 semanas, mediu-se o ISQ por meio da RFA.</p>	<p>O grupo <i>laser</i> apresentou um decréscimo da estabilidade entre o 10º dia e a 6ª semana, aumentando progressivamente após essa semana. O pico foi ao 10º dia no grupo <i>laser</i> e os menores valores foram atingidos à 6ª semana em ambos os grupos.</p>	<p>Não foram encontradas evidências de efeito positivo da LLLT na estabilidade de um implante.</p>
<p>F. Gomes, et al. (2015)</p>	<p>Low level laser therapy improves peri-implant bone formation:</p>	<p>Estudo experimental animal</p>	<p>- 32 coelhas - 32 implantes - Idade média dos animais: 3 meses</p>	<p>- Laser: GaAlA de 830nm - Potência: 50mV</p>	<p>Avaliar os efeitos da LLLT no tecido peri-implantar.</p>	<p>A amostra foi submetida a exodontia dos incisivos inferiores e posterior colocação de implantes imediatos. Os animais foram distribuídos aleatoriamente em 4 grupos distintos: - grupo controle (grupo sem intervenção <i>laser</i>); -3 grupos sujeitos a terapia <i>laser</i></p>	<p>O grupo sujeito a LLLT de potência 20J/cm2 demonstrou melhores valores de ISQ, assim como no contacto</p>	<p>Efeito positivo da LLLT na estabilidade de implantes e na regeneração óssea.</p>

	resonance frequency, electron microscopy, and stereology findings in a rabbit model					com diferentes potências; O <i>laser</i> foi aplicado imediatamente após a cirurgia e a cada 48h nos 13 dias seguintes. Foi avaliada a estabilidade implantar (através da FRA) aquando a colocação do implante e após a morte, 30 dias após a última aplicação.	osso-implante. Também os valores de área óssea foi maior nos grupos sujeitos a LLLT quando comparado com o grupo controle.	
A. Blay, <i>et al.</i> (2016)	Phobiomodulation on dental implant osseointegration: removal torque and resonance frequency analysis in rabbits	Estudo experimental animal	- 30 coelhos - 60 implantes	- <i>Laser</i> de 680nm - <i>Laser</i> infravermelho de 830nm; - Aplicação: 2 pontos	Avaliar o efeito da PBMT na estabilidade e resistência ao torque de remoção	Amostra dividida em 3 grupos: - grupo 1: controle; - grupo 2: sujeito a terapia <i>laser</i> de 680nm; - grupo 3: sujeito a terapia <i>laser</i> de 830nm; Nos grupos irradiados, o <i>laser</i> foi aplicado durante 10 dias com intervalo de 48h. Posteriormente, às 3 ^o e 6 ^o semanas, foi medida a FRA.	Os grupos sujeitos a terapia <i>laser</i> apresentam valores de torque de remoção superiores ao grupo controle. Também em relação à estabilidade, os grupos <i>laser</i> apresentam valores maiores quando comparados ao grupo controle.	Vantagem na utilização de laser de baixa intensidade para a estabilidade implantar.
J. Memarian, <i>et al.</i> (2018)	The effect of low level laser 810nm and light emitting diode photobiomodulation (626nm) on the stability	Ensaio clínico controlado randomizado	- 12 indivíduos - 36 implantes	- <i>Laser</i> : diodo 810nm; - <i>Laser</i> : diodo; - Potência: 50 mW; - Potência: 185mW;	Avaliar o efeito da LLLT na estabilidade do implante, na interleucina-1 BETA e na prostaglandin	36 implantes distribuídos aleatoriamente por 3 grupos: - grupo <i>diodo 810nm</i> , - grupo LED; - grupo controle; Os grupos sujeitos a <i>laser</i> , foram submetidos imediatamente após a cirurgia, ao 3 ^o , 7 ^o , 10 ^o e 14 ^o dia. Posteriormente foi avaliada a	Os valores de <i>Periotest</i> demonstraram valores maiores no grupo controle, na 3 ^a semana, o que evidência maior estabilidade implantar nos	Efeito positivo da LLLT na estabilidade de implantes, às 3 e 4 semanas.

	of the implant and inflammatory markers interleukin-I and prostaglandin E2, around implants				a E2.	estabilidade dos implantes nas semanas 3, 4 e 8 segundo o <i>Periotest</i> . Também os biomarcadores foram recolhidos e analisados pelo método ANOVA.	grupos <i>laser</i> . Relativamente aos biomarcadores, estes não variaram entre grupos.	
L. Mayer, et al. (2016)	Peri-implant osseointegration after low level laser therapy: micro-computed tomography and resonance frequency analysis in an animal study	Estudo experimental animal	- 14 coelhos; - 14 implantes; - Idade média dos coelhos: 3 meses;	- <i>Laser</i> : GaA1A de 830nm; - Potência: 50mW; - Aplicação: 2 pontos;	Avaliar o efeito da LLLT na osteointegração de implantes dentários.	Amostra dividida em dois grupos de modo aleatório: - grupo controle; - grupo sujeito a irradiação <i>laser</i> ; Foi extraído um incisivo inferior em cada animal, e imediatamente a seguir foi colocado um implante dentário. No grupo experimental, o <i>laser</i> foi aplicado em sete sessões. Posteriormente foi avaliada a FRA (no momento da colocação e 30 dias depois), e as imagens de microtomografia computadorizada foram analisadas.	Os valores de FRA demonstram valores mais altos para o grupo irradiado, em comparação com o grupo controle. Também as imagens demonstraram maior percentagem de osso formado no grupo irradiado.	A LLLT demonstrou potenciar a estabilidade e osseointegração dos implantes dentários.
G. Fonseca, (2022)	Laser-photobiomodulation on titanium implant bone healing in rat model: comparasion between 660	Estudo experimental animal	-27 ratos;	- <i>Laser</i> : GaA1A 660nm; - Potência: 50mW; - <i>Laser</i> : GaA1A 808nm; - Potência: 40mW;	Avaliar se a PBMT potencia a regeneração óssea peri-implantar.	Amostra dividida em 3 grupos: - grupo C (controle); - grupo R (<i>laser</i> 660nm); - grupo IR (<i>laser</i> 808nm); Ao 3º, 7º e 14º dia após irradiação obtiveram-se as medidas histológicas.	As análises histológicas demonstram um valor superior de matriz óssea nos grupos sujeitos a irradiação laser, ao 7º dia.	Eficácia da LLLT no processo de regeneração óssea em tecidos peri-implantares.

and 808-nm
wavelength

4. Discussão

O sucesso de um implante dentário resume-se num complexo processo de osteointegração, na qual o osso e o implante se unem de forma estável e funcional, alcançando a estabilidade. (1; 4-6)

De modo a potenciar e a diminuir o período necessário à osteointegração, a PBMT tem vindo a ser usada. (1-3;5;7)

A fotobiomodulação traduz-se numa terapia complementar, à base de luz, cujo objetivo é promover a regeneração óssea, reduzir a inflamação e promover analgesia, acarretando benefícios para o sucesso da osteointegração destes dispositivos médicos. (1;5)

Nesta revisão sistemática, vários estudos foram analisados sob o ponto de vista da eficácia da PBMT no alcance da estabilidade implantar, aplicados em diferentes locais, quer em humanos quer em animais, não se observando uma unanimidade de resultados. (1-16)

A estabilidade e o nível de osteointegração são avaliados essencialmente segundo a análise da frequência de ressonância. O FRA, é um método não invasivo, que mede diretamente o nível de contacto entre o osso e o implante e que permite obter o ISQ, indicativo do grau de estabilidade de um implante. O ISQ é classificado segundo uma escala de 0-100, e quanto maior o valor, maior a estabilidade alcançada. Imagens de CBCT e raio-x podem também ser utilizadas como complemento. (6;9)

Relativamente à população incluída, estudos realizados em animais revelaram tendência para um efeito positivo da fotobiomodulação na osteointegração, e consequente estabilidade dos implantes. Contrariamente, de um modo geral, experiências em humanos não revelam benefício na aplicação deste tipo de laser em locais com implantes dentários. De notar, que a regeneração óssea em animais não é totalmente igual à dos humanos, pelo que é necessário um suporte de evidências maior em humanos. No entanto, estes estudos são importantes para parametrizar a dose a utilizar e definir critérios de utilização. (15)

Os autores Gomes F., *et al.* (2014) e Mayer L., *et al.* (2016), realizaram estudos semelhantes, em que a população estudada foram coelhos e o objetivo foi avaliar o efeito da LLLT na regeneração óssea e estabilidade do implante. Estes autores observaram uma maior

densidade óssea em volta do implante nos grupos sujeitos a terapia laser, assim como uma maior estabilidade, avaliada por meio da FRA e de imagens de μ CT, concluindo haver benefício na aplicação de laser de baixa intensidade. No entanto, Gomes F. e os seus colaboradores afirmam que existe uma falha em termos de protocolo e de definição da dose exposta, o que não permite obter resultados unânimes. (9;15)

Em 2015, Blay A., *et al.* utilizando o mesmo tipo de amostra (coelhos), realizaram uma análise biomecânica dos efeitos deste tipo de *lasers* em implantes. Este grupo de autores, analisou o torque de remoção do implante e conseqüentemente a sua estabilidade, observando valores mais elevados nos grupos sujeitos a irradiação com *laser*, em comparação com o grupo controle. Os autores encontraram evidências de um atingimento de equilíbrio mais precoce no grupo sujeito a *laser*, comparado com estudos prévios e com grupos controle, o que confere credibilidade ao efeito bioestimulante da LLLT. Os valores de torque de remoção mais elevados obtidos nos grupos *laser* (pela FRA), sustentam também esta teoria, evidenciando uma aceleração da osteointegração após aplicação da terapia de baixa intensidade. (7)

Mais recentemente, Karakaya M., *et al.* (2020) e Fonseca G., *et al.* (2021) utilizaram respetivamente coelhos e ratos, para estabelecer a relação entre a PBMT e a osteointegração de implantes dentários. Karakaya M., e seus colaboradores através da aplicação de um *laser* diodo, procuraram perceber o efeito deste em osso saudável e osso com osteoporose (defeito na qualidade e quantidade de osso). Estes autores observaram um efeito positivo após aplicação de LLLT, observando-se valores mais baixos do *Periotest* (valores mais baixos indicam maior grau de osteointegração) e nas imagens de μ CT, indicativo de maior nível de osteointegração e estabilidade. Os resultados deste estudo relativamente ao torque de remoção dos dispositivos médicos, mostram claras evidências do benefício da aplicação de LLLT, tanto em osso saudável como em osso com osteoporose. Também os autores Fonseca G., *et al.* através da aplicação de um *laser* de baixa intensidade procuraram avaliar a regeneração óssea após a colocação de implantes. Através das análises histológicas, concluíram existir vantagem na aplicação deste tipo de terapia, uma vez que os grupos sujeitos a *laser* apresentavam valores mais elevados de percentagem óssea. Estes resultados estão de acordo com estudos semelhantes anteriores, em que se

encontraram evidências suficientes do efeito estimulante da LLLT no osso peri-implantar e na redução dos níveis de inflamação. (3;10)

Relativamente a experiências realizadas em humanos, os autores defendem a ideia de que existe uma falha grande no número de estudos, existindo pouca evidência científica que sustente a hipótese em estudo desta revisão sistemática. No entanto existem alguns estudos conclusivos, como é o caso dos estudos realizados pelos autores Kinalsky M., *et al.* (2021) e Lobato R., *et al.* (2020). Estes autores realizaram estudos semelhantes, diferindo apenas no facto do estudo de Kinalsky M., *et al.* ser realizado em locais cicatrizados e o estudo de Lobato R., *et al.* ser realizado em locais de extração recente. O método e as conclusões a que estes autores chegaram foram as mesmas, não se observando diferenças estatisticamente significativas entre os grupos submetidos a *laser* e os grupos controle, no que concerne ao aumento da estabilidade e da densidade óssea, verificada através de alterações radiográficas. Estes estudos falharam a demonstração de eficácia na PBMT. (1;16)

Resultados contraditórios haviam sido obtidos anteriormente pelos autores Matys J., e seus colaboradores em 2019 e Memarian J., e seus colaboradores em 2018. Nos seus estudos, estes autores utilizaram um *laser* diodo, com diferentes comprimentos de onda e avaliaram o efeito da sua aplicação na estabilidade dos implantes. Matys J., *et al.*, verificaram haver benefício nesta aplicação, através da análise do *Periotest* e das imagens CBCT, comparando um grupo sujeito ao *laser* e um grupo sem irradiação (controle). Por sua vez, Memarian J., *et al.*, utilizando também o *Periotest*, observaram valores mais elevados nos grupos não sujeitos a terapia *laser*, o que evidencia uma maior estabilidade para os implantes sujeitos à irradiação *laser*. (4;12)

Também os autores Lobato R., *et al.* (2020), Torkzaban P., *et al.* (2017) e Garcia-Morales J., *et al.* (2012) estudaram a eficácia da LLLT no contexto da osteointegração de implantes. Estes autores, utilizando *lasers* com diferentes comprimentos de onda mas metodologias semelhantes concluíram não haver benefício da aplicação de terapia à base de luz no que concerne à estabilidade de implantes dentários. (1;2;13)

Estas diferenças de resultados são sugestivas da inexistência de um protocolo fixo, com dosagem e tempo de exposição ótimos determinados com um número de sessões confiável, pelo que serão necessários mais ensaios clínicos realizados em humanos que suportem a hipótese em questão. (2;4-6;10;15)

5. Limitações

A heterogeneidade entre os artigos analisados, representa a principal limitação desta revisão sistemática integrativa.

Também o facto de alguns estudos serem realizados em animais, não transpõe com rigor a mesma situação para humanos, pelo que os resultados não podem ser equiparados de um modo global.

Os artigos revistos não apresentam um protocolo fixo, dosagens e pontos de aplicação semelhantes, o que dificulta a obtenção de resultados comparáveis.

6. Conclusão

A presente revisão sistemática integrativa teve como objetivo analisar artigos que estudassem os efeitos da PBMT na osteointegração e estabilidade de implantes dentários.

A necessidade de reduzir ou anular as possíveis falhas, comprometendo o sucesso dos implantes dentários, e de potenciar os processos pela qual estes estão sujeitos, como a osteointegração, levou a que novas terapias complementares viessem a ser utilizadas, como é o caso da fotobiomodulação.

Esta terapia à base de luz, que atua pelo princípio da *low level laser therapy*, conhecida pelas suas propriedades analgésicas, anti-inflamatórias e bioestimulantes demonstra inúmeros benefícios quando aplicada em diferentes situações clínicas da medicina dentária. No entanto, no contexto da estabilidade na implantologia as conclusões não são unânimes.

Estudos realizados em animais, demonstram eficácia da PBMT na promoção da osteointegração, na regeneração de tecidos e no alcance da estabilidade. Os resultados comprovam maior densidade óssea, valores mais elevados de torque de remoção e um FRA superior nos grupos sujeitos a irradiação *laser/LED*. Estes achados são sugestivos de uma potenciação da osteointegração, por meio da PBMT, cujo efeito nas células osteogénicas culmina na remodelação e formação óssea.

O mesmo não se observa em estudos realizados em humanos, cujos resultados de um modo geral não demonstram vantagem na aplicação destes *lasers*.

É verificado uma carência no número de estudos de alta qualidade realizados em humanos, o que não permite obter resultados fidedignos e corroborantes da eficácia da PBMT no sucesso de implantes dentários.

Em conclusão, torna-se necessário estabelecer um protocolo fixo, com dosagens e formas de aplicação definidas e realizar mais estudos em humanos, uma vez que os mecanismos de remodelação óssea em animais não são totalmente equiparáveis aos dos humanos, visto que existem animais com sistemas de remodelação óssea mais rápida, sendo estes estudos importantes nas determinações de variáveis mas não exemplificativos do que acontece com rigor em humanos.

7. Referências bibliográficas

1. Lobato RPB, Kinalski M de A, Martins TM, Agostini BA, Bergoli CD, dos Santos MBF. Influence of low-level laser therapy on implant stability in implants placed in fresh extraction sockets: A randomized clinical trial. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2020;22(3):261–9.
2. Torkzaban P, Kasraei S, Torabi S, Farhadian M. Low-level laser therapy with 940 nm diode laser on stability of dental implants: a randomized controlled clinical trial. *Lasers Med Sci.* 2018;33(2):287–93.
3. Karakaya M, Demirbaş AE. Effect of low-level laser therapy on osseointegration of titanium dental implants in ovariectomized rabbits: biomechanics and micro-CT analysis. *Int J Implant Dent.* 2020;6(1).
4. Matys J, Świder K, Grzech-Leśniak K, 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 Res Int.* 2019;2019:1–8.
5. Chen Y, Liu C, Chen X, Mo A. Clinical evidence of photobiomodulation therapy (PBMT) on implant stability and success: A systematic review and meta-analysis. *BMC Oral Health.* 2019;19(1):1–10.
6. Bergamo ETP, Zahoui A, Barrera RB, Huwais S, Coelho PG, Karateew ED, et al. Osseodensification effect on implants primary and secondary stability: Multicenter controlled clinical trial. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2021;23(3):317–28.
7. Blay A, Blay CC, Tunchel S, Gehrke SA, Shibli JA, Groth EB, Zezell DM. Effects of a low intensity laser on dental implant osseointegration: removal torque and resonance frequency analysis in rabbits. *J Oral Implantol.* 2016;42(4):316–20.
8. Bozkaya S, Uraz A, Guler B, Kahraman SA, Turhan Bal B. The stability of implants and microbiological effects following photobiomodulation therapy with one-stage placement: A randomized, controlled, single-blinded, and split-mouth clinical study. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2021;23(3):329–40.
9. Mayer L, Gomes FV, de Oliveira MG, de Moraes JFD, Carlsson L. Peri-implant osseointegration after low-level laser therapy: micro-computed tomography and resonance frequency analysis in an animal model. *Lasers Med Sci.* 2016;31(9):1789–95.
10. da Fonseca GAMD, Cavalcanti MFXB, de Souza Maior JD, da Silva Pereira J, Pinto L agosto,

- Matias M, et al. Laser-photobiomodulation on titanium implant bone healing in rat model: comparison between 660- and 808-nm wavelength. *Lasers Med Sci.* 2022;37(4):2179–84.
11. Mandić B, Lazić Z, Marković A, Mandić B, Mandić M, Djinić A, et al. Influence of postoperative low-level laser therapy on the osseointegration of self-tapping implants in the posterior maxilla: a 6-week split-mouth clinical study. *Vojnosanit Pregl.* 2015 Mar;72(3):233–40.
 12. Memarian J, Ketabi M, Amini S. The effect of low-level laser 810 nm and light-emitting diode photobiomodulation (626 nm) on the stability of the implant and inflammatory markers interleukin-1 beta and prostaglandin E2, around implants. *Dent Res J (Isfahan).* 2018;15(4):283–8.
 13. García-Morales JM, Tortamano-Neto P, Todescan FF, De Andrade JCS, Marotti J, Zezell DM. Stability of dental implants after irradiation with an 830-nm low-level laser: A double-blind randomized clinical study. *Lasers Med Sci.* 2012;27(4):703–11.
 14. Hao CP, Cao NJ, Zhu YH, Wang W. The osseointegration and stability of dental implants with different surface treatments in animal models: a network meta-analysis. *Sci Rep.* 2021;11(1):1–12.
 15. Gomes F V., Mayer L, Massotti FP, Baraldi CE, Ponzoni D, Webber JBB, et al. Low-level laser therapy improves peri-implant bone formation: Resonance frequency, electron microscopy, and stereology findings in a rabbit model. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2015;44(2):245–51.
 16. Kinalski M de A, Agostini BA, Bergoli CD, Dos Santos MBF. Influence of low-level laser therapy on implant stability in implants placed in healed sites: a randomized controlled trial. *Int J Implant Dent.* 2021 Jun;7(1):49.